
В.А. ЭТКИН

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
БЕСТОПЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

© 2013 – Etkin V.A.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from both the copyright owner and the publisher.

Requests for permission to make copies of any part of this work should be e-mailed to: altaspera@gmail.com

В тексте сохранены авторские орфография и пунктуация.

Published in Canada by Altaspera Publishing & Literary Agency Inc.

О книге: В монографии обоснована принципиальная возможность реализации грандиозного замысла Н.Тесла – использования энергии эфира в энергетике будущего. С этой целью законы равновесной термодинамики предварительно обобщаются на пространственно неоднородные среды, включая эфир; устанавливается единство законов переноса неупорядоченных и преобразования упорядоченных форм энергии; вскрывается неэлектромагнитная природа света и дается новое, безгипотезное обоснование закона излучения Планка и уравнений Максвелла. Как следствие вскрывается силовой характер взаимодействия эфира с веществом и находятся условия нарушения их равновесия, что делает реальной попытку вещества энергией эфира. Тем самым выявляется источник «избыточной» энергии «сверхединичных» устройств и показывается их непротиворечивость законам физики. На этой основе дается анализ работы наиболее типичных из них и оцениваются перспективы перехода к бестопливной энергетике.

Книга рассчитана как на специалистов в области энергетике, так и на более широкий круг читателей, интересующихся проблемами альтернативной энергетике.

ВВЕДЕНИЕ

«Это лишь вопрос времени, как скоро
человечеству удастся подключить
свои машины к самому источнику
энергии окружающего пространства»

Н.Тесла

Науке известны две формы существования материи: вещество и поле. До сих пор человечество использовало энергию только первого из них. Такова, в частности, химическая энергия топлив и ядерная энергия самопроизвольно делящихся элементов. Конечным продуктом конверсии энергии вещества в подавляющем 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 энергоресурсов. Все более централизованным стало производство энергии; все более крупных размеров – плотины гидроэлектростанций и энергетические установки тепловых электростанций, все более протяженными – нефтепроводы и газопроводы, линии электропередачи и магистрали теплоснабжения. Это лишь ускоряет наступление экологического кризиса и усугубляет последствия стихийных бедствий. Тают запасы ископаемого топлива, а доля возобновляемых источников энергии остается крайне низкой. В поисках новых видов топлива затрачиваются огромные средства на овладение термоядерной энергией. Человечество идет на все возрастающий риск, откладывая на неопределенный срок решение проблемы захоронения ядерных отходов и консервации отработавших свой срок ядерных установок. При этом научное сообщество делает вид, что альтернативы этому пути нет.

Между тем Н. Тесла сформулировал и обосновал эту альтернативу еще в 1897 году: «Наша задача развить средства получения энергии из запасов, которые вечны и неисчерпаемы, развить методы, которые не используют потребление и расход каких бы то ни было "материальных" носителей. Сейчас мы совершенно уверены, что реализация этой идеи не за горами: возможности развития этой концепции заключаются именно в том, чтобы использовать для работы двигателей в любой точке планеты чистую энергию окружающего пространства». Продвижению к этой великой цели и посвящена настоящая книга.

Глава 1.

УСТРАНЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПОНЯТИЯ ЭНЕРГИИ

В научно–технической литературе и в повседневном обиходе вряд ли отыщется понятие более употребительное и менее определенное, чем энергия. Читатель, привыкший со школы понимать энергию как способность тела совершать работу, бывает немало удивлен, прочтя такое признание нобелевского лауреата: «Важно понимать, что физике сегодняшнего дня неизвестно, что такое энергия» (Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., 1974). Не вносит ясности в этот вопрос и определение энергии как «общей количественной меры движения и взаимодействия всех видов материи» (Физ. энциклопедический словарь, 1983), поскольку в нем вообще утрачена связь энергии с работой. Это делает такое определение скорее философским, нежели физическим. Не может устроить читателя и определение энергии как «одного из семи интегралов движения» (Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц, 1973), поскольку оно вообще не вскрывает специфики этого понятия. Не отражает этой специфики и свойство энергии сохранять свое значение в изолированных системах, поскольку в них остается неизменной не только энергия, но и масса, заряд, импульс и его момент. В результате, как подчеркивает А. Пуанкаре (1878), «мы не можем сказать об энергии ничего сверх того, что существует нечто, остающееся неизменным».

Ситуация еще более усложнилась с появлением квантовой механики и квантовой электродинамики, в которых энергия может принимать отрицательное значение. Это вообще исключает понимание энергии как меры работоспособности, поскольку последняя не может быть отрицательной: она либо есть, либо её нет.

Создавшееся положение настоятельно требует внесения ясности в этот вопрос хотя бы в той мере, в какой это касается энергетики.

1.1. Причина утраты энергией её изначального смысла

В связи с изложенным выше возникает естественный вопрос: в силу каких обстоятельств энергия утратила свой простой и ясный изначальный смысл способности системы к совершению работы? Чтобы ответить на него, нам необходимо будет совершить небольшой экскурс в историю.

