

КАК ВЕРНУТЬ ФИЗИКУ В ЛОНО КЛАССИЦИЗМА.

Д.т.н., проф. В. Эткин

Стр.

Ч.1. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА 1.
Ч.2. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ 9.

Ч.1. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА.

Показана возможность получить закон излучения Планка, дать новое объяснение фотоэффекта с учетом квантового выхода, обосновать закон формирования спектральных серий и вывести стационарное уравнение Шрёдингера на основе классических концепций Энергодинамики.

Введение. Современное развитие физики сопровождается нарастанием негативных тенденций. Стало более предпочтительным, по образному выражению Р. Фейнмана, «угадывать уравнения, не обращая внимания на физические модели или физическое объяснение» того или иного явления. Ученые перестали тяготиться тем, что их теории не проясняют реальности, они уже не ставят задачей понимание причинно-следственных связей в проявлениях тех или иных законов. Объяснение явлений перестало быть основной функцией науки. В этих условиях появляются, как грибы после дождя, эффектные «теории всего», обещающие возможность двигаться вспять во времени, преодолевать световой барьер скорости, извлекать энергию из «пустоты» или использовать всю энергию покоя тела, мгновенно перемещаться в пространстве, переходить в «параллельные миры» и т.п. Они будоражат воображение и богаты на сенсации, однако от них бессмысленно ждать отдачи, поскольку объекты их фантазии находятся далеко за пределами современных возможностей их обнаружения и изучения. Все ярче проявляется тенденция избежать любыми путями столь необходимого периодического переосмысления основ научных дисциплин. Нежелание исследователей лишиться на неопределенный срок привычной опоры порождает попытки уложить новые опытные факты в «прокрустово ложе» старой понятийной системы с помощью всевозможных гипотез и постулатов, и обуславливает крайне болезненное восприятие специалистами любых (в том числе и конструктивных) попыток изменить что-либо в самом фундаменте этих теорий. Поэтому на такие попытки решаются, как правило, лишь немногие.

Автор этих строк принадлежит к их числу. В ряде книг «Термодинамика неравновесных процессов...» (1991), «Термокинетика» (1999), «Энергодинамика» (2008) автор предложил альтернативу создавшемуся положению, развил системно-термодинамический метод исследования и дав на его основе последовательное обобщение классической термодинамики (термостатики) на необратимые (протекающие с конечной скоростью) процессы переноса энергии, а затем – и на нестатические процессы преобразования любых форм энергии. За этот цикл работ автор был удостоен Европейской академией естественных наук в 2009 году памятной медали Лейбница. Вторая из книг этой серии, написанная по материалам докторской диссертации и позволяющая дополнить курсы термодинамики доступным изложением теории необратимых процессов, была рекомендована Минобразования в 1991 году в качестве учебного пособия для вузов РФ. Между тем и спустя 20 лет предложенные в ней методы анализа реальных процессов в силу изложенных выше причин оказались невостребованными. Указанную ситуацию могла бы изменить вышедшая в 2012 г. книга автора «Синтез основ инженерных дисциплин», предлагающая энергодинамический подход к интеграции знаний. В ней дано обоснование основных принципов, законов и уравнений классической и квантовой механики, классической и неравновесной термодинамики, теории тепло-и массообмена, гидродинамики и аэродинамики, электростатики и электродинамики) и благодаря системно-термодинамическому методу исследования получены новые результаты практически в каждой из названных областей её приложения. В этой статье я постараюсь изложить те из них, которые позволяют дать принципиально новое, классическое обоснование важнейшим достижениям квантовой механики и открыть путь их изложения, как одного из следствий Энергодинамики в её приложении к дискретным процессам.

1.1. Принцип различимости процессов. Важнейшую роль в методологии Энергодинамики играет аксиома (принцип) «различимости процессов», согласно которой *«существуют и могут быть выделены (с помощью всего арсенала экспериментальных средств) независимые процессы, вызывающие особые - качественно отличимые и не сводимые к другим - изменения состояния объекта исследования»* [1].

Именно на этом принципе в неявной форме базируется классификация процессов в классической физике. Этого нельзя сказать о теоретической физике, пришедшей на смену классической после квантово-релятивистской революции. Последняя придерживается (и также в неявной

форме) диаметрально противоположного *принципа неразличимости явлений*. Первая его формулировка принадлежит Галилею, заметившему, что в закрытом трюме корабля, плывущего равномерно и прямолинейно, *никакими экспериментами невозможно обнаружить его движение* относительно водной среды и суши. И. Ньютон положил этот принцип в основание 1-го начала своей механики, назвав его *«принципом относительности Галилея»*. Из него 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 на другие (в частности, 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».

А.Эйнштейн в 1905 году так и поступил, распространив его на все явления природы и приняв этот принцип за исходный постулат СТО. Вслед за этим он 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). Вскоре к нему присоединился *принцип неразличимости ускоренного и вращательного движений*. Так постепенно принцип неразличимости стал едва ли не «краеугольным камнем» при теоретическом построении всей физики. В статистической механике он выразился в неразличимости состояний, вызванных трансляцией и ротацией частиц; в электродинамике – в неразделимости электричества и магнетизма; в ядерной физике – в неразличимости протона и нейтрона по отношению к сильным взаимодействиям; в физике элементарных частиц – в суперсимметрии (тождественности свойств фермионов и бозонов); в теории поля – в утверждении о полной неразличимости в некотором пределе электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий; в астрофизике – в неразличимости вещества и поля, в позитивистской философии – в неразделимости пространства и времени. В результате классическая парадигма естествознания, основанная на идее Лейбница об отсутствии в природе совершенно тождественных вещей, уступила место парадигме, базирующейся на принципах неразличимости. Господство в физике этого принципа лишило науку её главной функции – объяснения специфики тех или иных явлений, сделав многие из её выводов недоступными человеческому пониманию.

Между тем вся многовековая история успешного развития естествознания наглядно демонстрировала эвристическую ценность именно *принципа различимости* объектов исследования и процессов. Доказательством этого является сам факт «ветвления» единого древа науки по мере углубления знаний и выделения того или иного её направления. Именно с различимости процессов начинается исследование их специфики. Она лежит и в основе классификации явлений, проявляясь в нахождении для каждого из них специфической координаты – параметра состояния, изменение которого является необходимым и достаточным признаком протекания этого процесса. Представление свойств системы в функции таких координат составляет основу математического аппарата классической физики. Отход от этой линии развития и вызывает, в конечном счете, неразличение истины и заблуждений.

Понимание этого обстоятельства делает необходимым возврат на классическую линию развития естествознания при максимально бережном отношении к новым экспериментальным фактам, добытым за период квантово-релятивистской революции. Одной из удачных попыток такого рода и является Энергодинамика. Она представляет собой единую теорию переноса и преобразования любых форм энергии независимо от их принадлежности к той или иной области знания. Её отличает рассмотрение всей интересующей исследователя совокупности взаимодействующих (взаимно движущихся) материальных объектов (вплоть до изолированной системы типа Вселенной) как единого неравновесного целого; последовательно феноменологический и дедуктивный характер; отказ от идеализации процессов и систем вне рамок условий однозначности, исключение гипотез и постулатов из оснований теории и явный учет в её основных уравнениях времени, скорости, необратимости и производительности реальных процессов. Таким сочетанием достоинств, насколько мы знаем, не обладает ни одна другая физическая теория общего содержания. Эвристическая ценность Энергодинамики как междисциплинарной теории 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, гидро- и аэродинамики, электростатики и электродинамики как её непосредственные логико-математические следствия при минимальном объеме модельных представлений о микроскопической структуре материи и механизме того или иного процесса.

Основополагающая роль принципа различимости в Энергодинамике состоит в том, что он позволяет доказать весьма важную для любой междисциплинарной теории теорему о числе степеней свободы исследуемой системы. Согласно ей, *«число независимых координат, определяющих состояние любой системы (т.е. число ее степеней свободы), равно числу независимых процессов, протекающих в ней»*. Это позволяет избежать свойственного многим теориям произвола в оценке числа степеней свободы исследуемой системы, т.е. «переопределения» или «недоопределения» состояния системы, что проявляется, в частности, в необоснованном привлечении «скрытых параметров», в приписывании точке или «пустому» пространству физических свойств, в рассмотрении «многомерных пространств», или, напротив, в попытках описать специфические свойства новых процессов параметрами уже известных степеней свободы. Такой произвол подчас выглядит вполне безобидно, однако именно он является в настоящее время основным источником методологических ошибок в теоретической физике.

Важнейшим следствием аксиомы различимости является возможность устранения известной неопределенности понятия энергии. Читатель обычно бывает немало удивлен, не найдя в справочниках и энциклопедиях физически более содержательного определения этого понятия, нежели трактовка ее как философской категории «общей количественной меры движения и взаимодействия всех видов материи». В результате, как справедливо заметил математик А. Пуанкаре, «мы не можем сказать об энергии ничего сверх того, что существует нечто, остающееся неизменным» [2]. Не способствует лучшему пониманию энергии и её определение как «одного из семи интегралов движения» [3], поскольку в определенных условиях наряду с энергией неизменными остаются и такие величины, как масса, заряд, импульс и момент количества движения. С появлением новейших теорий, предполагающих существование отрицательной энергии, наличие её у «пустого» пространства, допускающих нарушение закона её сохранения и т.п., ситуация еще более обострилась, в результате чего, выражаясь словами Р. Фейнмана, физике сегодняшнего вообще стало неизвестно, что такое энергия [4]. В этих условиях *возвращение энергии близкого к изначальному смысла способности системы совершать любую работу¹⁾ и признание её исключительной роли как наиболее общей функцией состояния исследуемой системы* открывает прямой путь к интеграции знаний.

Другой методологической особенностью Энергодинамики является отказ от использования в основаниях теории каких-либо гипотез и постулатов, от идеализации процессов и систем, выраженной в понятиях «равновесный», «обратимый», «квазистатический», «линейный», «идеальный», и от модельных представлений о микроструктуре исследуемой системы и «молекулярном механизме» того или иного процесса. Все такого сведения о свойствах изучаемого объекта привлекаются Энергодинамикой "со стороны" в качестве «условий однозначности». Независимость самого математического аппарата теории от этих условий придает ей большую общность, превращая Энергодинамику в универсальный метод исследования процессов переноса и преобразования энергии.

Изложенные принципы позволили Энергодинамике поставить и решить задачу нахождения общих закономерностей процессов переноса и преобразования любых форм энергии независимо от их принадлежности к той или иной области знания. В этой статье мы рассмотрим те следствия, которые касаются квантовой механики. Основная цель её – показать возможность и целесообразность возврата КМ на классическую линию развития естествознания при максимально бережном отношении к новым экспериментальным фактам, добытым в этой области за период квантово-релятивистской революции.

1.2. Ошибочность концепции квантов в трактовке М. Планка. С течением времени все большее число исследователей начинает понимать, что ревизия основ классической механики в связи с обнаруженным дискретным характером процесса излучения зашла слишком далеко. Это побуждает к более внимательному анализу истоков тех заблуждений, которые привели к отрицанию применимости классической механики к объектам микромира и к излишнему индетерминизму квантовой механики.

Известно, что в 1900 году М. Планк сконструировал удачную формулу для распределения энергии в спектре абсолютно черного тела (АЧТ) [5]. При этом он, как и его предшественник Рэлей (1900), представил равновесное излучение в полости АЧТ как систему стоячих волн, колеблющихся с частотой ν . Однако в отличие от закона излучения Рэля, приводившего к «фиолетовой катастрофе» в связи с неограниченным возрастанием объемной плотности излучения ρ_ν с частотой ν , М. Планк предположил, что отношение числа N_ν осцилляторов, излучающих на час-

¹⁾ Упорядоченную и неупорядоченную, внешнюю и внутреннюю, полезную и диссипативную, техническую и нетехническую, располагаемую и действительную, и т.д. т.п.

