

ЭНЕРГОДИНАМИКА КАК ТЕОРИЯ АБСОЛЮТНОСТИ

Д.т.н., проф. В.Эткин

В статье обосновывается целесообразность замены принципов неразличимости движения, лежащих в основе СТО и ОТО, на противоположный принцип различимости процессов, ведущий к теории абсолютности

Введение. Ещё в 1632 году в книге “Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой” Г. Галилей отметил как факт, что если на движущемся прямолинейно и равномерно корабле отпустить камень с мачты, то он падает так же, как и на неподвижном корабле – к подножию мачты. В частности, в трюме корабля, плывущего равномерно и прямолинейно, никакими экспериментами невозможно обнаружить его движение относительно водной среды и суши. Это положение, получившее в механике название «принципа относительности Галилея», утверждало, что равномерное и прямолинейное движение одной системы материальных тел относительно другой совершенно не сказывается на ходе механических процессов, происходящих внутри этих материальных систем. И.Ньютон положил этот принцип в основание его 1-го закона (постулата), сформулировав его следующим образом: «всякое тело продолжает удерживаться в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние» [1]. Отсюда следовало, что никакими механическими опытами, производимыми внутри замкнутой механической системы, нельзя различить, покоится ли данное тело или движется равномерно и прямолинейно.

Первым, кто счел необходимым распространить этот принцип и на электромагнитные явления, был А. Пуанкаре, который в 1895 году писал, имея в виду отрицательные результаты опыта Майкельсона: «невозможность показать опытным путем абсолютное движение Земли представляет, по-видимому, общий закон природы; мы, естественно, приходим к тому, чтобы принять этот закон, который мы назовем *постулатом относительности*, и принять без оговорок» [2]. Согласно этому принципу, никакими физическими или электромагнитными опытами, производимыми внутри произвольной системы отсчета, нельзя установить различие между состояниями покоя и равномерного прямолинейного движения. Это означает, что законы этих явлений должны быть инвариантными (неизменными) при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Проще говоря, физические законы должны формулироваться таким образом, чтобы в них не входила скорость физической системы в целом v_0 , чтобы покой и равномерное прямолинейное движение всей системы были неразличимы.

Так и поступил А.Эйнштейн в 1905 году, распространив постулат относительности на все явления природы и положив его в основание теории относительности [3]. Так принцип неразличимости покоя и равномерного прямолинейного движения (и соответственно неразличимости инерциальных систем отсчета) стал основным исходным принципом теоретического построения всей физики. Вскоре А. Эйнштейн сформулировал принцип локальной неразличимости сил тяготения и сил инерции, назвав его принципом эквивалентности инерционной и гравитационной масс и положив его в основание общей теории относительности (ОТО). Затем к нему присоединился принцип неразличимости ускоренного и вращательного движений. Так неразличимость динамических эффектов ускорения и тяготения была распространена на неинерциальные системы отсчета. С той поры неразличимость стала едва ли не принципом научного исследования. В электродинамике она выразилась в принципе неразличимости электронов в металле, согласно которому состояние двух одинаковых частиц не есть произвольное состояние каждой из частиц; в физике элементарных частиц – в неразличимости протона и нейтрона, проявившись в требовании инвариантности уравнений теории сильных взаимодействий относительно «вращений» в

изотопическом пространстве, а также в принципе неразличимости тождественных частиц, из которого вытекает существование фермионов и бозонов; в единой теории поля – в неразличимости вещества и поля, а также в утверждении о возможности слияния воедино при определенных условиях до полной неразличимости трёх из четырех видов взаимодействия – электромагнитного, сильного и слабого, и т.д. В результате классическая парадигма естествознания, основанная на идее Лейбница об отсутствии в природе совершенно тождественных вещей, уступила место парадигме, базирующейся на принципах неразличимости, неопределенности и запрета. Господство в физике этих принципов лишило науку её главной функции объяснения явлений и сделало многие из них недоступными человеческому пониманию.

Такое положение выдвигает на передний план задачу построения теории, которая сделала бы термодинамический метод пригодным для исследования самого широкого круга научных дисциплин, процессов и систем. Теория такого типа, названная для краткости энергодинамикой, базируется на диаметрально противоположном **принципе (аксиоме) различимости процессов**. Естественно ожидать, что изменение исходной концепции естествознания повлечет за собой революционный переворот в понимании явлений окружающего мира и в сознании людей [4].

1. Аксиома различимости процессов. Энергодинамика представляет собой единую теорию переноса и преобразования любых форм энергии независимо от их принадлежности к той или иной области знания. Её эвристическая ценность наиболее отчетливо проявилась в том, что она позволила получить все базовые принципы, законы и уравнения равновесной и неравновесной термодинамики, классической и квантовой механики, теории тепло-и массообмена, гидроаэродинамики и электродинамики как её логико-математические следствия без идеализации процессов и систем в исходных принципах теории и без введения каких-либо дополнительных гипотез и постулатов в её основания. Наряду с этим эту теорию отличает системный подход к объектам исследования (сохранение присущих ему системообразующих свойств), последовательно феноменологический (базирующийся на опыте) характер, явный учет в её основных уравнениях скорости, производительности, необратимости и противонаправленности реальных процессов, а также рассмотрение всей интересующей исследователя совокупности взаимодействующих (взаимно движущихся) тел или частиц (вплоть до изолированной системы типа Вселенной) как единого неравновесного целого. Такое сочетание достоинств, которого не знает ни одна другая физическая теория, достигнуто благодаря аксиоме, согласно которой *«существуют и могут быть выделены (с помощью всего арсенала экспериментальных средств) независимые процессы, вызывающие специфические, качественно отличимые и не сводимые к другим изменения состояния системы»* [4].

Эта аксиома, неявным образом лежащая в основании термодинамической классификации процессов, позволяет распространить термодинамический метод на другие дисциплины при сохранении основного достоинства классического термодинамического метода – непреложной справедливости его следствий. Признание возможности различать процессы не только по причинам, их вызывающим, и не только по способу передачи энергии в этом процессе (его механизму), но и по их последствиям предъявляет определенные требования к отысканию для каждого из них его «координаты», т.е. *физической величины, изменение которой является необходимым и достаточным признаком протекания данного процесса*. Эти требования состоят в выборе в качестве координаты процесса только такого параметра, который не изменяется при одновременном протекании в тех же элементах пространства других процессов. Таковы, в частности, объем V и энтропия S , которые остаются неизменными в отсутствие объемной деформации и теплообмена и с необходимостью изменяются в этих процессах. Отсюда же вытекало в классической термодинамике требование обратимости процессов, т.е. отсутствия самопроиз-

вольных изменений энтропии и объема, не связанных с внешним теплообменом или работой расширения.