Термин «энергия» (от греческого *ἐνέργεια* – деятельность) встречается еще у Аристотеля в его трактате «Физика». В механике он стал употребляться с начала XIX столетия вместо понятия «живой силы» благодаря авторитету английского физика Т. Юнга. Энергия означала работу, которую может совершить исследуемое тело или система тел при их торможении или переходе из данной конфигурации в «нулевую» (принятую за исходную). В соответствии с этим она делилась на кинетическую E^k , обусловленную движением, и потенциальную $E^п$, обусловленную положением. До тех пор, пока механика исключала из рассмотрения внутренние, в том числе диссипативные процессы, происходящие в самих телах, т.е. ограничивалась рассмотрением так называемых «консервативных» систем, сумма $E^k + E^п$ могла считаться постоянной. Это положение получило название «закона сохранения энергии».

Однако с возникновением термодинамики, сделавшей своим предметом изучение именно внутренних процессов в телах, игнорирование процессов рассеяния энергии стало уже невозможным, и понадобилось введение меры внутреннего (скрытого) движения, ответственного за несохранение энергии. Казалось бы, для этого следовало ввести наряду с термином «энергия» противоположный ему по смыслу термин типа «анергии» как меры неработоспособной (непревратимой) части движения или взаимодействия¹⁾. Это позволило бы сохранить смысл понятия энергии, отнеся закон сохранения к сумме энергии и анергии как действительно общей мере всех (работоспособных и неработоспособных) форм движения материи. Однако этого не случилось, и после оживленных дискуссий скрытая (рассеянная) часть движения получила название «внутренней энергии».

Справедливости ради следует заметить, что основоположник термодинамики Р. Клаузиус предложил для скрытой части движе-

¹⁾ К сожалению, термин «анергия» стал употребляться в технической литературе только со второй половины XX столетия.

ния термин «полная теплота тела», понимая под ней сумму теплоты Q , подведенной к телу извне, и теплоты диссипации Q^d , вышедшей в нем в результате совершения «работы дисгрегации» диссипативного характера. Однако такой термин совмещал в себе две взаимоисключающие трактовки теплоты: как формы движения, присущей телам, т.е. функции их состояния, и подведенной к телу теплоты как функции процесса теплообмена. Такой «дуализм» в понимании теплоты казался неприемлемым, поэтому термин «полная теплота» не был принят научным сообществом.

Введение термина «внутренняя энергия» означала существование её антипода – внешней энергии. При этом под внешней энергией $E = E^k + E^p$ стали понимать ту часть полной энергии \mathcal{E} , которая зависела от положения и движения тела или системы тел относительно окружающей среды, и не зависела от внутреннего состояния объекта исследования. Соответственно под внутренней энергией стали понимать другую её часть, которая, напротив, не зависела от положения и движения системы относительно окружающей среды и определялась исключительно внутренним движением частиц, составляющих систему.

Это потребовало соответствующей перформулировки закона сохранения энергии. Теперь этот закон утверждал постоянство суммы кинетической E^k , потенциальной E^p и внутренней U энергии изолированной системы¹⁾:

$$(E^k + E^p + U)_{\text{из}} = \text{const.} \quad (1.1.1)$$

Внешняя энергия по-прежнему измерялась механической работой, которую необходимо затратить на ускорение системы как целого или перевод её из одной конфигурации (принятой за начало отсчета) в данную. Напротив, внутренняя энергия уже не измерялась величиной механической работы и в соответствии с (1.1.1) воспринималась как утратившая работоспособность.

Не будет преувеличением сказать, что именно использование термина «энергия» (хотя бы и с прилагательным «внутренняя») применительно к функции U , не измеряемой величиной работы W , породило те трудности определения понятия энергии, которые не удалось преодолеть до сих пор.

¹⁾ Изолированной называется система, не обменивающаяся энергией с окружающей средой.

1.2. Безуспешность попыток выделить работоспособную часть энергии

Важнейшим свойством энергии в её изначальном понимании была её способность отразить процесс превращения движения из одной формы в другую (например, из кинетической в потенциальную). Количественной мерой этой способности к превращению в механике и была работа. Деление энергии в соответствии с (1.1.1) на *внешнюю* E (кинетическую E^k и потенциальную $E^п$) и *внутреннюю* U изменило это положение. Внутренняя энергия могла изменяться не только вследствие совершения над системой работы W (в частности, работы всестороннего сжатия, которая также не изменяла положения системы как целого), но и в результате теплообмена (т.е. обмена внутренней тепловой энергией). Количественной мерой этого процесса являлась теплота Q . Поскольку обмениваться можно только тем, чем располагает система, в термодинамике возникло понятие о двух формах *энергообмена*: теплоте Q и работе W . Однако это была уже совсем другая категория работ, которая уже не являлась количественной мерой процесса превращения энергии из одной формы в другую, как это было в механике. В результате энергия окончательно утратила связь с процессом превращения движения из одной формы в другую и перестала быть количественной мерой этого процесса.