тоте ν , к общему их числу N_0 уменьшается экспоненциально с увеличением частоты излучения ν , подчиняясь при этом больцмановскому распределению энергии осцилляторов ε_n . Для того, чтобы сделать эту энергию счетной, он предположил, что осцилляторы в полости АЧТ могут находиться лишь в определенных (дискретных) энергетических состояниях с энергиями $\varepsilon_n = nh\nu$, где $n = 1, 2, \dots$ – целочисленное неотрицательное число, названное впоследствии квантовым. При этом излучение осуществляется «порциями» (квантами) с энергией ε_n , пропорциональной частоте ν излучаемых волн и коэффициентом пропорциональности h , не зависящим ни от частоты волны, ни от её амплитуды, ни от природы излучающего тела. В таком случае среднее значение этой энергии $\langle \varepsilon_n \rangle$ определяется выражением

$$\langle \varepsilon_n \rangle = h\nu / [\exp(h\nu/k_bT) - 1], \quad (1)$$

что с учетом числа осцилляторов в единице объема излучающей полости $N_\nu = (\nu^2/\pi^2c^3)$ приводит к его закону излучения в виде:

$$\rho_\nu = \langle \varepsilon_n \rangle N_\nu = (8\pi h\nu^3/c^3) / [\exp(h\nu/k_bT) - 1]. \quad (2)$$

Хотя эта формула прекрасно описывала экспериментальные результаты, сам по себе этот вывод содержал ряд достаточно произвольных допущений. Во-первых, его предположение о дискретном уровне энергии осцилляторов входило в явное противоречие с представлениями классической физики о непрерывности энергетического спектра. Во-вторых, М. Планк полагал энергию кванта излучения в (1) пропорциональной частоте $h\nu$ в первой степени и не зависящей от амплитуды волны A_ν . Это противоречило известному из акустики, гидродинамики и электродинамики выражению для плотности энергии плоской бегущей волны [6]:

$$\rho E_\nu = \rho A_\nu^2 \nu^2 / 2, \quad \text{Дж/м}^3, \quad (3)$$

согласно которому она пропорциональна квадрату частоты волны ν [с⁻¹] и её амплитуде A_ν . В-третьих, в выражение закона излучения (2) было заложено молчаливое допущение о том, что отношение числа испущенных полостью АЧТ фотонов к числу стоячих волн в ней всегда равно единице. Это положение плохо согласуется с представлением о фотоне как пакете волн: становится совершенно непонятным, каким образом за один период колебаний стоячей волны последняя излучает целый цуг волн? В-четвертых, переход от $\varepsilon_n = nh\nu$ к выражению (1) у Планка основан на свойствах бесконечной прогрессии. Между тем ряд, образованный квантовыми числами n , весьма и весьма ограничен.

В последующем выявились и другие противоречия в его обосновании закона излучения. В частности, возникало вопиющее противоречие между огромной энергией кванта излучения $h\nu$, и ничтожно малой средней энергией осциллятора U . На это впервые обратил внимание А.Эйнштейн, показавший, что на длине волны 0,5 мкм при $T = 1700$ К отношение ε_n/U имеет значение примерно $6,5 \cdot 10^7$ [7]. Далее, выяснилось, что уже при значениях квантовых чисел исходной и конечной орбиты $n_i = 2$ и $n_j = 10$ электрон в соответствии с соотношением $(1 - n_i^2/n_j^2)$ будет терять за один акт излучения 96% своей исходной энергии, что ставит под сомнение устойчивость одноэлектронных атомов. Подобных вопросов возникает, вообще говоря, множество. Все это побуждает к поиску иного обоснования закона излучения Планка, не нуждающегося в специфических квантовых гипотезах.

1.3. Классическое обоснование закона излучения Планка. Первым необходимость классического обоснования закона Планка осознал Н.А. Умов, который предложил применить распределение Максвелла к реальным атомам и молекулам, а не к абстрактным осцилляторам с энергией неизвестного происхождения. Таким путем он установил формулу для средней энергии резонатора Планка без какой-либо ломки основных представлений классической физики [8].

Еще более кардинальным является обоснование закона излучения Планка с позиций энергодинамики [1]. Исходя из закона сохранения энергии, в ней показано, что излучение энергии каким-либо телом возможно только в том случае, когда на его атомы действуют сторонние (нецентральные) силы \mathbf{F}_H , исходящие от окружающих их электромагнитных полей. Когда вектор скорости орбитальных электронов \mathbf{v}_e таков, что $\mathbf{F}_H \cdot \mathbf{v} > 0$, возникает их ускорение. В противном случае ($\mathbf{F}_H \cdot \mathbf{v} < 0$) электроны испытывают кратковременное торможение, длительность которого определяется полупериодом колебания электромагнитного поля. Вследствие каждого акта такого торможения возникает единичное возмущение этого поля, распространяющееся в нем в виде соли-

тона – уединенной структурно устойчивой частицеподобной волны [9]. На тех же участках траектории электрона, где сила \mathbf{F}_H нормальна к направлению движения электрона ($\mathbf{F}_H \cdot \mathbf{v} = 0$), такое возмущение отсутствует, вследствие чего излучение предстает как последовательность (поток) солитонов $J_c = v$ (солитон/с), испускаемых подобно пулеметной очереди «пакетами» с некоторым интервалом времени между ними. Эти локализованные в пространстве волновые пакеты с переменной амплитудой волны A_e , плавно спадающей до нуля на его «концах», и воспринимается фотодетектором в виде отдельного импульса, который трактуется в квантовой механике как частица и называется фотоном²). Таким образом, дискретность процесса излучения объясняется спецификой волновой формы движения (кратковременностью действия внешних сил) и отнюдь не противоречит классической механике.

Если период колебания внешнего поля больше времени обращения орбитального электрона, торможение наступает в среднем за два, три и более оборота электрона. Такие орбиты остаются в течение некоторого времени невозмущенными (устойчивыми). Однако по мере увеличения частоты ν внешнего поля (и числа z актов торможения или ускорения) электрон успевает претерпеть за один виток орбиты уже не один, а множество (до десятков тысяч) таких актов [1]. Соответствующее число раз изменяется и траектория электрона. В квантовой теории это трактуется как её «размытость». Совокупность связанных с этим возмущений внешнего поля, исходящих от множества атомов, и образует спектр излучения данного тела. Многократное ускорение и торможение электронов в их орбитальном движении приводит к модуляции внешнего поля с частотой $\nu = zn_e$, пропорциональной числу z актов торможения или ускорения электрона за один виток его орбиты и числу оборотов электрона n_e . Последнее определяется отношением средней орбитальной скорости электрона v_e к длине орбиты L , что позволяет выразить частоту ν через импульс орбитального движения электрона $p_e = m_e v_e$ и его кинетическую энергию $\epsilon^k = m_e v_e^2 / 2$ путем умножения и деления выражения $\nu = z v_e / L$ на этот импульс:

$$\nu = zn_e = z v_e / L = \epsilon^k / h_0, \quad (4)$$

где $h_0 = p_e l_e$ – параметр орбиты; $l_e = L/2z$ – средняя длина «пути торможения» электрона.

Поскольку на участке орбиты, где $\mathbf{F}_H \cdot \mathbf{v} \neq 0$, электрон успевает претерпеть z актов ускорения и торможения, энергия солитона ϵ_c (Дж/солитон) в z раз меньше энергии фотона ϵ_ϕ . Это обстоятельство, а также представление о потоке солитонов как о носителей лучистой формы энергии $J_c = \nu$ (солитон/с) снимает все отмеченные выше противоречия планковской теории излучения. Прежде всего, удастся показать, что энергия колебаний электрона подчиняется единому выражению (3). Действительно, если A_e (м) – амплитуда колебания электрона относительно устойчивой орбиты, а его длительность обратно пропорциональна частоте ν (с^{-1}), то средняя скорость этих колебаний $w_e = A_e \nu$ ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$), а их кинетическая энергия в единице объема излучающего тела с концентрацией электронов ρ_e определяется тем же выражением (3): $E_V = \rho_e w_e^2 / 2 = \rho_e A_e^2 \nu^2 / 2$.

Далее, согласно (4) кинетическая энергия орбитального движения электрона $\epsilon^k = z h_0 \nu$ в условиях постоянства параметра орбиты h_0 пропорциональна первой степени частоты ν и числу z актов торможения или ускорения электронов внешними силами. Это означает, что она образует дискретный ряд в соответствии со скачкообразным изменением длины орбиты L . Причину этого несложно понять, если учесть, что z актов торможения электрон претерпевает на участке орбиты длиной $L/2$, на котором $\mathbf{F}_H \cdot \mathbf{v} < 0$. Следовательно, средняя длина «пути торможения» электрона $l_e = L/2$ и есть длина волны электрона $\lambda_e = h_0 / p_e$, которая в соответствии с постулатом де Бройля [10] кратна длине орбиты. Однако теперь это не условная волна, приписываемая каждой частице, а реальная волна, вызванная периодическим смещением электрона относительно устойчивой (возникающей под действием центральных сил) орбиты.

В этом порядке идей задача отыскания числа осцилляторов в полости АЧТ с энергией $\epsilon_n = nh\nu$, поставленная М.Планком, сменяется поиском средней энергии колебаний электрона $\epsilon^k = z(p_e L/2)\nu$. Эта задача решается тем же статистическим методом, а её результат отличается от (1) только тем, что в нем вместо $h\nu$ в нем фигурирует величина $h_0 \nu$. Однако теперь вместо соотношения между энергией ϵ_n абстрактного осциллятора, не имеющей ничего общего с теплотой, к тепловой энергии $k_b T$ тела, находящегося с ним в гипотетическом «тепловом» равновесии, сменяется имеющим реальный смысл соотношением между упорядоченной энергией движения электронов в атоме к его же хаотической энергии. То обстоятельство, что численное значение вели-

²) Между тем, если допустить отличную от нуля длительность процесса испускания фотона, его протяженность в пространстве может достигать километров!

чины $p_e l_e$, как и постоянной Планка h , определяется на основе формулы (2) опытным путем, обуславливает их тождественность ($h = h_0 = p_e l_e$, Дж·с) [11].

Такой подход позволяет устранить значительную часть трудностей существующей квантовой теории без привлечения каких-либо дополнительных гипотез и постулатов квантовомеханического характера. Становится возможным вернуть процессу излучения конечную длительность и тем самым устранить вопиющее противоречие понятия «процесс» с лишенным длительности «перескоком» электрона с одного устойчивого уровня на другой. Возвращаются причинно-следственные связи, нарушенные вследствие того, что в концепции Н.Бора частота излучения становится как бы «известной» электрону еще до его перехода на новую орбиту. Снимается проблема устойчивости атома, поскольку за каждым актом торможения электрона следует его ускорение, возвращающее его на исходную орбиту. Тем самым исключается возможность падения электрона на ядро, ставшая одной из основных причин отказа от классических представлений. Проясняется смысл постоянной Планка как импульса, переносимого единичным потоком солитонов ($v = 1$ солитон/с). Получает поддержку постулат Бора о существовании устойчивых орбит. Отпадает необходимость в противоречащем теории волн постулате Планка о независимости кванта энергии от амплитуды волны. Снимается и проблема прерывистости энергетического спектра, ибо дискретной оказывается не энергия сама по себе, а процесс её излучения. Получает объяснение интерференция фотона с самим собой, так как регистрируемый фотодетектором «одиночный» импульс соответствует в действительности целому пакету солитонов, интерферирующих как обычные волны. Устраняется противоречие эксперимента Т.Юнга с «одновременным» прохождением фотона через две и более щели (отверстия), поскольку фотон не является частицей. Это касается также противоречия с классической механикой, обусловленного допущением о вневременном (мгновенном) испускании фотона в КМ. Волновая природа солитона естественным образом объясняет и отсутствие у него массы. Становится ясным, почему в эффекте Комптона в процессе «переизлучения» одна его компонента (обусловленная торможением электронов) уменьшает свою частоту, а другая (обусловленная их ускорением) – увеличивает. Приходит понимание того, почему дифракционные картинка, полученные при больших световых потоках и малых временах экспозиции, идентичны картинкам, полученным при сверхмалых световых потоках и достаточно больших временах экспозиции. Нетождественность волновых пакетов, испущенных разными источниками, объясняет, почему их световые лучи не интерферируют (или интерферируют неполностью), в то время как гармонические волны (акустические или гидравлические) интерферируют и в этом случае. Малая «протяженность» солитона в пространстве по сравнению с фотоном как волновым пакетом объясняет факт локальности его воздействия на светочувствительную клетку глаза или зерно фотопластинки. И т.д., и т.п.