Основополагающее значение аксиомы различимости состоит в том, что она позволяет доказать весьма важную для энергодинамики как междисциплинарной теории теорему о числе степеней свободы любой исследуемой системы, согласно которой «*число независимых координат, определяющих состояние любой системы (т.е. число ее степеней свободы), равно числу феноменологически различимых (независимых) процессов, протекающих в ней*» Это положение можно для удобства ссылки назвать **принципом адекватности** описания состояния системы, поскольку он позволяет избежать как «недоопределения», так и «переопределения» объектов исследования¹⁾, что является главным источником методологических и математических ошибок многих современных теорий.

Одним из примеров такого «недоопределения» и является применение принципа неразличимости состояния покоя и равномерного прямолинейного движения к механике в ТО. Действительно, в силу закона сохранения импульса в замкнутой системе **P** любые механические процессы в ней, в том числе процессы перемещения или ускорения относительного движения частей (компонентов) системы, остаются неразличимыми (в обоих случаях $dP/dt = 0$). Однако они становятся легко отличимыми, если в соответствии с принципом адекватности ввести координаты и импульсы независимых частей (компонентов) системы. Поэтому с точки зрения энергодинамики неразличимость есть прямое следствие «недоопределения» системы.

Кстати сказать, сам по себе принцип относительности Галилея, согласно которому равномерное прямолинейное движение системы не влияет на ход протекающих в ней процессов, также не требует привлечения принципа неразличимости состояния покоя и равномерного прямолинейного движения и является частным случаем «принципа самоненарушимости равновесия» (общего начала термодинамики) []. Действительно, как покой, так и равномерное и прямолинейное движение характеризуется неизменностью состояния движения системы (т.е. внутренним равновесием в системе), которое в соответствии с принципом самоненарушимости может быть нарушено лишь воздействием извне. Однако поскольку в замкнутой системе такое воздействие заведомо исключено, характер процессов в системе остается неизменным.

Другим примером «недоопределения» является использование рядом дисциплин **гипотезы локального равновесия**, предполагающей возможность описания состояния элементов пространственно неоднородных сред тем же набором параметров и теми же уравнениями, что и в равновесии, несмотря на отсутствие в этих элементах необходимого признака равновесия – прекращения каких-либо макропроцессов, и на неизбежный переход этих уравнений в неравенства. В результате термодинамика необратимых процессов (ТНП), особенно отчетливо опирающаяся на эту гипотезу, не достигает той полноты и строгости, которые были свойственны классическому термодинамическому методу [5].

Таким образом, принцип различимости требует введения дополнительных координат состояния всякий раз, когда в исследуемой системе появляются новые степени свободы.

2. Дополнительные параметры состояния пространственно неоднородных систем. В соответствии с принципом различимости энергодинамика выделяет в пространственно неоднородных средах не менее двух категорий процессов, каждая из которых имеет свою группу независимых координат. К *первой группе* относятся процессы **переноса** носителя той или иной формы движения в системе Θ_i (для краткости - энергоносителя) через границы системы с дальнейшим равномерным распределением привнесенной величины Θ_i между частями (областями) системы. Частным случаем таких процессов являются обратимые (равновесные) процессы теплообмена, массообмена, объемной деформации и т.п., изучаемые равновесной термодинамикой, которые благодаря своей квазистатичности практиче-

¹⁾ Т.е. попыток описать состояние системы недостающим или избыточным числом координат

ски не нарушают пространственной однородности системы. В качестве носителей энергии Θ_i для тепловой формы выступает энтропия S (имеющая смысл термоимпульса [4]); для энергии упругой деформации – отклонение объема V системы от характерного для данного газа объема V_0 , при котором давление в нем равно нулю; для электростатической энергии – заряд Θ_e ; для химической энергии k -х веществ – количество его молей N_k ; для гравитационной энергии – масса системы M , для кинетической энергии – компоненты Mv_α ($\alpha=1,2,3$) импульса Mv , и т.д., и т.п.). Все процессы такого рода напоминают равномерное выпадение осадков на неровную (в общем случае) поверхность.

Иного рода процессы *перераспределения* энергоносителя Θ_i между частями (областями, фазами, компонентами) неоднородной системы в целом. Они сопровождаются уменьшением, например, энтропии S , массы M , заряда Θ_e , импульса \mathbf{P} и т.п. в одних частях системы, и их увеличением – в других. Такого рода *противонаправленные* процессы связаны с отклонением $\Delta \mathbf{r}_i$ радиус-вектора \mathbf{r}_i центра экстенсивной величины Θ_i от его положения при внутреннем равновесии (однородном распределении). Эти процессы носят направленный (упорядоченный) характер, напоминая перекачку жидкости или сыпучих материалов из одной части сосуда в другую. Такие процессы всегда неравновесны, даже если они осуществляются бесконечно медленно (квазистатически), поскольку система при этом остается пространственно неоднородной. Такого рода изменения состояния вызывает совершение над системой упорядоченной (например, технической) работы, а также векторные процессы релаксации, сопровождающиеся выравниванием температур, давлений, химических и других потенциалов системы. Вместо координат $\Delta \mathbf{r}_i$, имеющих смысл векторов смещения, очень удобны «моменты распределения» $\mathbf{Z}_i = \Theta_i \Delta \mathbf{r}_i$ параметров Θ_i , поскольку в процессах перераспределения величина Θ_i остается неизменной. Координаты $\Delta \mathbf{r}_i$ относятся, строго говоря, к внешним параметрам системы, поскольку они характеризуют положение центра энергоносителя Θ_i в целом относительно внешних тел (окружающей среды) точно так же, как центр тяжести системы \mathbf{r}_m или ее центр инерции \mathbf{r}_w [5].

Мы не будем здесь касаться еще одной группы процессов *переориентации*, связанных с изменением направления вектора смещения $\Delta \mathbf{r}_i$ и проявляющихся, например, в установлении единой ориентации спинов элементарных частиц, в спонтанном намагничивании ферромагнетиков, в установлении определенной конфигурации атомов в молекулах, в выстраивании в одной (близкой к экваториальной) плоскости небесных планетарных орбит и т.д. Важно только понять, что по мере углубления исследований число различных процессов может увеличиваться, что следует предусмотреть при разработке метода описания состояния исследуемых систем.

Как следует из изложенного, в отсутствие процессов переориентации состояние пространственно неоднородной системы характеризуется в общем случае $2n$ переменными Θ_i и \mathbf{r}_i , где i – экспериментально найденное число возможных независимых процессов переноса или релаксации системы. В таком случае энергия такой системы \mathcal{E} как наиболее общая функция её состояния имеет вид $\mathcal{E} = \mathcal{E}(\Theta_i, \mathbf{r}_i)$, а выражение её полного дифференциала приобретает характер тождества:

$$d\mathcal{E} \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i - \sum_j \mathbf{F}_j \cdot d\mathbf{r}_j, \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

где $\Psi_i \equiv (\partial \mathcal{E} / \partial \Theta_i)$ – обобщенные потенциалы системы (абсолютная температура T , давление p , химический потенциал k -го вещества, его электрический, гравитационный, кинетический и т.п. потенциалы; $\mathbf{F}_j \equiv -(\partial \mathcal{E} / \partial \mathbf{r}_j)$ – обобщенные силы в их обычном (ньютоновском) понимании.