Неудовлетворенность таким положением дел породила неоднократные попытки вернуть энергии её изначальный смысл единой меры движения, сохраняющейся в процессе его превращения из одной формы в другую. Поначалу казалось, что приемлемым решением является деление энергии на внешнюю и внутреннюю. Внешняя энергия по-прежнему измерялась механической работой, которая являлась количественной мерой превращения энергии из одной формы в другую. Напротив, внутренняя энергия воспринималась как утратившая эту работоспособность. Такое деление осуществлялось формально по признаку принадлежности параметров состояния к внешним или внутренним. Первые зависели от радиус-вектора центра массы системы \mathbf{r} и его скорости $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$; вторые от них не зависели. Внешняя энергия предполагалась *взаимной*, т.е. принадлежащей всей совокупности взаимодействующих (взаимно движущихся) тел; внутренняя энергия – *собственной*, т.е. принадлежащей только самому объекту исследования.

Однако по мере усложнения объекта исследования стало ясно, что внутренняя энергия не является полностью «рассеянной» (обесцененной). Выяснилось, что она содержит в себе химическую и ядерную энергию, также способную к превращению в другие формы энергии.

С другой стороны, с переходом к изучению систем, находящихся во внешних силовых полях, обнаружилось, что часть их внешней энергии все же зависит от внутреннего состояния. В частности, энергия диэлектриков и магнетиков во внешних полях зависит от их температуры. Выяснилось также, что в неоднородных системах положение не только центра массы системы M , но и других экстенсивных параметров системы Θ_i (таких, например, как число молей k -х веществ N_k или энтропия S), также изменяется, причем независимо от массы тела. Таким образом, однозначное разграничение понятий внешней и внутренней энергии оказалось невозможным ни по одному из упомянутых критериев. В связи с этим изначальное деление энергии на внешнюю E и внутреннюю U утратило свою эвристическую ценность.

Следующая попытка различить количественную и качественную сторону энергии нашла отражение в принятом в термодинамике делении внутренней энергии на «свободную» и «связанную». Такое деление стало возможным после введения Р. Клаузиусом основополагающего для термодинамики понятия энтропии S как координаты теплообмена и экстенсивной меры хаотического (теплого) движения. Это дало основание Г. Гельмгольцу назвать произведение абсолютной температуры T и энтропии S «связанной» (с тепловым движением) энергией, а остальную часть (за вычетом связанной энергии TS) – «свободной энергией» $G = U - TS$. Вслед за этим Дж. Гиббс ввел понятие «свободной энтальпии» $G = H - TS$ как разности между энтальпией (теплосодержанием) системы $H \equiv U + pV$ и её связанной энергией. При этом Гельмгольц и Гиббс показали, что убыль свободной энергии G и энергии Гиббса G определяет максимальную работу, которую может совершить система помимо работы расширения соответственно в условиях $T, V = \text{const}$ и $T, p = \text{const}$ при обратимом (бездиссипативном) характере процессов. За это свойство их называют соответственно изохорно – изотермическим и изобарно – изотермическим термодинамическими потенциалами. Казалось бы, это решало проблему отыскания «свободной» (работоспособной) части внутренней энергии системы. Однако энергия Гельмгольца или Гиббса вовсе не характеризует «запас» превратимой (упорядоченной) энергии в

системе, поскольку в упомянутых выше условиях протекания процесса работа совершается не только за счет убыли этой энергии, но и за счет тепла, подводимого при этом из окружающей среды.

Выяснилось также, что работа, определяемая убылью внутренней энергии, принципиально отличается от механической работы, совершаемой за счет убыли внешней энергии, поскольку первая не связана с перемещением объекта приложения силы. Более того, в открытых системах (обменивающихся k -ми веществами с окружающей средой) никакие виды работ вообще не определяются убылью какого-либо термодинамического потенциала системы (И. Базаров, 1976; Г. Гладышев, 1988). Это существенно ограничивает область применимости функций состояния Γ и G . К тому же при существующем в термодинамике произволе в выборе начала отсчета внутренней энергии U связанная энергия TS по своей абсолютной величине зачастую оказывается больше самой внутренней энергии U или энтальпии H и потому не может трактоваться как часть последних (К. Путилов, 1970). Вследствие этих причин деление энергии на свободную и связанную также утратило свою эвристическую ценность.

Не привел к успеху и переход в термодинамике к рассмотрению так называемых «расширенных» систем, однородные части которых (тело и окружающая среда) не находятся между собой в равновесии. Такая неравновесная в целом система в соответствии со 2-м началом классической термодинамики способна совершать техническую (полезную внешнюю) работу, если тело и окружающую среду рассматривать как источник и приемник тепла, вещества, заряда, импульса и т.п. Применительно к таким системам в 1955 году югославский ученый З. Рант разделил энергию тела на его *эксергию* (превратимую часть, способную совершать техническую работу), и *анергию* (непревратимую, технически непригодную её часть). В технической термодинамике такое деление получило довольно широкое распространение, причем эксергия обычно приписывается источнику тепла или вещества и часто рассматривается как функция его состояния, хотя она зависит и от параметров окружающей среды. Ввиду того, что такие параметры, как температура или концентрация, зависят не только от местности, но и времени года, и изменяются в процессе взаимодействия с источниками тепла и вещества, одной договоренности о системе отсчета эксергии здесь уже недостаточно. К тому же эксергия также не определяет «запаса» энергии источника, так как в процессе совершения работы привлекается тепло окружающей среды. Еще

одна трудность возникает, когда рассматриваются тела с более низкой температурой, чем температура окружающей среды. Тогда эксергия источника тепла становится отрицательной, а совершение системой работы сопровождается не уменьшением, а увеличением эксергии. Эти обстоятельства, делающие понятие эксергии неопределенным, а её величину – неоднозначной, до настоящего времени препятствуют распространению метода эксергетического анализа.