Но главное – появляется возможность обосновать важнейшие достижения квантовой теории, исходя из классических концепций [1].

1.4. Классическое объяснение фотоэффекта. В частности, новый взгляд на величину кванта энергии позволил пересмотреть объяснение законов фотоэффекта [12], данное А. Эйнштейном в 1905 году, исходя из идеи М. Планка о квантовании излучения. Необходимость в этом возникла в связи с экспериментально обнаруженным непостоянством соотношения между числом эмитированных электронов и числом поглощенных квантов излучения. Эта величина, известная как «квантовый выход» Y_e , зависит от свойств тела, состояния его поверхности, температуры и энергии фотонов, и для большинства фотокатодов колеблется от $\sim 0,5$ до $\sim 10^{-4}$ [13]. Далее, как показал опыт, от свойств фотокатода зависит и так называемая интегральная чувствительность фотокатода, представляющая собой отношение фототока I к падающему световому потоку J . Оба эти фактора приводят к необходимости дополнить упомянутое уравнение баланса квантовым выходом Y_e [14]:

$$E^k = h\nu Y_e^{-1} - W^e. \quad (4)$$

где E^k – кинетическая энергия фотоэлектрона; W^e – работа выхода электрона (энергия ионизации атома). В таком случае зависимость интегральной чувствительности фотокатода от частоты излучения становится очевидной, поскольку в соответствии с (4) $\partial E^k / \partial \nu = h Y_e^{-1}$.

Важно подчеркнуть, что сама по себе необходимость учета квантового выхода Y_e в балансе энергии фотоэффекта (4) является доказательством меньшей по сравнению с фотоном энергией солитонов ϵ_c . Это легко понять, поскольку фотон как волновой пакет содержит z_e солитонов. Особенно ощутима эта разница в коротковолновом диапазоне, где число солитонов в волновом

пакете достигает тысяч. Последнее объясняет, почему квантовый выход для многих фотокатодов растет с увеличением частоты именно до этой величины.

Далее, с позиций солитонной модели излучения исчезают сомнения в применимости к фотоэффекту волновой теории света. Это касается, во-первых, учета зависимости энергии колебаний электронов как осцилляторов от их амплитуды A_c (3), поскольку она влияет на энергию колебаний и длительность процесса торможения. Во-вторых, поскольку в этой модели лучистый поток J_l выражается произведением потока солитонов $J_c = v = zn_e$ на их энергию ϵ_c и пропорционален квадрату частоты $J_l = hv^2/z = \epsilon_\phi n_e$, то он в n_e раз больше энергии потока фотонов J_ϕ (фотон/с). Это объясняет расхождение расчетной длительности «накопления» энергии орбитальными электронами, основанной на величине энергии фотона, с экспериментально обнаруженной «безинерционностью» фотоэффекта. В таком случае законы фотоэффекта ни в чем не противоречат классической волновой теории [14].

1.5. Классическое обоснование закона образования спектральных серий. Изложенная концепция процесса излучения, обусловленного действием нецентральных сил F_n , позволяет непосредственно получить формулы, описывающие спектральные серии Лаймана, Бальмера, Пашена и т.п. Пусть орбитальный электрон движется первоначально под действием только центральной силы F_c , определяемой известным образом квадратом отношения заряда электрона e к эквивалентному радиусу $r_o = L/2\pi$ орбиты длиной L : $F_c = -e^2/r_o^2$. При действии на орбитальный электрон дополнительных нецентральных сил F_n его траектория изменяется, а её условный радиус приобретает значение r , соответствующее новой результирующей силе $F = F_c + F_n$. Следовательно, сторонние силы $F_n = F - F_c$ в данный момент времени определяются выражением [15]:

$$F_n = F_c (1 - r_o^2/r^2) . \quad (5)$$

Поскольку частота излучения ν пропорциональна числу оборотов электрона $n_e = v_e/2\pi r$, то $\nu = zv_e/2\pi r$. Отсюда следует, что при прочих равных условиях на одной и той же частоте ν излучают электроны на всех «подобных» орбитах (у которых $z/r = \text{const}$), т.е. длина таких орбит увеличивается пропорционально числу актов ускорения электрона. Заменяя на этом основании отношение r_o^2/r^2 выражением z_o^2/z^2 и учитывая, что при $z_o = z$, когда действуют только центральные силы, излучение отсутствует, приходим к соотношению:

$$\nu = \nu_o (1 - z_o^2/z^2), \quad (6)$$

Это выражение соответствует закономерности $\lambda = \lambda_o(1 - n_o^2/n^2)$, установленной Бальмером в 1885 году по экспериментальным данным спектра водорода. Однако теперь вместо абстрактных квантовых чисел n_o и n фигурируют вполне конкретные и осмысленные величины z_o и z . Согласно (6), частоты излучения дискретны и по мере увеличения z сходятся к своему верхнему пределу ν_o . При этом z_o по-прежнему определяет название серии: Лаймана ($z_o = 1$), Бальмера ($z_o = 2$), Пашена ($z_o = 3$), Брэкэта ($z_o = 4$), Пфунда ($z_o = 5$) и т.д.

Как видим, формулы для вычисления спектральных серий, считавшиеся «пробным камнем» квантовой теории, могут быть получены и с позиций классической физики. Преимущество предложенного подхода к изучению спектральных серий заключается в его физической ясности и наглядности. Это касается прежде всего физического смысла величин z_o и z , определяющих характер орбиты. В полуклассической модели Н. Бора связь квантовых чисел с геометрией орбиты далеко не столь очевидна. В квантовой же механике это понятие, как известно, отвергается во все.

Обращает на себя внимание также простота объяснения с изложенной позиции ряда наблюдаемых закономерностей. В частности, вполне естественно, что электроны, движущиеся по траекториям, более удаленным от атомного ядра, имеют и больший период обращения. Поэтому они успевают претерпеть за этот период большее число актов торможения и ускорения электрона, и соответственно имеют более высокую частоту излучения. Это объясняет, почему с увеличением потенциальной энергии электрона частота излучения в любой спектральной серии повышается. Далее, число актов ускорения (торможения) электрона не может быть дробным - отсюда и закон целых чисел, отраженный в соотношениях (6). В этом порядке идей наличие нескольких серий у атомов одного и того же вещества (в том числе у одноэлектронных атомов) объясняется различием характера «центральных» орбит у различных атомов этого вещества (т.е. траекторий, возникающих под действием центральных сил). Заметим, что такое объяснение было бы несостоятельным при рассмотрении изолированного одноэлектронного атома в концепции Н. Бора. Не-

сколько худшие результаты для щелочных металлов (наличие у них главной, резкой, диффузионной и бергмановской серий) в этом порядке идей обусловлены более сложным характером их орбит.

Попутно выявляются причины «квантования» электронных орбит в атоме, вызванные тем, что их длина L_e увеличивается скачкообразно в соответствии с числом актов торможения или ускорения электрона z , как и энергия электронов на этих орбитах.

Таким образом, закон формирования спектральных серий можно обосновать без использования соображений квантово-механического характера и абстрактного понятия квантовых чисел [1].

1.6. Вывод стационарного уравнения Шрёдингера. Известно, что при движении орбитальных электронов по любой траектории (как замкнутой, так и не замкнутой) в атомах возникает колебательный процесс, обусловленный периодическим изменением полной энергии системы электрон – ядро. Этот процесс описывается известным уравнением монохроматической пространственной волны [6]:

$$\Delta \psi + (4\pi^2/\lambda^2)\psi = 0, \quad (7)$$

где Δ – оператор Лапласа; ψ – параметр системы, являющийся функцией пространственных координат и отклоняющийся в колебательном процессе от своего равновесного значения; λ – длина волны электрона, связанная с его импульсом полученным выше соотношением $\lambda_e = h_0/p_e = h/p_e$.

Учитывая, что в соответствии с этим $\lambda^2 = h^2/2m_e\varepsilon^k$, а кинетическая энергия электрона выражается разностью между его полной энергией (гамильтонианом) H и потенциальной энергией U , после подстановки в (7) и простейших преобразований непосредственно приходим к основополагающему уравнению квантовой механики в виде:

$$\Delta \psi + (8\pi^2m_e/h)(H - U)\psi = 0. \quad (8)$$

Это и есть стационарное уравнение Шрёдингера. Как видим, оно нисколько не противоречит классической физике, как это и считал сам его автор [16].

В теории дифференциальных уравнений доказывается, что уравнения этого вида дают дискретные значения энергий лишь при отрицательных значениях «собственной» энергии электрона $H < 0$. Формально это возможно тогда, когда потенциальная энергии электрона U отрицательна и по абсолютной величине превышает кинетическую энергию ε^k . Поэтому в квантовой механике рассматривается только потенциальная энергия электрона в поле центральных сил $U = -e^2/r^2$. Иным будет результат, если мы учтем потенциальную энергию электрона в поле других, нецентральных сил, что делает полную энергию электрона положительной [17]. Следовательно, квантованию в принципе может подлежать лишь та часть энергии электрона, которая связана с действием центральных сил, т.е. с энергетическими уровнями орбит электрона, дискретность которых была ясна и до этого в силу самой специфики процесса. Иными словами, Энергодинамика, согласно которой разность $H - U$ всегда положительна, не дает никаких оснований квантовать «энергию вообще». Здесь уместен такой пример. Известно, что дождь выпадает на поверхность океана отдельными каплями. Но ведь никому не придет в голову считать на этом основании океан состоящим из капель!

Предложенный вывод уравнения (8) не опирался на какие-либо гипотезы или постулаты. Это выгодно отличает его от обоснования, данного самим Шредингером, которое всегда представлялось исследователям не вполне убедительным. В особенности это замечание касается физического смысла функции ψ . В её толковании среди наиболее крупных физиков-теоретиков до сих пор отсутствует единодушие. В большинстве своем они трактуют функцию ψ как величину, квадрат которой, будучи умноженным на элемент объема dV , характеризует вероятность $\psi^2 dV$ нахождения частицы в заданной области пространства. Это понятие предполагает индетерминизм даже на уровне элементарных процессов, т.е. утрату квантовой механикой способности предсказывать события (определять последующие значения параметров по предшествующим). Вместе с тем применение понятия вероятности к отдельному атому или отдельной молекуле в известный момент времени также довольно бессмысленно, так как последние обладают вполне определенным значением кинетической энергии, находятся в определенном месте и движутся в определенном направлении. В изложенном же порядке идей волновая функция приобретает простой и ясный смысл амплитуды колебаний параметров «орбиты» электрона как функции его

кинетической энергии. Так решается, пожалуй, самый принципиальный из физических вопросов, связанных с квантовой механикой. Более того, благодаря обнаруженной связи постоянной Планка h с параметрами орбиты p_e , L и z появляется возможность рассчитать их средние значения, что выходит за рамки возможностей квантовой механики [1]. Таким образом, получают естественное объяснение многие факты, требующие с позиций квантовой теории привлечения дополнительных гипотез.