Тождество (1) в приложении к изолированным системам ($d\mathcal{E}_{из} = 0$) отражает закон сохранения и превращения энергии. Согласно ему, энергия каждой независимой степени свободы системы \mathcal{E}_i может изменяться как вследствие её переноса через границы системы, так и за счет превращения в неё других, j -х форм энергии. Поскольку каждый из $2n$ независимых параметров, входящих в основное тождество энергодинамики (1), требует в общем случае своей системы отсчета, энергодинамике приходится иметь дело с пространством $2n$ переменных, что намного обширнее 4-х мерного пространства Минковского, даже если считать пространство и время независимыми понятиями. Тем не менее изучение ряда

фундаментальных дисциплин с единых позиций энергодинамики оказывается даже более простым, чем изучение каждой из них в отдельности. Представим себе теперь ситуацию, когда для каждой фундаментальной дисциплины придется искать аналог инерциальной системы отсчета, по отношению к которой выражение закона сохранения энергии (1) должно оставаться инвариантным. Тогда исследование систем со многими степенями свободы стало бы невообразимо сложным. Отсюда важность отыскания тех предпочтительных систем отсчета, которые позволили различать новый процесс от уже известных, и в которых уравнения исследуемого процесса выглядят и интерпретируются наиболее просто.

3. Необходимость перехода к абсолютным системам отсчета. Покажем, что для каждой формы энергии поливариантной системы существует единственная (абсолютная) система отсчета характеризующих её параметров, которая гарантирует выполнение закона сохранения энергии при всех возможных в системе процессах, и выясним её свойства.

С этой целью применим метод нахождения условий равновесия, идея которого принадлежит Д.Гиббсу (1885) [6]. Рассмотрим изолированную в целом систему, разделенную для простоты на две части (подсистемы) перегородкой, проницаемой лишь i – го энергоносителя Θ_i (например, теплопроницаемой или подвижной перегородкой при установлении соответственно условий теплового и механического равновесия). Так как в процессе установления равновесия энергия системы в целом \mathcal{E} остается неизменной, условие равновесия выражается в отсутствии её вариации $\delta\mathcal{E}$ при любых вариациях энергии в подсистемах. При этом процессы превращения энергии, описываемые второй суммой тождества (1), прекращаются ($\mathbf{F}_i \cdot d\mathbf{r}_i = 0$). Обозначая параметры в этих подсистемах одним и двумя штрихами, на основании (1) имеем: $\delta\mathcal{E}'$ и $\delta\mathcal{E}''$ подсистем (что обусловлено динамическим характером теплового равновесия):

$$\delta\mathcal{E} = \delta\mathcal{E}' + \delta\mathcal{E}'' = \Psi_i' d\Theta_i' + \Psi_i'' d\Theta_i'' = 0. \quad (2)$$

Учитывая, что система в целом изолирована ($\Theta_i = \text{const}$), находим, что в состоянии равновесия возможные вариации Θ_i' и Θ_i'' в подсистемах подчинены очевидному ограничению:

$$\delta\Theta_i' = \delta\Theta_i' + \delta\Theta_i'' = 0. \quad (3)$$

Рассматривая (2) совместно с уравнением наложенных связей (3), приходим к выводу, что в состоянии равновесия имеет место равенство потенциалов Ψ_i' и Ψ_i'' в обеих подсистемах:

$$\Psi_i' = \Psi_i''. \quad (4)$$

Поскольку данное условие равновесия носит общий характер и не зависит от природы вещества в подсистемах, параметры Ψ_i в любых подсистемах должны измеряться в СО, единой для всех веществ. Такие шкалы называются универсальными. Далее, равенство (4) сохраняет силу до тех пор, пока возможен обмен энергией в i –й форме между подсистемами, т.е. пока не выродилось (исчезло) полностью движение данного рода в любых подсистемах. Это означает, что потенциалы Ψ_i' и Ψ_i'' должны измеряться в СО, нуль которой соответствует полному «вырождению» (исчезновению) данной степени свободы системы во всех мыслимых телах и частях системы. Для температуры как потенциала теплообмена этим требованиям, как известно, отвечает шкала Кельвина. Такие СО (и соответствующие им шкалы) называются абсолютными. Для термодинамики использование таких шкал члвляется, как известно, обязательным.

Очевидно, что данный ход рассуждений можно повторить не только для теплообмена $dQ = TdS$, но и для любого другого процесса энергообмена: работы всестороннего сжатия

системы $dW_c = -pdV$, работы ввода k -го вещества с химическим потенциалом μ_k в количестве N_k молей $dW_k = \mu_k dN_k$ и т.д. Соответствующие им условия равенства давлений и химических потенциалов получили в термодинамике название условий механического и материального равновесия. Их несложно распространить и на процессы обмена внешней энергией, когда её удастся приписать одному из тел совокупности, т.е. сделать собственной энергией объекта исследования. Таков, например, процесс (работа) ввода электрического заряда Θ_e в область с потенциалом ϕ $dW_e = \phi d\Theta_e$, процесс ввода массы M в гравитационное поле с потенциалом Ψ_g $dW_g = \Psi_g dM$, процесс обмена количеством движения между потоками жидкости и т.д. Это делает совершенно очевидной необходимость измерения в абсолютной шкале не только температуры и давления (что известно из термодинамики), но и химического, электрического, гравитационного, кинетического и любого другого потенциала исследуемой системы.

Особо следует остановиться на процессе обмена между подсистемами (например, слоями движущейся жидкости импульсом \mathbf{P} с компонентами P_α ($\alpha = x, y, z$) $dW_w = \sum_\alpha v_\alpha dP_\alpha$. В этом случае роль «кинетического потенциала» Ψ_w играет соответствующая компонента v_α вектора скорости \mathbf{v} . Это соответствует закону трения Ньютона, согласно которому слои движущейся жидкости обмениваются импульсом, пока существуют градиенты поперечной скорости потока. Следовательно, любые составляющие скорости также необходимо отсчитывать от абсолютного нуля, соответствующего прекращению энергообмена данного рода вплоть до исчезновения относительного движения во всех телах исследуемой системы. С позиций энергодинамики, рассматривающей в качестве такого объекта исследователя всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) тел или частей тела, которую с приемлемым приближением можно рассматривать как изолированную или замкнутую систему, найти абсолютную СО для кинетического потенциала $\Psi_w = v_\alpha$ совсем несложно. Для этого необходимо только учесть, что в изолированной системе, достигшей состояния внутреннего равновесия (однородного распределения любых энергоносителей Θ_i), их центры, равно как и центры инерции или массы (их радиус-векторы \mathbf{r}_w и \mathbf{r}_m) не могут быть изменены никоим образом. Поэтому их величину в состоянии равновесия можно положить за абсолютное начало отсчета не только скорости, но и любых внешних параметров системы. Это состояние равновесия может служить и абсолютным началом отсчета любых внутренних сил, определяемых в энергодинамике как производных от энергии системы \mathcal{E} по этим координатам $\mathbf{F}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{r}_i)$. Очевидно, что в состоянии внутреннего равновесия (однородном состоянии) эти силы обращаются в нуль. Чтобы найти таким путем внешнюю силу, действующую на незамкнутую систему, её следует рассматривать как часть (подсистему) так называемой «расширенной» системы, включающей в себя окружающую среду. Для неё \mathbf{r}_w и \mathbf{r}_m будут совпадать с центром её объема. Так можно поступать всякий раз, когда нет уверенности в том, что рассматриваемая система является изолированной (замкнутой) с достаточным приближением, вплоть до рассмотрения Вселенной в целом как изолированной системы. Как видим, для этого нет никакой необходимости прибегать к гипотезе неподвижного эфира. Только так мы можем обеспечить выполнение законов сохранения энергии, массы, заряда, импульса и его момента, относящихся, как известно, к изолированным системам.