1.3. Неоднозначность деления энергообмена на теплообмен и работу

Классическая механика, сформировавшаяся раньше термодинамики, оперировала исключительно понятием внешней энергии. В этом отношении классическая термодинамика, включившая эти процессы в сферу своих интересов, явилась крупным шагом на пути познания реальности. Тем не менее она также ограничивалась изучением внутренне равновесных (пространственно однородных) систем. Для них единственной причиной протекания каких-либо процессов является внешний энергообмен, протекающий настолько медленно (квазистатически), что равновесие в системе практически не нарушается. При этом классическая термодинамика различала всего два вида энергообмена – теплоту Q как количественную меру процесса теплообмена, и нетехническую работу W как количественную меру обмена другими формами энергии. Примером такой работы является работа объемной деформации W_p (расширения и сжатия), которую можно трактовать как количественную меру обмена энергией упругой деформации системы. Её элементарное количество dW_p определяется произведением давления в системе p на изменение её объема dV . С позиций молекулярно-кинетической теории давление часто рассматривается как сила \mathbf{p} , действующая на векторный элемент $d\mathbf{f}$ замкнутой поверхности системы в направлении нормали к ней. Тем самым пытаются установить сходство работы расширения с механической работой как произведением силы \mathbf{F} на вызванное ею перемещение $\Delta\mathbf{r}$ объекта её приложения (Л.Карно, 1783; Ж.Понселе, 1826). Между тем нетрудно установить, что при равномерном и всестороннем расширении или сжатии, когда дивергенция сил давления $\nabla \cdot \mathbf{p} = 0$, силы давления не имеют результирующей \mathbf{F}_p . Действительно, на основании теоремы о дивергенции

имеем:

$$\mathbf{F}_p = \int \mathbf{p} \cdot d\mathbf{f} = \int \nabla \cdot \mathbf{p} \cdot dV = 0 \quad (1.3.1).$$

Таким образом, работа расширения отнюдь не является разновидностью механических работ, как это принято считать, и в термодинамике давление p является скалярной величиной, имеющей смысл концентрации потенциальной энергии в единице объема V системы (Дж/м³).

Работа расширения является отнюдь не единственным видом процесса, не связанного с преодолением результирующей \mathbf{F}_i каких-либо сил. К этой категории работ, также не связанных с превращением энергии, относятся также работа равномерного ввода в систему k -х веществ; работа равномерного ввода заряда Z в область с электрическим потенциалом ϕ . Такова же в принципе и работа против хаотических межмолекулярных сил, сопровождающая процесс теплообмена и состоящая в передаче импульса от молекул одного тела к молекулам другого. В этом случае отсутствие результирующей преодолеваемых сил обусловлено хаотическим характером теплового движения в системе как целом, в то время как для отдельных частиц она носит упорядоченный характер, т.е. представляет собой своего рода «микроработу».

Помимо отсутствия результирующей, все такого рода работы роднит с теплотой их зависимость от характера (пути) процесса, а не только от начального и конечного состояния системы (как это было в механике). Это означает, что элемент dW работы и теплоты dQ перестает быть полным дифференциалом¹⁾ (И.Базаров, 1976). Все это свидетельствует о том, что истинная «линия водораздела» проходит не между теплотой и работой, а между двумя принципиально различными видами работ, одна из которых является количественной мерой процесса превращения энергии, а другая – процесса её переноса.

Отказ от деления энергообмена на теплообмен и работу становится неизбежным при переходе к исследованию открытых систем (обменивающихся веществом с окружающей средой), в которых наряду с теплообменом и работой появляется еще один вид энергообмена – массообмен, не сводимый ни к теплообмену,

¹⁾ Это обстоятельство учитывается применением знака неполного дифференциала d (С. Neuman, 1875), позволяющего отличить элементарное количество теплоты dQ или работы dW как функций процесса от элементарного изменения какой-либо функции состояния ($d\mathcal{E}$, dU , $d\Theta_i$ и т.п.).

ни к работе. Разновидностью этого процесса является диффузия отдельных веществ через границы системы, которую можно назвать избирательным массообменом. В таком случае однозначное деление энергообмена на «теплоту» и «работу» оказывается вообще невозможным (М. Трайбус, 1970; К. Путилов, 1971).