Литература

1. Эткин В.А. Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). СПб, Наука, 2008, 409 с.
2. Пуанкаре А. // Избранные труды.— М.: «Наука», 1974.- С.429-433.
3. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика. Т.1. Механика. М.: Наука, 1973.
4. Фейнман Р. Нобелевская лекция. Пер. с англ. М.: Наука, 1976.
5. Планк М. Теория теплового излучения – Л.-М 1935.
6. Крауфорд Ф. Берклеевский курс физики. Т.3: Волны. М.: Мир, 1965, 529 с.
7. Эйнштейн А. О развитии наших взглядов на сущность и структуру излучения. – В кн.: Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. М.: Наука, 1966. Т.3. С. 181-195.
8. Умов А.И. Избранные сочинения. М. – Л., 1950. – С.203.
9. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – Москва: Наука, 1990, 288 с.
10. Де Бройль Л. Ann. De Phys, V.10, 1925, p.22.
11. Эткин В.А. Классическое обоснование закона излучения Планка /http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/. 05/01/2009.
12. Столетов А. Г. Введение в акустику и оптику.— М.: Москов. Ун-т, 1895. — 325 с.
13. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1984.
14. Эткин В.А. Классическая интерпретация фотоэффекта (<http://sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/5905.html>. - 26.08.2003).
15. Эткин В.А. Классическое объяснение спектральных серий (<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/6079.html>, 16.09.2003)
16. Шрёдингер Э. Ann. Phys., Bd.79, 1926, s.361, 489; Bd. 80, 1926, s.437; Bd. 81, 1926,s.109.
17. Эткин В.А. Термодинамический вывод уравнения Шредингера (http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/shtml).

Ч.2. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.

В статье рассматриваются перспективы, открывающиеся благодаря замене принципа неразличимости движения, лежащего в неявной форме в основе СТО и ОТО, на противоположный принцип различимости процессов.

Введение. В предыдущей части одноименной статьи мы показали, что в основе принципа относительности Пуанкаре – Лоренца – Эйнштейна лежит неразличимость некоторых проявлений окружающего нас мира. Высказанная ещё Галилеем в отношении неразличимости покоя и движения замкнутой механической системы, эта идея была возведена А. Пуанкаре, Х. Лоренцем и А.Эйнштейном в общенаучный гносеологический принцип, определивший направление и характер происшедшей в начале 20 столетия квантово-релятивистской революции в теоретической физике. Она привела к торжеству позитивизма, для которого характерно «отречение» от прошлого и от «здорового смысла», отрицание существования объективной истины и мировоззренческого характера науки, математический формализм и отказ от объяснительной функции науки, отсутствие концептуального соответствия между классическими, релятивистскими и квантовыми теориями.

Чтобы преодолеть эту негативную тенденцию, недостаточно вскрыть её «гносеологические корни» – необходимо предложить альтернативные пути, позволяющие не только сохранить все то ценное, что накопила экспериментальная физика в этот период, но и открыть резервы её дальнейшего развития. С этой целью в предыдущей статье был предложен подход, позволивший устранить излишний детерминизм квантовой механики в её копенгагенской интерпретации и получить важнейшие её следствия классическим путем на основе принципа различимости процессов, диаметрально противоположного по содержанию принципу относительности. Рассмотрим теперь те следствия этого принципа, которые непосредственно относятся к частной и общей теории относительности.

I. Неустраняемые противоречия в основаниях ТО.

Подойдем к релятивистской механике с позиций Энергодинамики, как единой теории процессов переноса и преобразования энергии, которая в отличие от классической механики не исключает из рассмотрения неконсервативные системы, принимает во внимание внутренние превращения в телах, движущихся с околосветовыми скоростями, и учитывает при этом протяженность материальных тел и дискретный характер ряда реальных процессов [1]. Такой подход сделает более прозрачными допущения, которые были положены в основу ТО, и более предметным их рассмотрение.

1.1. Недопустимость экстраполяции принципа относительности. Согласно «принципу относительности Галилея», положенному И. Ньютоном в основание 1-го начала своей механики, «никакими механическими опытами, производимыми внутри замкнутой механической системы, нельзя различить, покоится ли данное тело или движется равномерно и прямолинейно». А.Эйнштейн в 1905 году распространил его на все явления природы, приняв этот принцип за исходный постулат СТО. Вслед за этим он 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). Вскоре к нему присоединился *принцип неразличимости ускоренного и вращательного движений*. Так постепенно принцип неразличимости стал едва ли не «краеугольным камнем» при теоретическом построении всей физики.

Другой постулат А.Эйнштейна также исходил из невозможности отличить покой и движение источника света или наблюдателя в «пустом» пространстве по скорости света ввиду постоянства последней. Однако если перевести это утверждение на точный язык диалектической логики, то мы обнаружим, что физики, утверждая вслед за Эйнштейном относительность любого движения, фактически оперируют понятием абсолютной скорости, ибо её абсолютность означает именно независимость от системы отсчета. Такая «двойственность» в трактовке физической реальности не могла не привести к противоречиям. Одно из таких противоречий касается несовместимости принципа относительности с постулатом о существовании предельной скорости движения материальных тел в пространстве.

Покажем это на примере термодинамики, каковую сам А.Эйнштейн считал теорией, которую (в рамках применимости её понятий) никогда и никто не сможет опровергнуть. Рассмотрим сначала достаточно общий случай неподвижных многокомпонентных термомеханических систем, для которых объединенное уравнение 1-го и 2-го законов термодинамики записывается в виде соотношения Гиббса [2]:

$$dU = TdS - pdV + \sum_k \mu_k dN_k. \quad (1)$$

Здесь U , S , V , N_k – внутренняя энергия, энтропия, объем системы и число молей составляющих её независимых k -х веществ; T , p , μ_k – абсолютная температура, давление и химические потенциалы компонентов.

Применяя к (1) преобразования Лежандра $TdS = dTS - SdT$; $pdV = dpV - Vdp$; $\mu_k dN_k = d\mu_k N_k - N_k d\mu_k$, и принимая во внимание выражение свободной энергии Гиббса таких систем $G \equiv U - TS + pV = \sum_k \mu_k N_k$, вместо (1) имеем [3]:

$$d(U - TS + pV + \sum_k \mu_k N_k) = -SdT + Vdp - \sum_k N_k d\mu_k = 0. \quad (2)$$

Левая часть этого выражения определяет внутреннюю энергию системы U как сумму «парциальных» (частичных) энергий $K+2$ независимых степеней свободы таких систем («связанной» энергии Гельмгольца TS , энергии упругой деформации $-pV$ и химической энергии компонентов $\sum_k \mu_k N_k$), а его правая часть представляет собой так называемое «соотношение Гиббса–Дюгема». Обе эти части связывают между собой элементарные взаимопревращения различных составляющих внутренней энергии U системы, которые сопровождают её внешний теплообмен dQ , работу её расширения dW_p и массообмен dU_k (диффузию k -х веществ через границы системы). Согласно соотношению Гиббса–Дюгема, увеличение любой из этих составляющих ведет к убыли других при сохранении неизменной их суммы в силу закона сохранения энергии при её внутренних превращениях.

Перейдем теперь к еще более общему случаю движущихся систем и покажем, что такие взаимопревращения характерны и для составляющих внешней энергии системы. Выражая с этой

целью работу ускорения тела и его перемещения в гравитационном и электрическом поле с потенциалами ψ и ϕ подобным (1) образом через изменение соответствующей координаты – импульса $\mathbf{P}_k = M_k \mathbf{v}_k$, массы M_k и заряда Z_k , для полной энергии системы E , вместо (1) можем написать:

$$dE = dU + \sum_k \mathbf{v}_k \cdot d\mathbf{P}_k + \sum_k \psi dM_k + \sum_k \phi dZ_k. \quad (3)$$

Применяя к этим дополнительным членам те же преобразования Лежандра типа $\mathbf{P}_k \cdot d\mathbf{v}_k = d\mathbf{P}_k \cdot \mathbf{v}_k - \mathbf{v}_k \cdot d\mathbf{P}_k$, найдем, что полную энергию системы E также можно представить в виде сумм парциальных энергий E_i всех её n степеней свободы, выразив каждую из них в виде произведения обобщенного потенциала $\psi_i \equiv T, -p, \mu_k, \mathbf{v}_k, \psi, \phi$ и т.д. на обобщенную координату $\Theta_i \equiv S, V, N_k, \mathbf{P}_k, M_k, Z_k$ как количественную меру носителя энергии i -го рода:

$$E = TS - pV + \sum_k \mu_k N_k + \sum_k \mathbf{v}_k \cdot \mathbf{P}_k + \sum_k \psi M_k + \sum_k \phi Z_k = \sum_i \psi_i \Theta_i. \quad (4)$$

В таком случае обобщенное соотношение Гиббса–Дюгема примет вид:

$$SdT - Vdp + \sum_k N_k d\mu_k + \sum_k \mathbf{P}_k \cdot d\mathbf{v}_k + \sum_k Z_k d\phi_k + \sum_k M_k d\psi_k = 0. \quad (5)$$

Согласно этому выражению, внутренние превращения энергии изолированной системы или какой-либо её макроскопической части связаны между собой таким образом, что увеличение одного из слагаемых, например, кинетической энергии относительного движения k -х веществ $\sum_k \mathbf{P}_k \cdot \mathbf{v}_k$ (называемой иногда кинетической энергией диффузии) сопровождается уменьшением других составляющих её энергии. Характерно при этом, что эта кинетическая энергия вдвое больше работы ускорения, что свидетельствует о том, что она пополняется не только путем переноса импульса \mathbf{P}_k через границы системы, но и за счет внутренних превращений других составляющих энергии.

Если теперь в соответствии с современной трактовкой ТО считать полную энергию системы E эквивалентной её массе покоя M в соответствии с известным соотношением $E = Mc^2$ [3], то согласно (5) при $|\mathbf{v}| = v_k = c$ она станет равной $E = \sum_k \mathbf{P}_k \cdot \mathbf{v}_k = Mc^2$. Это равносильно утверждению, что при достижении предельной (световой) скорости все другие составляющие внутренней и внешней энергии системы «вырождаются», превращаясь в энергию упорядоченного движения. При этом изменяются не только свойства системы, но и само число степеней её свободы. Столь кардинальное изменение состояния системы не могло бы оставаться незамеченным, как это постулирует принцип относительности. Следовательно, принцип относительности Пуанкаре–Лоренца–Эйнштейна не может быть экстраполирован на системы, параметры которых изменяются вместе со скоростью.

1.2. Неприменимость релятивистских преобразований к абсолютным величинам.

Одним из следствий принципа относительности Пуанкаре–Лоренца–Эйнштейна является требование записи физических законов в форме, инвариантной по отношению к преобразованиям Лоренца (т.е. неотличимой по отношению к любой ИСО). Первым, кто предложил такие преобразования для термодинамических величин, был М.Планк [5]. Он оставил энтропию системы S лоренц-инвариантной, в то время как температура T и внутренняя энергия U предполагались у него убывающими по мере приближения к предельной скорости, т.е. обратно пропорциональными множителю Лоренца $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$. Найденные М.Планком аналогичные преобразования для теплоты Q и работы W более полувека ни у кого (в том числе у А.Эйнштейна) не вызывали возражений, хотя, казалось бы, «вырождение» теплового движения должно было приводить к уменьшению не только температуры T , но и энтропии S [5]. Лишь в 1963 году Х. Отт обнаружил абсурдность его результата с точки зрения термодинамики [6]. После того, как к такому же выводу независимо от Х. Отта пришел Х. Арзельс (1966) [7], разразилась буря, породившая лавину публикаций и послужившая предметом 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».