Действительно, легко видеть, что баланс энергии, выраженный тождеством (1), нарушается, если потенциалы Ψ_i в системе и окружающей среде (или в различных частях одной и той же изолированной системы) измеряются в разных СО, зависящих от их состояния или движения наблюдателя. Эту недопустимость какого-либо произвола в выборе начала отсчета можно распространить и на экстенсивные координаты Θ_i , как это показано в термодинамике (её 3-м начале) в отношении энтропии. Для этого достаточно рассмотреть обобщенное аналитическое выражение упорядоченной работы $dW_i^e = \mathbf{F}_i d\mathbf{r}_i = \mathbf{X}_i d\mathbf{Z}_i$. Поскольку $\mathbf{X}_i \equiv -\nabla\psi_i$, $d\mathbf{Z}_i = \Theta_i d\mathbf{r}_i$ и $(d\mathbf{r}_i \cdot \nabla)\psi_i = d\psi_i$, то $dW_i^e = -\Theta_i d\psi_i$. Частным случаем является известное из термодинамики выражение работы газа в потоке $dW_p^e = -Vdp$. Таким образом, все те требования к системам отсчета, которые вытекают из предыдущих рассу-

ждений в отношении потенциалов ψ_i , сохраняют силу и для сопряженных с ними координат. Это означает, что требование однозначности количественной меры процесса энергообмена, вытекающее из закона сохранения энергии, распространяется как на интенсивные ψ_i , так и на экстенсивные параметры Θ_i . К сожалению, это положение, известное из термодинамики, не стало достоянием других дисциплин. Между тем довольно очевидно, что если с изменением СО будет изменяться и количественная мера любой формы энергообмена, энергия перестанет быть функцией состояния объекта исследования. Иными словами, никакая форма энергии не должна зависеть от состояния системы отсчета, которая, таким образом, должна быть абсолютной. Несоблюдение этого условия и является одной из главных причин нарушения в ТО закона сохранения энергии [7].

4. Неприменимость ТО к абсолютным величинам. В годы, последовавшие за появлением фундаментальной работы А. Эйнштейна (1905), содержавшей формулировку специальной теории относительности (СТО), физики стремились придать физическим законам форму, инвариантную по отношению к любым инерциальным системам отсчета. В области термодинамики это осуществил впервые М. Планк (1907) [8]. Он рассмотрел тепловую машину в виде цилиндра с газом под поршнем, работающую по циклу Карно с быстро движущимся источником тепла. После адиабатического сжатия газа и его ускорения рабочее тело машины получает тепло от движущегося теплоисточника при температуре T_r' . Затем цилиндр с газом замедляется адиабатически до состояния покоя, и температура газа становится равной T_r . После этого газ в цилиндре расширяется адиабатически до температуры теплоприемника T_x , отдает ему некоторое количество тепла Q_x при температуре T_x и вновь адиабатически сжимается до температуры T_r . Вслед за этим цилиндр с газом вновь ускоряется, и цикл повторяется.

Опираясь на известные из механики выражения для преобразования энергии и работы ускорения dW_w , он пришел к выводу, что теплоту Q и абсолютную температуру T следует преобразовывать в соответствии с выражениями $Q' = Q/\gamma$; $T' = T/\gamma$, где Q' , T' – теплота и температура в системе отсчета, движущейся относительно наблюдателя со скоростью $v = |\mathbf{v}|$; $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ – множитель Лоренца, c – скорость света в вакууме. При этом он получил выражение термического КПД релятивистского цикла Карно в виде

$$\eta_i^K \equiv W_{ц}'/Q_r' = 1 - T_x\gamma/T_r. \quad (5)$$

Найденные М.Планком соотношения ни у кого не вызывали сомнения, пока в 1963 г. Х. Отт не обнаружил абсурдность этого результата с точки зрения термодинамики [9]. Действительно, если разогнать сам источник тепла с температурой T_r до скорости v , использовать его тепло Q_r' в релятивистской машине Карно (с быстро движущимся резервуаром тепла) и затем вновь затормозить до скорости $v = 0$, то результат указанных операций должен в точности совпадать с работой классической машины Карно. Однако этого не происходит.

Статья Х. Отта не была замечена при его жизни. Однако вскоре к такому же выводу независимо от Х. Отта пришел Х. Арзельс (1966) [10]. В отличие от Отта, он счел неправильными и формулы преобразования энергии и импульса, вытекающие из релятивистской механики упругих тел. На этот раз работа была замечена, и последовала лавина публикаций, приведших к оживленной дискуссии на международных симпозиумах в Брюсселе (1968) и Питтсбурге (1969). Эти дискуссии обнаружили такой хаос в области определения базовых понятий термодинамики, и такой разницей в релятивистских преобразованиях термодинамических величин, что Х. Арзельс вынужден был заявить о «современном кризисе термодинамики». Договариваются даже до того, что применение той или иной формулы релятивистских преобразований термодинамических величин зависит от положения термометра в пространстве [5]. Это был редкий для физики случай, когда абсурдность результатов была обнаружена лишь спустя столетия и не была разре-

шена удовлетворительным образом. Ведь преобразования Планка не оставляли инвариантным выражение КПД цикла Карно η_t^K (5), которое являлось одной из математических формулировок второго начала термодинамики (принципа исключенного вечного двигателя 2-го рода), и на него должно было распространяться требование инвариантности физических законов. Между тем по Планку, температура движущегося источника всегда ниже измеренной в неподвижной системе отсчета, и в соответствии с его преобразованиями КПД релятивистского цикла Карно (5) всегда меньше, чем у классического. Более того, при определенных γ этот КПД может оказаться даже отрицательным. Лишь в рамках энергодинамики удалось показать, что релятивистская машина Карно представляет собой комбинированный термически-механический двигатель, в одном цикле преобразующий тепловую и механическую энергию. КПД такой комбинированной машины принимает промежуточное значение между КПД каждой из них в отдельности. Эти КПД остаются инвариантными относительно преобразований Лоренца [4]. Это ещё один пример «недоопределения», обусловленного неразличением двух одновременно протекающих процессов преобразования энергии.