Выходом из положения является обобщение понятия работы и её понимание как единой количественной меры воздействия одних материальных объектов на другие. При этом следует различать *упорядоченную работу* W_i^T как аналог технической работы в термодинамике, и *неупорядоченную работу* W_i^H как аналог нетехнических видов работы (таких как работа всестороннего сжатия, ввода k -го вещества, заряда и т.п., понимая под упорядоченными видами работ те, которые связаны с направленным перемещением Δr объекта приложения силы (в отличие от неупорядоченных видов, не связанных с ним).

Различение упорядоченной и неупорядоченной работы существенно облегчается с введением в термодинамику понятия силы \mathbf{F} , что впервые было осуществлено в рамках теории стационарных необратимых процессов [И.Пригожин, К. Денбиг и др.]. В таком случае становится очевидным, что характерной особенностью процесса совершения технической (полезной) работы является наличие результирующей \mathbf{F}_i каких-либо преодолеваемых сил, придающих этому процессу направленный (векторный) характер. Именно такую работу совершают технические устройства (машины), предназначенные для целенаправленного преобразования одних видов энергии в другие. Однако поскольку в общем случае такую работу совершают не только технические устройства, но и биологические, экологические, астрофизические и т.п. системы, мы будем называть ее просто *упорядоченной* работой и обозначать через W^T . Иного рода работа, совершаемая против сил, не имеющих результирующей ввиду хаотичности движения частиц системы. Такую работу, носящую скалярный характер, мы назвали *неупорядоченной* и обозначили через W^H .

Промежуточную позицию между этими видами работ занимает работа диссипативного характера W^D . Эта работа совершается упорядоченными силами \mathbf{F}_i против так называемых «сил рассеяния», не имеющих результирующей вследствие их хаотической направленности. Таким образом, диссипативная работа сопровождается переходом *упорядоченных* форм энергии в *неупорядоченные*, что и отражает 2-е начало классической тер-

динамики. Математически это выражается в «скаляризации» процесса (утрате его векторной природы).

Предпринятая классификация работ способствует пониманию их специфики, что особенно важно для систем, совершающих многие виды работ.

1.4. Придание энергии близкого к изначальному смысла

В энергодинамике, рассматривающей в качестве объекта исследования внутренне и внешне неравновесные, открытые и поливариантные системы, приходится учитывать наряду с внешней внутреннюю работу (против внутренних сил), наряду с упорядоченной – неупорядоченную работу (против сил, не имеющих результирующей), наряду с полезной – диссипативную работу (против сил рассеяния), наряду с механической – немеханическую работу (против электрических, химических и т.п. сил). В таком случае различие между теплотой и неупорядоченной работой становится непринципиальным, и на смену ему приходит понимание работы как единой количественной меры воздействия одних тел на другие. Это открывает возможность вернуть энергии близкий к изначальному смысл меры работоспособности системы. Только теперь энергия – это способность совершать любую (упорядоченную и неупорядоченную, внешнюю и внутреннюю, полезную и диссипативную, механическую и немеханическую) работу. Так в энергодинамике решается один из труднейших вопросов, касающихся физического смысла энергии.

Остается не менее сложный вопрос, касающийся математического смысла энергии как функции состояния системы. Важную роль в этом играет нахождение необходимого и достаточного числа независимых координат (аргументов), однозначно задающих состояние исследуемой системы и её энергию. Это становится возможным благодаря доказательству в энергодинамике «теоремы о числе степеней свободы», согласно которой *число независимых координат состояния какой-либо (равновесной или неравновесной, открытой или закрытой, изолированной или неизолированной)*

системы, т.е. число её степеней свободы, равно числу протекающих в ней независимых процессов¹⁾.

Это довольно очевидное положение доказывается в энергодинамике «от противного». Поскольку под процессом понимается изменение свойств системы, выраженных параметрами состояния, то при протекании любого из них с необходимостью изменяется хотя бы один из таких параметров. Предположим, однако, что это не так, и при протекании какого-либо независимого процесса с необходимостью изменяется не один, а несколько параметров состояния. Тогда, очевидно, эти параметры не будут независимыми, что противоречит исходной посылке. Предположим теперь, что какая-либо из координат состояния с необходимостью изменяется при протекании сразу нескольких независимых процессов. Тогда, очевидно, эти процессы не будут независимыми, поскольку они вызывают одни и те же изменения свойств системы. Остается заключить, что *любому независимому процессу соответствует единственная независимая координата состояния*. Такие координаты – в общем случае величины экстенсивные, поскольку каждая из них в отсутствие других степеней свободы системы определяет энергию системы – величину также экстенсивную.