Истинной причиной обнаруженной невозможности найти компромисс в релятивистских преобразованиях термодинамических параметров явилась неприменимость принципа относительности к абсолютным величинам [1]. Известно, что термодинамика явилась первой дисциплиной,

потребовавшей введения абсолютных (т.е. не зависящих от СО) шкал для температуры, давления, энтропии и других внутренних параметров системы. Это требование вытекало из условий теплового, механического, материального и т.п. равновесия, согласно которым равенство потенциалов в системах, находящихся в равновесии, не должно зависеть от СО, «термометрического» вещества, состава системы и соблюдаться до тех пор, пока существует энергообмен между ними. Это означало, что указанные выше интенсивные параметры системы должны измеряться в единой для всех веществ системе отсчета (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. В отношении энтропии S доказательство единства начала её отсчета для любого вещества и обращения её в нуль при $T = 0$ потребовало, как известно, введения 3-го начала термодинамики. Для других экстенсивных параметров Θ_i справедливость этого положения вытекает из соотношения Гиббса–Дюгема (2), согласно которому его слагаемые взаимно компенсируются лишь при соответствующем значении параметров S, V, N_k . Можно только сожалеть, что понимание этого обстоятельства не стало достоянием других дисциплин.

Требование измерения внутренней энергии U в абсолютной СО, не зависящей от состояния тел отсчета, вытекает из самого определения внутренней энергии U в термодинамике, как той части полной энергии системы E , которая не зависит от движения или положения системы как целого относительно окружающей среды и целиком определяется внутренним движением частиц, образующих систему [2]. Действительно, если бы внутренняя энергия $U = U(\Theta_i)$ или любые её аргументы $\Theta_i \equiv S, V, N_k$ зависели от состояния тел отсчета, она бы могла изменяться не только вследствие энергообмена системы с окружающей средой, но и при изменении состояния этих тел отсчета в нарушение закона сохранения энергии. С этих позиций даже предположение о зависимости внутренней энергии от скорости выглядит как вопиющее нарушение методологических принципов термодинамики.

Указанного противоречия можно избежать, если признать, что в соответствии с соотношением (5) выражение $E = Mc^2$ определяет только предел, которого достигает кинетическая энергия при $v_k = c$, т.е. исключить эйнштейновскую экстраполяцию на все формы движения соотношения между массой и энергией, найденного в работах Н.Умова, Дж. Томсона; О.Хевисайда; А.Пуанкаре; Ф. Газенорля, Г.Льюиса и др. применительно к процессу излучения [8].

1.3. Отсутствие зависимости массы от скорости. Хотя с начала квантово-релятивистской революции прошло более 100 лет, до сих пор не утихают дискуссии о том, зависит ли масса тел от их скорости, отражает ли она запас энергии в них, аддитивна ли масса при объединении тел в систему и сохраняется ли она в изолированных системах масштаба Вселенной при аннигиляции в ней материальных частиц. Классическая физика, квантовая механика (КМ) и теория относительности (ТО) по-разному отвечают на эти вопросы, причем их выводы не отвечают принципу соответствия, т.е. не согласуются друг с другом при изменении масштаба системы или скорости движения. Классическая механика, как известно, отрицала изменение массы со скоростью, считая её величиной аддитивной и сохраняющейся в изолированных системах при любых превращениях энергии в них. Сам И.Ньютон считал, что «количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее» [9]. Такое понимание массы перешло и в термодинамику, в которой масса M служила единым коэффициентом пропорциональности для всех экстенсивных координат состояния Θ_i . Такое её понимание закрепилось в дальнейшем при обобщении классической термодинамики на открытые системы, для которых масса M стала одним из независимых параметров состояния и приобрела смысл координаты процесса массообмена, т.е. параметра состояния, с необходимостью изменяющегося при переносе вещества через границы системы.

Следует заметить, что зависимость массы от скорости вовсе не следовала из упомянутых выше работ Н.Умова, Дж. Томсона; О.Хевисайда; А.Пуанкаре; Ф. Газенорля, Г.Льюиса и др., которые утверждали лишь пропорциональность энергии квадрату скорости света. Это подтверждается наличием в соотношении $E = RMc^2$ помимо массы некоторого коэффициента пропорциональности R , колеблющегося у разных авторов от 0,5 до 1,5 [8]. Необходимость в этом коэффициенте следует также из термодинамики необратимых процессов (ТНП), в которой показывается, что для любых процессов переноса (включая явления теплопроводности, электропроводности, диффузии, фильтрации, вязкого трения и т.п.), справедливы кинетические законы вида [9]:

$$\mathbf{F}_i = \sum_j R_{ij} \mathbf{J}_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

где \mathbf{J}_j – обобщенные скорости процессов переноса энтропии, заряда, k -х веществ, импульса и т.п., именуемые в случае векторных процессов потоками; R_{ij} – коэффициенты пропорциональности, характеризующие сопротивление системы i -й силе \mathbf{F}_i со стороны j -го потока \mathbf{J}_j и называемые «феноменологическими» (т.е. подлежащими экспериментальному определению).

Согласно закону Ньютона обобщенная скорость процесса ускорения \mathbf{J}_a выражается производной по времени t от импульса системы $d\mathbf{P}/dt = M\mathbf{a}$, так что уравнение (6) в простейшем случае действия единственной силы \mathbf{F}_a принимает вид :

$$\mathbf{F}_a = R_a d\mathbf{P}/dt, \quad (7)$$

где коэффициент R_a , характеризует «инерционность» системы по отношению к ускоряющей силе \mathbf{F}_a . Сопоставляя это выражение со 2-м законом Ньютона $\mathbf{F} = d\mathbf{P}/dt$, находим, что в нем коэффициент R_a равен единице, поскольку сила инерции \mathbf{F} отражает реакцию тела на его ускорение. Иное дело, если в соответствии с ТНП под \mathbf{F}_a понимается активная (движущая) сила процесса, учитывающая наряду с инерцией побочные (в том числе диссипативные) эффекты. В этом случае коэффициент R_a непостоянен и возрастает с увеличением импульса \mathbf{P} , что ошибочно приписывается в СТО массе M .

Таким образом, идея релятивистского преобразования массы возникла только в рамках ТО. Она казалась вполне логичной с точки зрения механики, определявшей кинетическую энергию тела $E^k = M\mathbf{v}^2/2$ только по величине работы ускорения, т.е. без учета упомянутых выше внутренних превращений энергии в ускоряемых телах. В таком случае лишь релятивистское увеличение массы могло оправдать выражение полной энергии тела в виде $E = Mc^2$. Однако с позиций энергодинамики необходимость в этом отпадает, так как кинетическая энергия становится в пределе равной Mc^2 и без этого.

Более того, несложно убедиться в несовместимости релятивистского роста массы с законом её сохранения в изолированной системе. Чтобы показать это, рассмотрим в целом неподвижную систему с массой $M = \text{const}$. Пусть в такой системе две равные её части с массами покоя M_1 и M_2 пришли в относительное движение со скоростью v относительно центра массы системы. Если в соответствии с СТО их релятивистская масса стала бы равной $M_p = M_1\gamma = M_2\gamma$, это было бы совместимо с законом сохранения массы

$$M_1\gamma + M_2\gamma = M \quad (8)$$

только при $\gamma = 1$, т.е. в отсутствие относительного движения ($v/c = 0$). К сожалению, специалисты в этой области СТО как бы не замечают этого противоречия. Напротив, они утверждают, что зависимость массы от скорости является твердо установленным фактом, подтвержденным, в частности, в экспериментах Кауфмана. При этом ускользает от внимания, что в этих экспериментах не ньютоновская сила инерции $\mathbf{F} = M\mathbf{a}$, а движущая сила \mathbf{F}_a , исходящая от электрического \mathbf{E} и магнитного \mathbf{H} поля, фигурирующая в законах (6). В таком случае ускорение \mathbf{a} зависело не только от массы M , но и от соотношения сил \mathbf{F}^e к \mathbf{F} . Это соотношение зависит от кпд $\eta_0 = N''/N'$ экспериментальной установки, которая осуществляла преобразование «первичной» энергии электрического поля в кинетическую энергию ускоряемых частиц. Этот кпд для любых преобразователей энергии (в том числе и для ускорителей) уменьшается до нуля по мере приближения установок к режиму «короткого замыкания», при котором дальнейшее увеличение подводимой мощности N' не приводит к возрастанию выходной мощности установки N'' [1]. Для ускорителей такой режим наступает с приближением скорости частиц v к предельной c . Поэтому фактически в упомянутых экспериментах определялось отношение

$$\mathbf{F}^e/\mathbf{a} = Mf(\eta_0), \quad (9)$$

где $f(\eta_0)$ – некоторая функция кпд установки, зависящая от отношения v/c . Естественно, что эта функция убывала по мере увеличения скорости частиц, вследствие чего для ускорения частиц требовалась всё большая сила. Именно это и наблюдается в циклотронах при ускорении элементарных частиц. Этот эффект, ошибочно трактуемый как следствие возрастания их массы, известен также из теории так называемого «запаздывающего потенциала» [11,12].

1.4. Ошибочность постулата об эквивалентности массы и энергии. Еще более серьезное противоречие обнаруживается при анализе с позиций Энергодинамики принципа эквива-

лентности энергии и массы, который А.Эйнштейн впоследствии называл «самой удачной мыслью моей жизни». 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, Ф.Газенорль и др.), на все формы энергии и явления природы. Известно, что многочисленные попытки самого А.Эйнштейна доказать это оказались недостаточно строгими. Тем не менее многие выдающиеся физики прошлого столетия, такие, как М.Борн (1962), В.Паули (1921), Р.Толмен (1934), Р.Фейнман (1965), В.А.Фок (1955), Дж. Уиллер (1966) и др., не говоря уже об авторах многочисленных учебников, учебных пособий и популярных книг на эту тему, придерживаются мнения, что масса эквивалентна полной энергии тела $E = M_0 c^2$. В системе единиц, где $c^2 = 1$, такая масса и энергия численно равны, что и дало основание утверждать их эквивалентность. Это представление вошло в науку настолько прочно, что стало символом теории относительности и критерием её «практической значимости». Лишь теперь с признанием недопустимости релятивистских преобразований внутренних параметров становится окончательно ясно, что масса не может быть мерилем даже энергии покоя E_0 [12].

Чтобы ещё раз показать это, сопоставим вытекающее из (4) при $\sum_k \mathbf{p}_k \cdot \mathbf{v}_k = 0$ выражение энергии покоя тела E_0

$$E_0 = TS - pV + \sum_k \mu_k N_k + \sum_k \mathcal{Z}_k \Phi_k + \sum_k M_k \Psi_k \quad (10)$$

с её определением в ТО [4] $E_0 = Mc^2$. Из этого сопоставления немедленно следует, что принцип эквивалентности равносителен утверждению, что удельная энергия покоящегося тела E_0/M всегда равна c^2 и остается неизменной в любых процессах внешнего энергообмена (теплообмена, массообмена, объемной деформации и т.п.). Противоречие этого следствия закону сохранения энергии и его абсурдность очевидны.

Таким образом, вслед за упомянутыми исследователями мы приходим к пониманию того, что связь между энергией и массой является отражением закона сохранения энергии в процессе превращения колебательного движения частиц тела с массой M в энергию излучения, распространяющегося со скоростью c . С особенной наглядностью это следует из термодинамического вывода закона излучения Планка [13].