Вместе с тем предпринятое здесь рассмотрение ставит в повестку дня выяснение принципиальной возможности применения ТО к абсолютным величинам, к которым относятся все термодинамические параметры. Прежде всего, обращает на себя внимание явное противоречие преобразований внутренней энергии U , которая по определению не зависит от движения или положения системы как целого относительно других тел и СО. Нередко необходимость преобразования внутренней энергии аргументируют изменением параметров системы вследствие её ускорения. В частности, представляется весьма естественным, что температура тела уменьшается по мере приближения скорости системы к скорости света потому, что она, подобно энтропии, является мерой энергии хаотического движения частиц, которое постепенно уступает место упорядоченному движению тела как целого. Однако в ТО преобразования не зависят от того, движется ли система относительно наблюдателя или наблюдатель относительно системы. Поэтому вполне допустимо рассматривать тело неподвижным (со всем присущим ему хаотическим движением), а систему отсчета – движущейся относительно неё с релятивистской скоростью. В таком случае упорядочение состояния системы для движущегося наблюдателя будет только кажущимся, а использование преобразований Лоренца будет иметь целью приведение результатов измерений к тем, что наблюдаются в собственной системе отсчета. Та же задача решается, когда речь идет об истинной природе наблюдаемых явлений. Например, наблюдатель, движущийся вместе с постоянным магнитом относительно неподвижного проводника, в соответствии с СТО припишет причину возникновения тока в нем действию чисто магнитных сил. Напротив, при движении проводника относительно магнита он отнесет это явление к чисто электрическому [11]. Такая неоднозначность исчезнет, если исследователь будет изучать всю совокупность движущихся тел в собственной системе отсчета, рассматривая её как единое целое. Такая (абсолютная) система отсчета, принятая в энергодинамике, позволяет установить истинную природу действующих сил.

Столь же часто необходимость релятивистского преобразования внутренней энергии аргументируют изменением объема тела вследствие лоренцова сокращения размеров в направлении движения. В условиях механического равновесия с окружающей средой такое изменение объема сопровождается совершением работы объемной деформации, что якобы и обуславливает изменение внутренней энергии. Однако такая «аргументация» также несостоятельна, поскольку сокращение размеров в направлении движения легко может быть легко скомпенсировано изменением размеров в поперечном направлении, оставляющем объем тела V неизменным. Кроме того, указанное сокращение размеров имеет место и в вакууме, где никакой работы расширения вообще не совершается.

При таком подходе несложно убедиться в недопустимости применения релятивистских преобразований и для любых других параметров состояния, являющихся аргументами внутренней энергии U как функции состояния изолированной системы. Рассмотрим с

этой целью некоторую изолированную систему, отдельные части которой движутся с релятивистскими скоростями относительно неподвижного центра массы. Как было показано выше (главы 1,2) состояние такой системы характеризуется определенным набором переменных Θ_i и \mathbf{r}_i или \mathbf{Z}_i , т.е. $\mathcal{E} = \mathcal{E}(\Theta_i, \mathbf{r}_i)$. Тогда в соответствии с общим определением обобщенного потенциала $\Psi_i \equiv (\partial \mathcal{E} / \partial \Theta_i)$ любой из них остается неизменным при любом относительном движении частей системы, поскольку их перемещение влияет лишь на переменные \mathbf{r}_i . Следовательно, ни средняя температура системы, ни среднее давление в ней не изменяются в относительном движении частей изолированной системы. Это обстоятельство подтверждает сделанный выше вывод о необходимости измерения любых потенциалов в абсолютной шкале, нуль которой соответствует полному вырождению взаимодействия данного рода.

Чтобы еще раз убедиться в недопустимости релятивистских преобразований внутренних переменных состояния, рассмотрим этот вопрос «от противного». Предположим, что эти преобразования действительно отражают сущность происходящих с телом внутренних процессов. В таком случае представим себе машину Карно, построенную в некоторой неподвижной термически неоднородной системе. Измерим мощность такой машины и начнем ускорять её, делая измерения её мощности во время остановки ускоряющих двигателей, чтобы движение стало инерционным. Тогда в случае релятивистского уменьшения разности температур горячего и холодного источника [12] мощность машины будет уменьшаться, достигнув нуля при достижении скорости света. Однако это будет противоречить исходному принципу относительности, согласно которому никакими измерениями в движущейся по инерции системе невозможно обнаружить её движение! Налицо, таким образом, внутреннее противоречие в СТО, делающее неверным либо принцип относительности, либо вытекающие из него преобразования Лоренца!

«Пробным камнем» в этих условиях является энергодинамика, которая не нуждается в релятивизме, поскольку рассматривает всю совокупность взаимодействующих тел как неподвижную в целом систему, «погруженную» вместе с наблюдателем в неподвижное пространство. Рассмотрим, в частности, некоторые другие ошибки методологического характера, исходящие из принципа неразличимости.

5. Независимость массы от скорости. Рассмотрим с этих позиций один из принципиальнейших вопросов ТО — вопрос о зависимости массы M от их скорости. Классическая механика, как известно, отрицала изменение массы со скоростью, считая её величиной аддитивной и сохраняющейся в изолированных системах при любых превращениях энергии в них. Теория же относительности А.Эйнштейна (ТО) [3] считала более общей знаменитую формулу:

$$\mathcal{E} = Mc^2, \tag{6}$$

где \mathcal{E} , M — энергия и масса системы, c — скорость света в вакууме.

Это выражение эквивалентности массы и энергии вошло в науку настолько прочно, что стала символом теории относительности и критерием её «практической значимости». Такой точки зрения придерживался не только сам А.Эйнштейн, но и другие выдающиеся физики прошлого столетия, такие, как М.Борн (1962), В.Паули (1921), Р.Толмен (1934), Р.Фейнман (1965), В.А.Фок (1955), Е.Тейлор и Дж. Уиллер (1966), не говоря уже об авторах многочисленных учебников, пособий и популярных книг на эту тему. Однако при этом, насколько нам известно, никогда не анализировался детально вопрос о том, насколько этот постулат согласуется с термодинамикой. В этой статье мы постараемся восполнить этот пробел, привлекая к решению этого вопроса термодинамику необратимых процессов (ТНП) [13] и энергодинамику как её дальнейшее обобщение на процессы полезного преобразования любых форм энергии [4].