Для удобства ссылки доказанное здесь положение мы будем называть «принципом адекватности», поскольку эта теорема определяет *необходимые и достаточные* условия однозначного (адекватного реальности) описания состояния той или иной системы в её математической модели. Эвристическая ценность этого принципа состоит прежде всего в возможности предотвратить «недоопределение» или «переопределение» исследуемой системы, т.е. попытки описать состояние системы недостающим или избыточным числом параметров состояния. Будучи незаметными, они тем не менее являются главной причиной методологических ошибок и паралогизмов большинства фундаментальных дисциплин (В.А.Эткин, 2008). Далеко не очевидно, например, недоопределение неравновесной термодинамической системы, вызванное принятием «гипотезы локального равновесия» (И. Пригожин, 1960). Она предполагает существование в элементах континуума равновесия (несмотря на протекание в них диссипативных процессов), возможность описания их состояния тем же набором перемен-

¹⁾ Число и характер таких процессов находится на начальном этапе исследования системы с применением всего арсенала экспериментальных средств.

ных, что и в однородном состоянии (несмотря на наличие в них градиентов температур, давлений и других потенциалов), и справедливость для них всех соотношений равновесной термодинамики в форме равенств (несмотря на неизбежный переход их в неравенства). Несмотря на свою парадоксальность, эта гипотеза вполне оправдывается при изучении чисто диссипативных процессов, движущие силы и обобщенные скорости которых могут быть найдены на основе выражения «производства» энтропии. Однако она становится неприемлемой при переносе принципов теории необратимых процессов на процессы полезного преобразования энергии в технических, биологических и астрофизических системах, в которых работа может совершаться и против равновесия.

Столь же не очевидно и «переопределение» континуума в механике, термодинамике и гидродинамике сплошных сред. Оно связано с приписыванием им бесконечного числа степеней свободы (по числу распределенных параметров). Это вынуждает переходить к изучению локальных свойств системы в надежде, что свойства системы в целом удастся найти с помощью подходящих интегралов. Однако этим надеждам не суждено сбыться, когда речь идет об изучении «системообразующих» свойств, отсутствующих у любого из этих элементов.

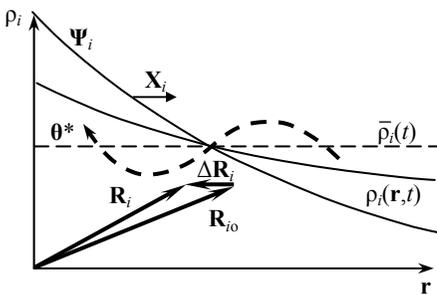
Для понимания дальнейшего материала важны те дополнительные требования к координатам состояния исследуемых систем, которые следуют из принципа адекватности. Согласно ему, в качестве координат независимых процессов и аргументов энергии как функции состояния могут использоваться только такие параметры, которые с необходимостью изменяются при протекании исследуемого процесса и остаются неизменными в его отсутствие. Это означает, что изменения этих координат не должны зависеть от того, чем они вызваны – совершением полезной работы или релаксацией. Между тем в неравновесных системах одни и те же изменения состояния (например, повышение температуры) могут быть вызваны как внешним теплообменом, так и появлением внутренних источников тепла вследствие трения, химических реакций, высокочастотного нагрева, перемагничивания и т.п. Аналогичным образом объемную деформацию системы можно вызвать не только совершением работы сжатия, но и самопроизвольным расширением в пустоту. Точно так же одного и того же изменения состава системы также можно добиться как диффузией подходящих веществ через границы системы, так и

химическими реакциями в ней. Следовательно, в любой теории неравновесных систем процессы должны классифицироваться независимо от того, чем вызваны те или иные изменения – внешним энергообменом или внутренними процессами.

Это означает, что принятая в термодинамике трактовка объема V , числа молей k -го веществ N_k и энтропии S как координат соответственно работы расширения, диффузии этого вещества и теплообмена должна уступить место более общему их пониманию как координат процессов объемной деформации системы, изменения её состава или внутренней тепловой энергии тела U_T .

Еще более важным оказывается это требование для пространственно неоднородных систем с неравномерным распределением параметров Θ_i по её объему V . Такие системы могут приближаться к состоянию внутреннего равновесия как путем совершения полезной внутренней работы W^T (связанной с преодолением «чужеродных» сил), так и при релаксации. Это требует учета дополнительных степеней свободы таких систем и отыскания параметров их неоднородности, которые изменялись бы в обоих рассмотренных случаях.

Для того, чтобы найти такие координаты, рассмотрим произвольную систему (рис.1.1), в которой плотность $\rho_i(\mathbf{r},t) = \partial\Theta_i/\partial V$ любого параметра Θ_i и значения сопряженного с ним потенциала



$\Psi_i(\mathbf{r},t)$ как функций радиус-вектора \mathbf{r} точки поля и времени t распределены по системе так, как указано на нем. Как следует из рисунка, при отклонении распределения Θ_i от равномерного с плотностью $\bar{\rho}_i(t)$ некоторое количество этой величины Θ_i^* переносится из одной части системы в другую в направлении, указанном стрелкой.

Рис.1.1. К образованию момента распределения.