1.5. Подмена физики геометрией. К началу XX столетия геометрия превратилась в весьма расчлененную науку, многие разделы которой настолько далеко отошли друг от друга, что казались совершенно несвязанными. Наряду со старой, известной с древних времен евклидовой геометрией в математике появились неевклидова, проективная, аффинная, конформная, дифференциальная и другие геометрии. Поэтому созданная Ф. Клейном теория групп, восстанавливающая утраченное единство геометрии, была воспринята многими, в том числе А.Пуанкаре и его последователями, не только как формально-теоретическое объединение физики с геометрией, но и как принципиально новое понимание закономерностей реального мира. Именно в этом аспекте следует рассматривать и общую теорию относительности А.Эйнштейна (ОТО), которую следовало бы назвать скорее геометризованной теорией гравитации, поскольку она сводит гравитацию к искривлению пространства-времени.

Между тем геометризация физики идет вразрез с многовековым опытом развития «единого древа науки» для которого характерно «ветвление» по мере углубления наших знаний. В этом сравнении геометрия предстает как одна из её «ветвей», и сведение гравитации к геометрии выглядит как «движение вспять». Более того, обособление гравитации как проявления искривления пространства означало противопоставление её другим формам силового взаимодействия, что отнюдь не способствовало созданию единой теории поля, которой А.Эйнштейн посвятил 30 лет своей жизни.

Расхождение ОТО с принципом различимости очевидно. Геометрия Евклида позволяла отличить прямую линию от искривленного пути. Её теоремы говорили о том, что происходит с абстрактными треугольниками, окружностями и линиями, изменяющими положение в одном и том же «пустом» пространстве. ОТО же, напротив, рассматривает вопрос о том, как изменяется само это пространство. Из того обстоятельства, что два световых луча, проходящие по обе стороны от звезды, отклоняются по направлению друг к другу, делается вывод не о том, что эти лучи утрачивают параллельность со всеми вытекающими из геометрии Евклида последствиями, а напротив, что геометрия Евклида не пригодна для реального мира! Далее, принципы механики позволяют легко отличить равномерное движение от ускоренного. ОТО же требует поиска СО, делающей их неразличимыми. Несложно также отличить частицу, движущуюся с постоянной скоростью, от частицы, на которую не действует компенсирующая ускорение гравитационная сила.

ОТО же делает вывод о том, что геометрия пространства-времени и есть гравитационное поле! Астрофизики без труда определяют, вращается ли Земля вокруг Солнца, или Солнце вокруг Земли. ОТО же утверждает их эквивалентность. С классических позиций сила гравитации в любой точке пространства исходит от некоторой заполняющей её материальной среды (как бы мы её ни называли - эфиром, полем или физическим вакуумом), которая находится в напряженном состоянии. В ОТО же эта сила объясняется искривлением пространства, как будто оно материально! Любая теория в классическом её понимании призвана выявить сущность и специфику объекта исследования. ОТО же не сделала ни одного шага в этом направлении!

Вызывает возражение и само понятие «искривленного пространства». Известно, что прямая линия в одномерном пространстве ($n = 1$), может быть искривлена как минимум в плоскости ($n = 2$) и восприниматься как часть этой плоскости. Двумерное пространство (плоскость) может быть искривлено в трехмерном пространстве ($n = 3$), сечением которого эта плоскость является. Соответственно, для искривления 3-мерного пространства необходимо, чтобы оно было сечением как минимум 4-мерного пространства. Между тем в ОТО не введено не только понятие пространства мерности более 3, но и пространства вообще. Характерно, что сам А. Эйнштейн в статье «О специальной и общей теории относительности» отмечал, что «под словом «пространство» мы, если честно сознаться, ничего себе не представляем». Поэтому само словосочетание «искривленное пространство» лишено какого бы то ни было смысла.

Справедливости ради следует заметить, что идея объединения времени и пространства в единое четырехмерное пространство-время не следовала непосредственно из работ А. Пуанкаре, Г. Лоренца и А. Эйнштейна. В статьях А. Эйнштейна по СТО 1905-1907 г.г. [1] вообще не содержалось никакого намека на такое "объединение". Оно целиком принадлежит Р. Минковскому (1908), который разработал и соответствующую ей геометрию, названную впоследствии «псевдоэвклидовой».

Если у Пуанкаре, рассматривающего время как равноправную четвертую координату, лишь формулируется понятие группы Лоренца [16], то Минковский трактует эту «четырёхмерность» уже как проявление реальности физического мира. Именно на основании такого толкования были получены различные его «следствия» типа того, что время может превращаться в пространство и наоборот. Никогда эти следствия не наблюдались в эксперименте. Более того, до сих пор не существует ни одного эксперимента, в котором измерялось бы именно пространство-время, а не то и другое по отдельности. Однако в период крушения всех привычных представлений и понятий эта концепция очень хорошо вписывалась в рамки позитивистского толкования квантовой теории и потому стала восприниматься как прогрессивная. Именно поэтому она была взята на вооружение позитивистами и с успехом используется ими по сей день.

Понимая это, мы считаем целесообразным изменить направление поиска и положить в его основу диаметрально противоположный принцип *различимости* реальных процессов. Ниже мы покажем, к каким результатам это приводит.

II. Теория абсолютности как альтернатива ТО

Как следует из вышеизложенного, эвристическая ценность концепции неразличимости, лежащей в основе принципа относительности Пуанкаре–Лоренца–Эйнштейна и вытекающего из него требования инвариантности физических законов, весьма сомнительна. Прежде всего, она ведет к необходимости пересмотра классических представлений о пространстве и времени, в течение многих столетий без всякой корректировки служивших путеводной звездой не одному десятку поколений исследователей. Во-вторых, эта концепция отвлекает интеллектуальные усилия исследователей на отыскание не существующих в природе ИСО¹⁾ и к тому же вынуждает изобретать для каждого нетривиального случая специфическую неинерциальную систему типа свободно падающего лифта Эйнштейна. Именно она вынуждает физиков – теоретиков искать в дебрях математики различного рода симметрии и «суперсимметрии», позволяющие сделать уравнения физических законов инвариантными относительно ряда абстрактных преобразований.

Не отвергая усилий в этом направлении, приведших к разработке десятков теорий и к публикации тысяч статей, поставим задачу получения важных для практической инженерной деятельности результатов из уже известных законов классической физики.

2.1. Нахождение предпочтительных систем отсчета. Недопустимость какого-либо произвола в выборе СО потенциалов ψ ; типа абсолютной температуры T и давления p , а также ко-

¹⁾ Поскольку никогда нет гарантии прямолинейности и равномерности движения наблюдателя по отношению к Вселенной в целом.

ординат Θ_i типа энтропии S была доказана ещё в классической термодинамике. Энергодинамика лишь распространила это требование на любые переменные, являющиеся аргументами внутренней (собственной) энергии изолированной системы или любой её макроскопической части. Согласно ей, во избежание нарушения закона сохранения энергии *система отсчета любого параметра состояния исследуемой системы должна оставаться неизменной при любых протекающих в ней процессах*. С этих позиций понятие ИСО выглядит недопустимой абстракцией, поскольку состояние системы не может оставаться неизменным при её перемещении в гравитационных, нейтринных, «тонких» и т.п. полях, способы изоляции от действия которых неизвестны.

Выше мы показали недопустимость релятивистских преобразований внутренних параметров движущихся систем. Уже одно это свидетельствует об ограниченности принципа относительности и вытекающего из него требования инвариантности физических законов Пуанкаре–Лоренца–Эйнштейна. Эта ограниченность становится еще более очевидной, если учесть преобладание в технических устройствах и во Вселенной в целом вращательного движения, на которое принцип относительности не распространяется для (Л. Ландау, Е. Лившиц, 1973).

Эвристическая ценность принципа относительности становится еще более сомнительной, если понимать энергию как общую меру всех форм движения материи. В таком случае любой независимый энергетический процесс предстает как движение материи в соответствующем пространстве переменных, так что требование инвариантности его описания означает необходимость поиска преобразований, делающих его неотличимым. О том, насколько это осложняет исследование, свидетельствует состояние современной теоретической физики.

Стремление преодолеть эти трудности хотя бы в практической деятельности диктует целесообразность рассмотрения в качестве объекта исследования всей совокупности взаимодействующих (взаимно движущихся) тел или частиц тела. Такие системы замкнуты, изолированы, закрыты и в целом неподвижны, так что вся их энергия является внутренней. Необходимость применения к таким системам как целому каких-либо релятивистских преобразований при этом не возникает. Справедливость для таких систем законов сохранения энергии, массы, заряда, импульса и его момента не вызывает сомнений, поскольку эти законы были сформулированы именно применительно к таким системам. Немаловажно и то, что для таких систем внешние процессы переноса тепла, вещества, заряда, импульса и т.п. через границы системы сменяются внутренними процессами перераспределения по объему системы экстенсивных координат состояния Θ_i , скорость которых, как показано выше, не влияет на массу системы.

В этих условиях проблема отыскания ИСО и инвариантной формы физических законов сменяется практической задачей выбора *предпочтительных систем отсчета*, в которой исследуемое явление описывается наиболее просто и понятно. Здесь-то и необходима аксиома (принцип) различимости процессов, согласно которой *существуют и могут быть выделены (с помощью всего арсенала экспериментальных средств) независимые процессы, отличающиеся не только причинами, их порождающими или специфическими условиями их протекания, но и особыми, качественно отличимыми и несводимыми к другим изменениями состояния исследуемых систем*. С этих позиций преимущественной является та система отсчета, которая позволила выделить данный процесс среди ему подобных. Метод нахождения таких СО и предлагает Энергодинамика, основываясь на этой аксиоме. Следуя ей, можно установить число независимых процессов, протекающих в данной системе, а тем самым – необходимое и достаточное число координат состояния, однозначно определяющих её состояние и энергию.

В изолированных системах какие-либо внутренние процессы могут происходить только в отсутствие в них равновесия. Это обуславливает протекание в них дополнительных скалярных и векторных релаксационных процессов. Их наличие диктует необходимость дополнить описание таких систем специфическими параметрами пространственной неоднородности – моментами распределения $\mathbf{Z}_i = \Theta_i \Delta \mathbf{R}_i$ её «термостатических» переменных Θ_i ($M_k, N_k, Z_k, S_k, \mathbf{P}_k$ и т.д.) по объему системы. Эти параметры \mathbf{Z}_i характеризуют отклонение системы от равновесного (однородного) состояния, что выражается в смещении радиус-вектора \mathbf{R}_i центра величины Θ_i от исходного \mathbf{R}_{i0} . В таком случае энергия системы становится функцией не только известных «термостатических параметров» Θ_i , но и пространственных координат \mathbf{R}_i , так что полный дифференциал этой функции $E = E(\Theta_i, \mathbf{R}_i)$ принимает вид:

$$dE = \sum_i \psi_i d\Theta_i - \sum_i \mathbf{F}_i \cdot d\mathbf{R}_i. \quad (11)$$

где $\psi_i \equiv (\partial E / \partial \Theta_i)$ – обобщенные потенциалы (от латинского *potentia* – сила); $\mathbf{F}_i \equiv -(\partial E / \partial \mathbf{R}_i)$ – силы в их обычном (ньютоновском) понимании.