Согласно формуле (6), любое тело с энергией \mathcal{E} (в том числе фотон) имеет массу $M = \mathcal{E}/c^2$, которая растёт не только при увеличении скорости материальной частицы, но и её

энергии покоя \mathcal{E}_o . И наоборот, увеличение любой формы энергии системы \mathcal{E} влечет за собой возрастание её массы M . В связи с этим в физику были введены понятия «релятивистской массы» M_p , «массы покоя» M_o , «инертной», «электромагнитной» и «гравитационной» массы.

Лишь в последнее время в среде не только в околонуучной среде, но и у специалистов в области ТО [14] встречается утверждение, что единственно правильным выражение

$$\mathcal{E}_o = Mc^2, \quad (7)$$

также встречающееся в работах А.Эйнштейна.

Согласно этому выражению, масса тела M эквивалентна энергии покоящегося тела E_o и потому не меняется при его ускорении, а фотон, движущийся со скоростью света, не имеет массы. Мы не будем касаться здесь аргументов, выдвигаемых участниками не утихающих дискуссий, равно как и анализу противоречий и парадоксов ТО, которым посвящена обширная литература. Отметим лишь, что эти дискуссии привели к такой сумятице в головах специалистов, преподавателей, методистов и популяризаторов физики, что в настоящее время вряд ли возможно дать на поставленные вопросы однозначный ответ, оставаясь в рамках только названных теорий.

Подходя к этому вопросу с позиций энергодинамики, следует прежде всего отметить, что в классическую термодинамику понятие массы пришло из механики вне всякой связи с тем или иным процессом изменения энергии тела. Последнее было обусловлено спецификой термодинамики, которая оперировала понятием внутренней энергии системы U . Эта функция состояния $U = U(\Theta_i)$, как и её аргументы Θ_i , являлась экстенсивной величиной, и масса M служила для всех них единым коэффициентом пропорциональности. Это предопределило рассмотрение массы как универсальной меры количества вещества, заключенного в системе. Такое её понимание соответствовало ньютоновскому определению массы как «меры количества материи, устанавливаемой пропорционально плотности и объему ее» [15]. В последующем такое понимание массы закрепилось при обобщении классической термодинамики на открытые системы, обменивающиеся веществом с окружающей средой. При этом масса M стала еще одним из независимых параметров состояния и приобрела смысл координаты процесса массообмена, т.е. экстенсивного параметра состояния, с необходимостью изменяющегося в этом процессе.

В энергодинамике доказывается, что не только для явлений переноса типа теплопроводности, электропроводности, диффузии, фильтрации, вязкого трения и т.п., рассматриваемых теорией необратимых процессов [13], но и для процессов полезного преобразования любых форм энергии справедливы кинетические законы вида :

$$\mathbf{F}_i = \sum_j \bar{R}_{ij} \mathbf{J}_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n), \quad (8)$$

где $\mathbf{J}_j = d\mathbf{Z}_j/dt$ – обобщенные скорости процессов переноса энтропии, заряда, k -х веществ, импульса и т.п., именуемые в случае векторных процессов потоками; \bar{R}_{ij} – коэффициенты пропорциональности, называемые в термодинамике необратимых процессов (ТНП) «феноменологическими» (т.е. подлежащими экспериментальному определению). Они характеризуют сопротивление системы i -й силе \mathbf{F}_i со стороны «чужеродного» процесса, например, сопротивление электрического поля \mathbf{F}_e диффузионным потокам k -х заряженных веществ \mathbf{J}_k . Такое стремление системы «противостоять» протеканию того или иного процесса вытекает из принципа Ле-Шателье – Брауна и свойственно любым процессам. Применительно к процессу ускорения его обобщенная скорость $\mathbf{J}_j \equiv \mathbf{J}_a$ выражается производной по времени t от импульса системы $d\mathbf{P}/dt = M\mathbf{a}$, так что уравнение (10) принимает вид [16]:

$$\mathbf{F}_a = R_a d\mathbf{P}/dt, \quad (9)$$

где коэффициент R_a , характеризует «инерционность» системы по отношению к ускоряющей силе \mathbf{F}_a . Сопоставляя это выражение со 2-м законом Ньютона в его изначальной форме $\mathbf{F} = d\mathbf{P}/dt$, находим, что в нем единицы измерения физических величин выбраны таким образом, чтобы коэффициент R_a был равен единице, и в случае его постоянства просто мог быть опущен. Однако в общем случае коэффициенты \bar{R}_{ij} , как известно из ТНП, непостоянны и зависят не только от количества энергоносителя Θ_i , но и от обобщенной скорости процесса \mathbf{J}_j . Проявлением этой зависимости и является увеличение коэффициента R_a с возрастанием импульса \mathbf{P} , ошибочно приписываемое в СТО массе M . Как и любые экстенсивные параметры Θ_i , импульс \mathbf{P} пропорционален количеству вещества в системе M . Однако в общем случае фактором экстенсивности может служить и другая величина. Скажем, в законе Ома, где \mathbf{F}_i – электродвижущая сила; \mathbf{J}_j – сила тока, а R_a – коэффициент, характеризующий электрическое сопротивление проводника, он зависит от количества свободных электронов в проводнике (заряда Θ_e), но не от его массы M .

В большинстве реальных систем, особенно вдали от равновесия, уравнения (11) нелинейны вследствие зависимости коэффициентов \bar{R}_{ij} от обобщенной скорости процесса $\mathbf{J}_j = R_a(\mathbf{J}_a)$. Эта зависимость делает такие коэффициенты функциями процесса, а не состояния. Последнее обстоятельство хорошо известно из теории необратимых процессов [13]. Частным случаем этой нелинейности и является зависимость коэффициента R_a от скорости v (или импульса \mathbf{P}), не известная механике. Поэтому в общем случае релятивистских скоростей 2-й закон Ньютона должен записываться в форме (11). Такая запись означает, что масса M , играющая в выражении $\mathbf{P} = M\mathbf{v}$ роль меры количества вещества, не имеет никакого отношения к коэффициенту R_a как мере его инертности. Это тем более очевидно, что масса M является функцией состояния, в то время как R_a – функцией процесса (его скорости v).

Как видим, подход к механике с более общих позиций энергодинамики позволяет обнаружить в законе Ньютона $\mathbf{F} = d\mathbf{P}/dt$ «недоопределение», вызванное отсутствием коэффициента R_a . Это привело к тому, что сопротивление системы процессу ускорения стали приписывать массе, приобретшей тем самым смысл экстенсивной меры инертности MR_a . В последующем это сделало незаметной подмену в СТО массы M как функции состояния релятивистской массой M_p как функцией процесса, что заведомо некорректно.