Такое «перераспределение» носителя i -й формы энергии Θ_i сопровождается смещением центра его величины Θ_i ($i = 1, 2, \dots, n$) из первоначального положения \mathbf{r}_{i0} в текущее \mathbf{r}_i . Эти положения определяются известным образом:

$$\mathbf{r}_i = \Theta_i^{-1} \int \rho_i(\mathbf{r},t) \mathbf{r} dV; \mathbf{r}_{i0} = \Theta_i^{-1} \int \bar{\rho}_i(t) \mathbf{r} dV. \quad (1.4.1)$$

Отсюда следует, что отклонение системы от однородного состояния сопровождается возникновением «моментов распределения» \mathbf{Z}_i энергоносителей Θ_i :

$$\mathbf{Z}_i = \Theta_i \Delta \mathbf{r}_i = \int_V [\rho_i(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] \mathbf{r} dV, \quad (1.4.2)$$

где $\Delta \mathbf{r}_i = \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{i0}$ – вектор смещения центра координаты Θ_i . Элементарное изменение этого вектора можно представить в виде суммы двух слагаемых, первое из которых $d\mathbf{R}_i = \mathbf{e}_i dr_i$ характеризует его удлинение, а другое, $r_i d\mathbf{e}_i$ – изменение его направления, задаваемого единичным вектором \mathbf{e}_i . Последнее слагаемое удобнее выразить через изменение пространственного угла ϕ , характеризующего это направление, внешним произведением $\phi_i \times \mathbf{e}_i$ векторов ϕ_i и \mathbf{e}_i , представив полное изменение момента распределения \mathbf{Z}_i в виде суммы трех независимых слагаемых:

$$d\mathbf{Z}_i = \mathbf{r}_i d\Theta_i + \Theta_i d\mathbf{R}_i + d\phi_i \times \mathbf{Z}_i. \quad (1.4.3)$$

Каждое из них характеризует одну из трех групп из числа n независимых процессов, протекающих в пространственно неоднородных средах. Первую группу образуют процессы, протекающие в условиях $\mathbf{r}_i = \text{const}$. Они характеризуются равномерным изменением физической величины Θ_i во всех частях системы и напоминают равномерное выпадение осадков на неровную (в общем случае) поверхность. Частным случаем таких процессов являются процессы обратимого теплообмена, массообмена, объемной деформации и т.п., которые благодаря своей квазистатичности практически не нарушают пространственной однородности системы. Эту группу процессов и изучает классическая термодинамика.

Другая группа процессов обусловлена смещением $d\mathbf{R}_i$ центра величины Θ_i без изменения самой этой величины. Они сопровождаются уменьшением её плотности ρ_i в одной части системы и увеличением – в другой, и потому напоминают перекачку текучих материалов из одной части сосуда в другую. Такие «противонаправленные» процессы мы назвали *процессами перераспределения*.

Третье слагаемое (1.4.3) характеризует поворот вектора \mathbf{Z}_i на пространственный угол $d\phi_i$, в том числе и самого тела при отклонении его формы от шарообразной. Такие процессы мы назвали *процессами переориентации*.

Таким образом, принцип адекватности обнаруживает наличие у неоднородных систем дополнительных степеней свободы, тре-

бующих в общем случае *утроенного* по сравнению с однородными системами числа независимых координат их состояния. Введении этих координат позволяет дать более детальную картину протекающих в таких системах процессов и устранить многие из трудностей, возникших в ряде фундаментальных дисциплин.

1.5. Энергия как наиболее общая функция состояния

Протекание в пространственно неоднородных средах трех упомянутых выше групп независимых процессов указывает на то, что каждая составляющая \mathcal{E}_i энергии системы \mathcal{E} может изменяться в общем случае тремя независимыми способами. Это означает, что полная энергия системы $\mathcal{E} = \sum \mathcal{E}_i$ является функцией трех групп переменных $\mathcal{E}(\Theta_i, \mathbf{R}_i, \varphi_i)$, так что её полный дифференциал может быть представлен в виде суммы частных дифференциалов всех независимых переменных тождеством вида:

$$d\mathcal{E} \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i - \sum_i \mathbf{F}_i \cdot d\mathbf{R}_i - \sum_i \mathbf{M}_i \cdot d\varphi_i. \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1.5.1)$$

Здесь

$$\Psi_i \equiv (\partial\mathcal{E}/\partial\Theta_i) \quad (1.5.2)$$

– обобщенные потенциалы типа абсолютной температуры T , давления p , химического потенциала k -го вещества μ_k , электрического потенциала системы φ и т.п.;

$$\mathbf{F}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{R}_i) \quad (1.5.3)$$

– силы в их обычном (ньютоневском) понимании, возникающие в системе вследствие её неоднородности;

$$\mathbf{M}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\varphi_i) \quad (1.5.4)$$

– крутящие моменты этих сил¹⁾.

Тождество (1.5.1) позволяет определить энергию как *наиболее общую функцию состояния объекта исследования*, поскольку все другие входящие в него параметры являются либо аргументами этой функции, либо частными производными от энергии по этим аргументам.