Введение в термодинамику изначально чуждых ей ньютоновских сил \mathbf{F}_i делает естественным последующее введение в нее времени t , скорости $\mathbf{v}_i = d\mathbf{R}_i/dt$ и производительности $N_i = \mathbf{F}_i \cdot \mathbf{v}_i$ реальных процессов. Поскольку же положение центра \mathbf{R}_{i0} какой-либо термостатической величины Θ_i при её равномерном распределении (в равновесии) не может быть изменено никоим образом в

силу известного термодинамического принципа самоненарушимости равновесия, условие $\mathbf{R}_{i0} = 0$ может быть принято за абсолютное начало отсчета любого из параметров \mathbf{Z}_i . Это относится и к скорости относительного движения макроскопических частей рассматриваемой системы, для которой абсолютная СО совпадает с центром её инерции, массы или просто объема. Последнее освобождает от необходимости доказательства существования эфира как некоей субстанции, служащей «телом отсчета» при описании относительного движения любой части рассматриваемой системы.

Существование такой (абсолютной) СО делает предельно ясным, что отличить состояние покоя от равномерного прямолинейного движения ($d\mathbf{v}/dt = 0$) можно, выйдя за пределы движущегося тела. В давние времена для этой цели моряки бросали за корму плавающий предмет, к которому была привязана веревка – линь, и измеряли скорость движения судна относительно воды, отсчитывая узлы на разматывающемся лине. Теперь эту роль может выполнять любая неподвижная точка пространства. Точно так же становится ясно, что для различения состояний равномерного и равноускоренного движения тела в пустоте достаточно того, что в первом случае $\mathbf{F} \equiv -M(\partial E/\partial \mathbf{P}) = 0$. Чтобы обнаружить вращение Земли вокруг своей оси, достаточно маятника Фуко или измерения центробежной силы. Отличить электрические эффекты от магнитных при относительном движении постоянного магнита и контура с током в задаче, рассмотренной Р.Фейнманом [17], можно, выяснив, что именно изменяет в данном случае свое положение – магнит или электрический заряд в источнике тока. Чтобы отличить, падает ли камень на Землю или Земля на камень, достаточно выяснить, чему пропорционален его энергетический эффект их соударения $\mathbf{v} \cdot d\mathbf{P}$: массе камня или массе Земли. Чтобы отличить, вращается ли Солнце (звезды) вокруг Земли или Земля вокруг Солнца, достаточно сравнить угловую скорость их вращения относительно общего центра инерции. Таким образом, сам факт *относительности* движения отнюдь не означает *неразличимости его направления или неотличимости от состояния покоя*. На этом основании Энергодинамику можно рассматривать как своего рода «теорию абсолютности».

2.2. Единый метод нахождения явно различимых сил как альтернатива «Великому объединению».

Идея великого объединения, которой придерживаются многие физики, исходит из той же идеи неразличимости и предполагает, что все четыре известных фундаментальных взаимодействия – сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное – есть проявления одного, более общего, взаимодействия. Поскольку с классических позиций все взаимодействия исходят от полей, проблема поиска такого взаимодействия сводилась к разработке единой теории поля. Этой проблеме А.Эйнштейн посвятил последние 30 лет своей жизни. Однако некоторого прогресса в этом направлении удалось достичь совершенно в ином направлении в квантовой теории элементарных частиц и сил, известной как «Стандартная Модель». Эта теория достигла формального сближения электромагнетизма со слабыми взаимодействиями. Она наметила также сходное описание сильного взаимодействия. Однако до создания единой теории поля еще очень далеко, поскольку это требует включения в единую схему гравитации, для которой не известны не только частицы, ответственные за данное взаимодействие, но и принципы, которые могли бы лежать в основе объединения квантовой теории поля с общей теорией относительности. Все попытки в этом направлении, включая теории струн, суперсимметрии, высших размерностей, петель и т.п., не дали желаемых результатов.

В этих условиях альтернативой поиску единой теории поля может стать предлагаемый Энергодинамикой *единый метод нахождения явно различимых сил* [2]. Этот метод основан на определении любых сил \mathbf{F}_i (внешних и внутренних, полезных и диссипативных, далекодействующих и короткодействующих, механических и немеханических) из выражения (11) как производных от энергии системы E по соответствующей независимой координате \mathbf{R}_i . С потенциалами ψ_i эти силы связывает понятие термодинамической силы $\mathbf{X}_i \equiv -(\partial E/\partial \mathbf{Z}_i) = \mathbf{F}_i/\Theta_i = -\nabla\psi_i$, которая также выражается единым образом через их отрицательные градиенты. Это не только существенно облегчает описание и изучение разнообразных реальных процессов, но и позволяет предсказать характер силы для вновь открываемых явлений.

В качестве иллюстрации этого в таблице 1 приведены 24 аналитических выражения сил, порождающих механические, термические, химические, диффузионные, электрические, магнитные, оптические и т.п. процессы [18].

Таблица 1

Аналитические выражения движущих сил разнородных процессов

Сила (явление)

Аналитич. выражение

Примечание

Тяготение	$\mathbf{X}_g = -\nabla\psi = \mathbf{g}; \mathbf{F}_g = M\mathbf{X}_g$	M – масса; ψ – гравитац. потенциал
Инерция	$\mathbf{X}_и = -\nabla v; \mathbf{F}_и = Ma P \mathbf{X}_и$	$v = v $ – скор.; $P = P_w $ – модуль имп.
Поступат. ускорение	$\mathbf{X}_w = -(\nabla v)^s; \mathbf{F}_w = P \mathbf{X}_и$	$(\nabla v)^s$ – симметрич. часть Gradv
Вращат. ускорение	$\mathbf{X}_ц = -(\nabla v)^a; \mathbf{F}_ц = M \mathbf{X}_ц$	$(\nabla v)^a$ – антисим. часть тензора Gradv
Электропроводность	$\mathbf{X}_e = -\nabla\phi = \mathbf{E}; \mathbf{F}_e = 3\mathbf{X}_e$	$\phi, 3$ – электр. потенциал и заряд
Теплопроводность	$\mathbf{X}_q = -\nabla T; \mathbf{F}_q = S\mathbf{X}_q$	\mathbf{X}_q – термодвиж. сила; S – энтропия
Массообмен	$\mathbf{X}_m = -\nabla u; \mathbf{F}_m = S\mathbf{X}_m$	u – удельн. внутренняя энергия
Диффузия	$\mathbf{X}_д = -\nabla\zeta_k; \mathbf{F}_д = M_k \mathbf{X}_д$	ζ_k – диффуз. п-л; M_k – масса k -го в-ва
Осмоз	$\mathbf{X}_{oc} = -\nabla\zeta_k; \mathbf{F}_{oc} = M_k \mathbf{X}_{oc}$	ζ_k – осмотический потенциал
Фильтрация	$\mathbf{X}_ф = -\nabla h_k; \mathbf{F}_ф = M_k \mathbf{X}_ф$	h_k – энтальпия фильтрующегося в-ва.
Движение вязк. сред	$\mathbf{X}_p = -\nabla p; \mathbf{F}_p = V \mathbf{X}_p$	V – перен. объем; p – абс. давление
Термоэлектричество	$\mathbf{X}_{eq} = -s_e^* \nabla T; \mathbf{F}_{eq} = 3 \mathbf{X}_{eq}$	s_e^* – энтропия переноса электронов
Термодиффузия	$\mathbf{X}_{кт} = -s_k^* \nabla T; \mathbf{F}_{кт} = M_k \mathbf{X}_{кт}$	s_k^* – энтропия переноса k -го вещества
Бародиффузия	$\mathbf{X}_{kp} = -v_k^* \nabla p; \mathbf{F}_{kp} = M_k \mathbf{X}_{kp}$	v_k^* – объемн. эфф. переноса k -го в-ва
Химические реакции в потоке	$\mathbf{X}_r = -\nabla\psi_r; \mathbf{F}_r = M_r \mathbf{X}_r$	A_r, ξ_r – сродство и степень полноты r -й р-ции; M_r – масса её реагентов
	$\psi_r = A_r(1 - \xi_r)$	
Магнетизм	$\mathbf{X}_M = \nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B}; \mathbf{F}_M = \mathbf{B}V$	\mathbf{A} – вект. пот.-л; \mathbf{B} – магн. индукц.
Электромагнетизм	$\mathbf{X}_л = \mathbf{v} \times \mathbf{B}; \mathbf{F}_л = J_e \mathbf{X}_л$	$\mathbf{F}_л$ – сила Лоренца; J_e – эл. ток
Поляризация	$\mathbf{X}_п = -\epsilon_n \nabla\phi = \mathbf{P}_п; \mathbf{F}_M = V\mathbf{P}_п$	$\mathbf{P}_п$ – вектор поляр.; ϵ_n – прониц. диэл.
Намагничивание	$\mathbf{X}_M = -\mu_M \mathbf{H} = \mathbf{M}_M; \mathbf{F}_M = VM$	\mathbf{M} – вектор намагн.; μ_M – маг. прониц.
Электрохимия	$\mathbf{X}_{ek} = -\nabla\mu_{ek}; \mathbf{F}_{kq} = N_k \mathbf{X}_{ek}$	$\mu_{ek} = \mu_k + e_k\phi$ – электрохимич. п.-л
Электроосмос	$\mathbf{X}_{ke} = -e_k \nabla\phi; \mathbf{F}_{ke} = N_k \mathbf{X}_{ke}$	e_{kp} – поляризац. заряд моля k -го в-ва
Электрофорез	$\mathbf{X}_{kf} = -z_k \nabla\phi; \mathbf{F}_{kf} = M_k \mathbf{X}_{kf}$	z_k – удельн. поляриз. заряд k -го в-ва
Сдвиговая вязкость	$\mathbf{X}_c = -\mu_c (\nabla v)^s; \mathbf{F}_c = f \mathbf{X}_c$	μ_c – к-т сдвиг. вязкости; f – пов.-ть
Турбулентная вязк.	$\mathbf{X}_T = -\mu_T (\nabla v)^a; \mathbf{F}_c = M\mathbf{X}_T$	μ_T – к-т турб. вязкости
Объемная вязкость	$\mathbf{X}_v = -\mu_v \nabla \cdot \mathbf{v}; \mathbf{F}_c = V \mathbf{X}_T$	μ_v – к-т объемн. вязк.; $\nabla \cdot \mathbf{v}$ – след ∇v
Вихреобразование	$\mathbf{X}_\omega = -\nabla\omega; \mathbf{F}_{тс} = I_\omega \omega \mathbf{X}_{тс}$	I_ω – мом. инерции; ω – угл. скорость
Перенос энергии излучением	$\mathbf{X}_л = -\nabla\psi_b; \mathbf{F}_л = M \psi_b \mathbf{X}_л$	$\psi_b = A_b v$ – потенциал волны; A_b, v – её амплитуда и частота.

Все приведенные в этой таблице силы обусловлены единой причиной – пространственной неоднородностью распределения в системе какого-либо энергоносителя (энтропии, массы, k -го вещества, заряда, импульса, его момента и т.п.). Тем не менее каждая из более двух десятков независимых сил, указанных в ней, порождает особые, феноменологически отличимые и несводимые к другим изменения состояния исследуемой системы. При этом такие силы имеются у каждого k -го компонента системы или у каждой независимой фазы многофазной системы. Если к тому же учесть, что в мембранных (вентильных) системах для каждой из указанных в таблице сил имеется аналог, выраженный через перепад обобщенного потенциала, становится очевидным необычайно многообразие сил природы [18]. Это разнообразие сил открывает возможность более глубокого и детального изучения специфики разнообразных физико-химических процессов, нежели при существующем ныне делении их только на электромагнитные и гравитационные, сильные и слабые. Большинство из указанных в таблице 27 сил найдены впервые в рамках термокинетики, обобщившей классическую термодинамику на нестатические (протекающие с конечной скоростью) процессы переноса тепла, вещества, заряда, импульса и т.п. [19]. Примерами таких сил являются «диффузионная», «осмотическая» и «фильтрационная» силы, позволяющие различать процессы диффузии, осмоса и обычной фильтрации; «термоэлектрическая» и «термодиффузионная» силы, характеризующие вклад в результирующую силу градиента температуры; сила, вызывающая центробежное отделение (сепарацию) k -го вещества, и в особенности «сила лучистого энергопереноса», служащая альтернативой существующей концепции движения фотонов в поглощающих средах «по инерции» [20]. Такая детализация сил делает термокинетику своего рода «обобщенным учением о силах».