То обстоятельство, что между релятивистской массой M_p , и обычной массой M существует зависимость

$$M_p = MR_a(\mathbf{J}_a), \quad (10)$$

является следствием нелинейности закона Ньютона и отражением зависимости $R_a = R_a(\mathbf{J}_a)$, что отнюдь не противоречит классической механике. Она не требует привлечения принципа относительности Пуанкаре–Лоренца–Эйнштейна и вытекающего из него преобразования Лоренца, для которых $R_a(\mathbf{J}_a) = \gamma$. С позиций феноменологической теории необратимых процессов и энергодинамики такая зависимость устанавливается опытным путем. Эту зависимость нельзя объяснить возрастанием массы частиц, поскольку это противоречит общей теории тепловых и нетепловых машин, вытекающей из энергодинамики. Известно, что у любой машины как преобразователя энергии в существует два режима, при которых его КПД (соотношение выходной и входной мощности) обращается в нуль: режим «холодного хода» и режим «короткого замыкания» [4]. Последний отличается тем, что никакое увеличение затрат энергии не увеличивает полезной выходной мощности установки. Для ускорителей такой режим соответствует достижению ускоряемыми частицами предельной скорости $v/c = 1$. Если бы масса M возрастала со скоростью, то с приближением к режиму $v/c = 1$ полезная мощность ускорителя $\mathbf{v} \cdot d\mathbf{P}/dt$ приближалась бы вместе с КПД к максимуму, а не к нулю. Таким образом, ТО приводит к противоречию с нагрузочными характеристиками двигателей, проверенными во множестве экспериментов. Гораздо естественнее

объясняется зависимость $R_a = R_a(\mathbf{J}_a)$ в рамках теории «запаздывающего потенциала» [17]. Известно, что для возникновения процесса ускорения требуется нарушение равновесия между движущимся телом и окружающей средой (полем), т.е. появление некоторой силы \mathbf{F} . Связанное с этим возмущение поля распространяется в нем с определенной скоростью v . Очевидно, что если ускоряемое тело удаляется от источника силы с той же скоростью, воздействие на него будет равно нулю, какую бы силу ни создавал её источник. Именно это и происходит в экспериментах по наблюдению за траекторией ускоряемых элементарных частиц по мере увеличения их скорости.

Более того, можно показать, что возрастание массы со скоростью противоречит закону сохранения массы. Рассмотрим произвольную изолированную и пространственно неоднородную систему, способную к превращению внутренней потенциальной энергии взаимодействия её частей в кинетическую энергию их относительного движения. По мере такого превращения масса покоя системы M_0 уменьшается, а релятивистская масса $M_p = M_0\gamma$ возрастает. Поскольку $M_p > M_0$ при $v > 1$ и $\gamma > 1$, общая масса системы M при возникновении относительного движения её частей не сохраняется.

Таким образом, мы приходим вслед за [14] к выводу, что существует единственная масса M , являющаяся мерой количества вещества, а понятия «массы покоя», «релятивистской», «инертной», «электромагнитной», «гравитационной» и т.п. масс должны быть отброшены как излишние.

6. Неэквивалентность массы и энергии. Другое противоречие ТО с энергодинамикой касается принципа эквивалентности энергии и массы, постулированного А.Эйнштейном в 1905 году [3]. Этот принцип распространяет связь между массой тела M и энергией его излучения, найденную ранее рядом исследователей (Н. Schramm and W. Braumüller, Н.Умов, Дж.Томсон, О. Хевисайд, F. Hasenöhrl), на все формы энергии и явления природы. Однако при этом, насколько нам известно, никогда не анализировался вопрос о том, насколько этот постулат согласуется с термодинамикой. В этой статье мы постараемся восполнить этот пробел, привлекая к решению этого вопроса термодинамику необратимых процессов (ТНП) [13] и энергодинамику [4] как её дальнейшее обобщение на процессы полезного преобразования любых форм энергии.

Согласно соотношениям (6) и (7), $\Delta M = \Delta \mathcal{E}/c^2$ и $\Delta M_0 = \Delta \mathcal{E}_0/c^2$, т.е. масса тела возрастает при увеличении соответствующей энергии системы независимо от того, чем это увеличение вызвано. Очевидно также, что в системе единиц, где $c^2 = 1$, масса и энергия численно равны. В этом суть упомянутого принципа эквивалентности, который прекрасно согласуется с опытными данными, когда речь идет о превращении энергии материальных тел в энергию излучения, не обладающую массой. Однако нет никаких доказательств того, что он соблюдается при любых преобразованиях энергии из одной формы в другую (в противном случае этот принцип имел бы иной статус). В этом отношении предпринятое выше доказательство независимости массы от скорости позволяет вскрыть несостоятельность и самого принципа эквивалентности массы и энергии.

С этой целью сопоставим выражение (6) с определением полной энергии $\mathcal{E} = Mc^2$ в ТО, представив её, как обычно, в виде:

$$\mathcal{E} = M_p c^2 = M_0 c^2 + M_0 \mathbf{v}_0^2 / 2 + \dots \quad (11)$$

Согласно этому выражению, при неизменной скорости \mathbf{v}_0 и массе покоя M_0 полная энергия системы \mathcal{E} не может быть изменена никоим образом ($d\mathcal{E} = 0$). Это естественно для энергии излучения, которую имели в виду упомянутые выше исследователи. Однако А.Эйнштейн распространил выражение (11) на все системы и физические процессы. В таком случае при $M_0, \mathbf{v}_0 = \text{const}$ энергия покоя тела \mathcal{E}_0 согласно тождеству (1) может быть все еще изменена $2(n-1)$ способами [18]:

$$d\mathcal{E}_0 \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i - \sum_j \mathbf{F}_j \cdot d\mathbf{r}_j . \quad (i, j = n - 1). \quad (12)$$

Следовательно, принцип эквивалентности ведет к явному противоречию с законом сохранения и превращения энергии в форме (1). Таким образом, с доказательством независимости от скорости массы покоя рушится и принцип эквивалентности массы и энергии покоя \mathcal{E}_0 (7).

Заслуживают обсуждения и другие несуразности, связанные с принципом эквивалентности. Прежде всего, все обобщенные потенциалы Ψ_i в выражении энергии как функции состояния (12) не имеют верхнего предела. Принцип же эквивалентности устанавливает этот предел, и, следовательно, ограничивает реальный «запас» энергии материальных тел. Поэтому говорить о «практической значимости» ТО в связи с обнаружением огромных «запасов» внутренней энергии по меньшей мере некорректно. Во-вторых, любые фундаментальные дисциплины, как и термодинамика, опираются на возможность находить для каждого независимого процесса его координату, т.е. физическую величину, которая с необходимостью изменяется при протекании данного процесса и остается неизменной в его отсутствие. ТО исключает и эту возможность, поскольку согласно ей с изменением массы при ускорении системы меняются и все другие экстенсивные координаты состояния, утрачивая тем самым свою независимость. В-третьих, если в энергодинамике свойство сопротивляться любому изменению состояния (инерционные свойства) в соответствии с принципом Ле Шателье-Брауна присущи любому i -му процессу, то в ТО они приписываются только процессу ускорения. В-четвертых, если в классической механике и термодинамике внутренняя энергия U не изменяется с увеличением скорости тел (что следует из самого определения её как той части полной энергии системы E , которая не зависит от движения системы как целого или её положения относительно других тел [5]), то в ТО она возрастет с увеличением массы покоя в той же мере, что и кинетическая энергия. Наконец, если в термодинамике и энергодинамике энергия отнюдь не отождествляется со способностью системы совершать работу (т.е. превращаться из одной формы в другую), то в ТО «запас» энергии оценивается именно её массой, а работа – убылью («дефектом») этой массы. Несовместимость всех этих положений с термодинамикой очевидна.