2.3. Возможность исследования явлений на стыках наук. Возросший интерес техники к явлениям на стыках наук и осознание их тесной связи с явлениями диссипации энергии привели к созданию в начале XX столетия термодинамической теории скорости реальных (необратимых) процессов. Эта теория, получившая название термодинамики необратимых процессов (ТНП) по-

ставила своей основной задачей изучение взаимосвязи разнородных нестатических (протекающих с конечной скоростью) процессов, одновременно протекающих в одних и тех же областях неравновесных систем [5]. Она обогатила теоретическую мысль рядом принципов общезначимого значения. Один из них – принцип взаимности (Л.Онсагер, 1933) – отражает идею всеобщей взаимосвязи явлений окружающего нас мира. Согласно ему, наложение нескольких необратимых процессов приводит к тому, что скорость любого из них (например, поток $\mathbf{J}_i = d\mathbf{Z}_i/dt$) зависит от всех действующих в системе термодинамических сил \mathbf{X}_j ($i, j = 1, 2, \dots, n$), что находит отражение в кинетических (феноменологических) уравнениях переноса (6). Другой принцип – минимального производства энтропии (И.Пригожин, 1947) – утверждает, что если внешнее принуждение не позволяет системе достичь равновесия, она останавливается в стационарном неравновесном состоянии, характеризующимся минимумом диссипации (производства энтропии). Оба этих положения существенно дополняли сложившиеся к тому времени представления о кинетике разнообразных физико-химических процессов, возникающих в пограничных областях науки, что было оценено присуждением двух нобелевских премий (Л.Онсагер, 1968; И.Пригожин, 1977).

Естественно, что изучение взаимосвязи разнородных явлений было бы невозможно без нахождения для каждого независимого процесса его движущей силы. Однако понятие «термодинамической силы» в теории Л. Онсагера имело мало общего с силами в их обычном (ньютоновском) понимании. Они находились на основе выражения для скорости возникновения энтропии в адиабатически изолированной системе, имели скалярную природу и различную размерность, что не допускало их суммирования подобно механическим силам. Это вынуждало оценивать их вклад в обобщенную скорость процесса с помощью дополнительных эмпирических коэффициентов типа R_{ij} (6). В этом отношении предложенный Энергодинамикой единый метод нахождения сил любой природы на основе уравнения (11) имеет неоспоримое преимущество, поскольку позволяет непосредственно находить для каждого независимого потока \mathbf{J}_i ту единственную результирующую силу \mathbf{F}_i (Н), с исчезновением которой процесс данного (i -го) рода прекращается. Компоненты \mathbf{F}_{ij} этих результирующих сил $\mathbf{F}_i = \sum_j \mathbf{F}_{ij}$ имеют несмотря на различие их физической природы единую размерность. Это позволяло объяснить происхождение многочисленных термомеханических, термоэлектрических, термодиффузионных, термоосмотических, термогальваномагнитных, электрокинетических и т.п. эффектов, возникающих как бы на стыках различных научных дисциплин, как результат обычного «наложения» (суперпозиции) разнородных сил. Такая трактовка выходит за рамки обычных законов механики, где действие и противодействие имеет единую природу. Различие природы слагаемых результирующей силы легко объясняет упомянутые эффекты противодействием сил иной природы.

Обобщение законов Фурье, Ома, Фика, Дарси, Ньютона и т.п. на случай одновременного действия сил различной природы позволило предложить новый метод исследования явлений переноса, который не требовал составления громоздких уравнений баланса энтропии, массы, заряда, импульса и энергии для нахождения разнородных сил, устранял какой бы то ни было произвол в их выборе и приводил непосредственно к нахождению на основе выражения (6) той единственной \mathbf{F}_i , которая исчезала при прекращении данного процесса. Этот метод позволил получить всю гамму эффектов, традиционно рассматриваемых в рамках ТНП [10], из чуждого классической термодинамике условия равновесия разнородных составляющих \mathbf{F}_{ij} этой силы [21]. Поскольку при этом оказалось излишним применять соотношения взаимности Онсагера, нарушающихся вдали от равновесия, Термокинетика позволила распространить методы ТНП на нелинейные системы и сократить при этом число эмпирических коэффициентов R_{ij} в уравнениях (6) от $n(n+1)/2$ в ТНП до n [21]. Тем самым еще раз была подтверждена целесообразность учета многообразия сил природы и нецелесообразность сведения их числа к минимуму в Стандартной модели, а также полного отказа от этого понятия в ОТО путем замены его кривизной пространства.

2.4. Обоснование возможности использования полевых форм энергии. Современной науке известны две формы существования материи: вещество и поле. До сих пор человечество использовало только энергию первого из них. Такова, в частности, химическая энергия топлив и ядерная энергия самопроизвольно делящихся элементов. Конечным продуктом конверсии энергии вещества в большинстве случаев является вещество в его измененном состоянии, которое накапливается на планете, создавая прямую угрозу ее экологической стабильности. Проблема усугубляется концентрацией населения в огромные мегаполисы и ростом потребления энергоносителей.

В сложившихся условиях целесообразно обратить более пристальное внимание на такие альтернативные формы возобновляемой энергии, как энергия окружающих нас силовых полей. С математической точки зрения силовое поле представляет собой совокупность сил \mathbf{F}_i , распределенных каким – либо образом в пространстве. Поэтому задачей теории является установление

необходимых и достаточных условий для преобразования в технических устройствах полевых форм энергии.

Характерной особенностью устройств, использующих энергию силовых полей, является отсутствие переноса материального энергоносителя Θ_i (массы M , заряда Z , энтропии S , импульса \mathbf{P} и т.п.) через их границы. Это затрудняет их анализ на основе объединенного уравнения 1-го и 2-го законов термодинамики в форме (1) или (3). Кроме того, классическая термодинамика рассматривала системы, всегда находящиеся в равновесии с внешними полями, что исключало возможность энергообмена между ними. От этих недостатков свободна Энергодинамика, которая представляет собой дальнейшее обобщение термодинамики на неравновесные системы и нетепловые формы энергии. Её основное уравнение (11) оперирует внешними параметрами системы \mathbf{R}_i и силами \mathbf{F}_i , что позволяет выявить условия нарушения равновесия между внешними полями и рабочими телами нетепловых машин, что обеспечивает возможность их «подпитки» энергией этих полей.

Важнейшим следствием Энергодинамики является вывод о том, что силовые поля возникают не вследствие наличия «полеобразующих» масс, зарядов или токов самих по себе, а благодаря их неравномерному распределению в пространстве. Это следует из самого определения термодинамической силы \mathbf{F}_i как градиента энергии, поля потенциала которой ψ_j неоднородны. Это означает, что потенциальная энергия рассматриваемой совокупности «полеобразующих» масс, зарядов или токов может изменяться вследствие перераспределения их в пространстве ($d\mathbf{R}_i \neq 0$), даже если рабочее тело энергопреобразующей установки возвращается в ходе кругового процесса в исходное состояние ($\oint d\mathbf{r} = 0$).

Этот вывод резко контрастирует с традиционной физикой, которая «для удобства» приписывает указанную потенциальную энергию одному из тел или зарядов. Это заложено в самом понятии потенциала поля, который восстанавливается при возвращении рабочего (пробного) тела в исходное положение в пространстве. Та же идея заложена и в основе ОТО как геометризованной теории гравитации, поскольку для искривления пространства достаточно присутствия в нем одиночной массы. Поэтому традиционно мыслящий исследователь немедленно отнесет устройство типа «несбалансированного колеса в гравитационном поле» к категории «вечных двигателей 1-го рода». Именно этим объясняется чрезвычайно негативное отношение со стороны представителей «конвенциональной» науки к разного рода «альтернаторам» («генераторам свободной энергии», «сверхединичным устройствам» и т.п.).

Между тем силы взаимодействия, описываемые законами Ньютона и Кулона, существуют только тогда, когда тела или заряды разделены в пространстве, и обращаются в нуль в отсутствие одного из них. Это означает, что для корректного применения этих законов необходимо рассматривать пробное тело находящимся в поле хотя бы двух «полеобразующих» тел или зарядов, а лучше – в поле всей совокупности масс, зарядов или токов, как это делает энергодинамика. В таком случае становится ясным, что вследствие взаимодействия с пробным телом конфигурация полеобразующих тел или зарядов не остается неизменной после его возвращения в исходное положение, даже если изменение потенциала пробного тела при этом будет неуловимым. В этом отношении Энергодинамика является единственной на сегодняшний день дисциплиной, не только допускающей создание альтернаторов, но и дающей оценку их эффективности в рамках развитых в ней теорий подобия и производительности энергопреобразующих систем [22]. Если к этому добавить возможность получения на основе концепции различимости всех основных принципов, законов и уравнений большинства фундаментальных дисциплин [2], целесообразность изменения концептуальной базы современного естествознания, хотя бы в учебных целях, предстанет ещё более убедительной.

Литература

1. Эткин В.А. Как вернуть физику в лоно классицизма. Ч.1. Квантовая механика. <http://sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11923.html> от 7.04.2012.
2. Эткин В.А. Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии).- СПб.: Наука, 2008. 409 с.
3. Базаров И.П. Термодинамика. М.: «Высшая школа», 1994. Изд.4-е.
4. Окунь Л.Б. Понятие массы (масса, энергия, относительность). // УФН, 1989. Т.158, Вып.3. С.511-530.
5. Planck M. //Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin. 1907. Bd 13. S. 542.
6. Ott H. //Zeitschr. Phys., 1963. – V.70. – S.75.
7. Arzelies H. La crise actuelle de la thermodynamique theorie // Nuovo Cimento, 1966. – 41B. – P. 61.

8. *Эткин В.А* Изменяется ли масса со скоростью? <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/110306232209.pdf> от 06.03.2011
9. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии.- М., 'Наука', 1989, с. 22.
10. *Хаазе Р.* Термодинамика необратимых процессов.- М.: «Мир»,1974.
11. *Weber W.* Werke, Springer, Berlin, 1894, Vol. 4, 247...299.
12. *Эткин В.А.* К явлению запаздывания потенциала. //Сетевой ресурс http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/ от 27/09/2009.
13. *Эткин В.А.* Эквивалентны ли масса и энергия? //Сетевой ресурс http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/ от 11.05.2011.
14. *Эткин В.А.* Классическое обоснование закона излучения Планка. // http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/shtml от 03.04.2010
15. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов в четырех томах. М.: Наука, 1966. Т.1.
16. *Пуанкаре А.* // Избранные труды.— М.: «Наука», 1974.- С.429-433.
17. *Фейнман Р. , Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике, Т.5. – М.: Мир, 1976.
18. *Эткин В.А.* О единстве и многообразии сил в природе. // <http://zhurnal.lib.ru/> от 01.08.2009.
19. *Эткин В.А.* Термокинетика (термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии). – Тольятти, 1999. – 228 с.
20. *Эткин В.А.* О потенциале и движущей силе лучистого энергообмена / Вестник Дома Ученых Хайфы, 2010.-Т.20, с.2-6.
21. *Эткин В.А.* На стыке естественных наук. / Вестник Дома Ученых Хайфы, Т.5, с.42-43.
22. *Эткин В.А.* К термодинамической теории производительности технических систем. // Изв. АН СССР. Энергетика, 2000. – №1. –С.99...106.