Таким образом, постулированный А.Эйнштейном «принцип эквивалентности массы и энергии» приводит к целому ряду противоречий с той самой классической термодинамикой, о которой А.Эйнштейн отзывался как о единственной физической теории общего содержания, в рамках применимости понятий которой она «никогда не будет опровергнута» [19].

Обсуждение результатов. Как следует из изложенного, эвристическая ценность концепции неразличимости состояния покоя и равномерного прямолинейного движения, а также неразличимости равномерного и ускоренного движения, лежащие в основе СТО и ОТО, весьма и весьма сомнительна. Исходя из неё, мы приходим к необходимости отыскания не существующих в действительности ИСО (поскольку никогда нет гарантии в прямолинейности и равномерности движения реального объекта во Вселенной), и к тому же изобретать для каждого случая специфическую неинерциальную систему типа свободно падающего лифта Эйнштейна. Между тем для того, чтобы отличить состояние покоя и равномерного прямолинейного движения ($dv_0/dt = 0$), достаточно выйти за пределы исследуемой системы. В давние времена для этой цели моряки бросали за корму плавающий предмет, к которому была привязана веревка – лить, и измеряли скорость движения судна относительно воды, отсчитывая узлы на разматывающемся лине. Для того, чтобы различить состояние равномерного и равноускоренного движения, достаточно измерить вес тела или силу инерции. Чтобы отличить, падает ли камень на Землю или Земля на камень, достаточно измерить скорость v и энергетический эффект $v dP$ падения: если он окажется пропорциональным массе камня – падал он, если массе Земли - падала Земля. Для того, чтобы отличить вращение Земли вокруг своей оси, достаточно маятника Фуко. Для того, чтобы отличить гравитацию от электромагнетизма, достаточно выяснить природу силы \mathbf{F}_i

$\equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{r}_i)$: если она обусловлена перемещением $d\mathbf{r}_i$ в поле тяжести – это сила гравитационная; если в электромагнитном поле – электромагнитная. Чтобы отличить электрические и магнитные явления, возникающие при относительном движении постоянного магнита и контура с током (пример, приведенный Р.Фейнманом), необходимо сделать то же самое. Чтобы отличить, вращается ли Солнце (звезды) вокруг Земли или Земля вокруг Солнца, достаточно оценить скорость их движения и убедиться в том, что в первом случае эта скорость превысит скорость света. Иными словами, относительность движения еще не означает его неотличимости от покоя. К этому можно добавить существование для вращательного движения (преобладающего во Вселенной) предпочтительной системы отсчета, позволяющей отличить его от поступательного движения – это система центра инерции (Л. Ландау, Е. Лившиц, 1973). По отношению ко всем таким системам требование инвариантности физических законов Пуанкаре–Лоренца–Эйнштейна выглядит явно искусственным. Столь же искусственной выглядит попытка создания единой теории поля, основанная на неразличимости сил и сведении их всех к единой силе. В противовес этому энергодинамика выдвигает и реализует задачу выработки единого метода нахождения явно различимых сил. 24 из них приведены в [21]. Все это делает более предпочтительным отыскание абсолютных систем отсчета, позволяющих отличить одни процессы от других, записать физические законы в наиболее простой и понятной форме и составить более детальную картину изучаемых явлений. В этом отношении энергодинамику можно рассматривать как своего рода «теорию абсолютности». Она не нуждается, в отличие от ТО, в пересмотре классических представлений о пространстве и времени, и не требует геометризации физики, идущей вразрез с многовековым опытом «ветвления» по мере углубления знаний единого древа науки.

Изложенное подкрепляет мысль, которую высказал академик И. Тамм (1956): «Никто не может, конечно, предсказать, каким будет дальнейшее развитие физики, но одно, мне кажется, можно утверждать с несомненностью – идеи Эйнштейна, его анализ понятий пространства и времени и взаимосвязи пространственно–временных соотношений с находящейся в пространстве и времени материей могут претерпеть в дальнейшем глубокие изменения».

Литература

1. *Ньютон, И.* Математические начала натуральной философии. - М., «Наука», 1989, с. 22.
2. *Пуанкаре А.* // Избранные труды.— М.: «Наука», 1974.- С.429-433.
3. *Einstein A.*//Ann. d. Phys. 1905. Bd 18. S. 639.
4. *Эткин В.А.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии).- СПб.: «Наука», 2008.-409 с.
5. *Базаров И.П.* Термодинамика. М.: «Высшая школа», 1994. Изд.4-е.
6. *Гиббс Дж.В.* Термодинамические работы. Ч.3. О равновесии гетерогенных веществ.: Пер. с англ. - М.-Л. Гостехиздат, 1950.
7. *Логунов А.А.* Лекции по теории относительности и гравитации: Современный анализ проблемы. – М.: Наука, 1987. – 272 с.
8. *Planck M.*//Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin. 1907. Bd 13. S. 542.
9. *Ott H.* //Zeitschr. Phys., 1963. – V.70. – S.75.
10. *Arzelies H.* La crise actuelle de la thermodynamique theorie // Nuovo Cimento, 1966. – 41B. – P. 61.
11. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1976. Т. 5.
12. *Толмен Р.* Относительность, термодинамика и космология. – М.: Наука, 1974.
13. *Хаазе Р.* Термодинамика необратимых процессов.- М.: «Мир»,1974.
14. *Окунь Л.Б.* Понятие массы (масса, энергия, относительность). // УФН, 1989. Т.158, Вып.3. С.511-530.

15. *Ньютон, И.* Математические начала натуральной философии. - М., «Наука», 1989, с. 22.
16. *Эткин В.А.* Изменяется ли масса со скоростью? //Сетевой ресурс <http://sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10905.html> от 24.02.2011.
17. *Эткин В.А.* К явлению запаздывания потенциала. //Сетевой ресурс http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/ от 27/09/2009
18. *Эткин В.А.* Эквивалентны ли масса и энергия? //Сетевой ресурс http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/ от 11.05.2011.
19. *Эйнштейн А.* Творческая автобиография. // Физика и реальность.- М.: «Наука». 195.- С.131-166.
20. *Эткин В.А.* Нетривиальные следствия энергодинамики (незамеченная революция). //Сетевой ресурс http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/ от 24/06/2011.
21. *Эткин В.А.* О единстве и многообразии сил в природе. //Сетевой ресурс <http://zhurnal.lib.ru/> от 01/08/2009.