В системах, где отсутствуют процессы переориентации ($d\phi_i = 0$), последняя сумма в (1.5.1) исчезает. В таком случае тождество (1.5.1) удобнее выразить непосредственно через моменты распределения \mathbf{Z}_i , записав их в виде:

$$d\mathcal{E} \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i - \sum_i \mathbf{X}_i d\mathbf{Z}_i, \quad (1.5.5)$$

Это выражение вводит основополагающее для теории необратимых процессов понятие термодинамической силы \mathbf{X}_i как причины возникновения этого i -го процесса переноса энергии

$$\mathbf{X}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{Z}_i). \quad (1.5.6)$$

Несложно показать, что термодинамическая сила \mathbf{X}_i имеет смысл удельной силы \mathbf{F}_i , отнесенной к переносимой ею величине Θ_i . Действительно, поскольку в процессе переноса величина Θ_i остается неизменной, то

$$-(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{Z}_i) = -\Theta_i^{-1}(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{R}_i) = \mathbf{F}_i/\Theta_i. \quad (1.5.7)$$

С математической точки зрения выражение (1.5.1) представляет собой не что иное, как результат совместного определения основных величин, которыми оперирует энергодинамика. Оно носит характер тождества и потому справедливо при любых значениях входящих в него параметров, независимо от того, чем вызвано их

¹⁾ Знак (–) в этом выражении соответствует правилу знаков в термодинамике: подведенная теплота и совершенная системой работа положительны.

изменение – совершением работы или релаксацией. Поэтому оно применимо к любым процессам (как обратимым, так и необратимым). Благодаря этому становится возможным более общий подход к исследованию разнообразных реальных процессов, который не исключает из рассмотрения какую-либо (обратимую или необратимую) их составляющую.

Естественно, что для необратимых процессов члены 1-й и 2-й суммы тождества (1.5.1) включают в себя изменения состояния, обусловленные релаксацией, т.е. уже не характеризуют только внешний энергообмен системы. Тем не менее процессы, протекающие в реальных системах, они описывают полностью. Это придает математическому аппарату развиваемой здесь теории общность, достаточную для того, чтобы не только изучать на их основе разнообразные явления, но и объяснять их.

Глава 2.

ВИДЫ ЭНЕРГИИ И СТЕПЕНЬ ИХ ПРЕВРАТИМОСТИ

Принято считать как нечто само собой разумеющееся, что возможности взаимного превращения энергии, т.е. их способность совершать полезную (техническую) работу, зависит лишь от формы энергии. Это проявляется в делении всех известных её форм на «энтропийные» (неполностью превратимые) и «безэнтропийные» (полностью превратимые). К «энтропийным» относят внутреннюю тепловую энергию (иногда называемую «молекулярной»), а также химическую энергию, а к «безэнтропийным» – механическую, электрическую и нередко ядерную энергию (А.А. Долинский, В.М. Бродянский, 1991). Между тем тепловая (чисто энтропийная) форма энергии также может самопроизвольно утрачивать свою работоспособность (т.е. «диссипировать»), подобно тому, как рассеивается механическая энергия в процессе расширения газа в пустоту или электростатическая энергия в процессе переноса заряда на тела большой емкости. Такова же «безэнтропийная» ядерная энергия, которая, как известно, превратима в очень незначительной мере «дефекта массы». В принципе, все формы внутренней энергии, как и она сама, превратимы неполностью, и степень их превратимости зависит не столько от этой формы, сколько от параметров её источника и приемника, как это имеет место в соответствии со 2-м началом термодинамики для тепловой энергии. Иными словами, степень превратимости энергии не является функцией состояния ее источника, а ее рассеяние в процессе превращения зависит от характера этого процесса (степени его необратимости). Поэтому «априорное» деление энергии на «превратимые» и «непревратимые» (энтропийные и неэнтропийные) формы без учета самой возможности такого превращения и условий его протекания несостоятельно.

Задача настоящей главы – показать, что степень превратимости той или иной формы энергии, т.е. её способность к совершению полезной работы, определяется тем, в какой мере эта энергия *упорядоченна*. При этом будет показано, что эта упорядоченность определяется тем, насколько пространственно неоднородна (внутренне неравновесна) система, располагающая этой формой энергии.

2.1. Понятие парциальной энергии и ее аналитическое выражение

В вопросе о содержании понятий «форма энергии» и «вид энергии» до сих пор царит бессистемность. Это касается не только необходимости различения понятий «форма» и «вид» энергии (И.Коган, 2008), но и принятого способа их деления. Обычно, говоря о формах или видах энергии, называют механическую (кинетическую и потенциальную), внутреннюю, гравитационную, электромагнитную, лучистую, тепловую, химическую, ядерную и др. виды энергии. Однако в многокомпонентных и многофазных системах теми же самыми видами энергии может обладать каждый компонент и каждая её фаза. В результате число степеней свободы такой системы (т.е. число независимых координат \mathbf{Z}_i , определяющих состояние и энергию системы), не равно числу форм или видов энергии. Так, например, в одной и той же многокомпонентной системе может протекать множество независимых химических реакций с определенным соотношением чисел молей реагирующих веществ. Аналогичным образом в многофазной системе число фазовых переходов может быть больше или меньше количества фаз. В таком случае выходом из положения является введение понятия парциальной (частичной) энергии каждой степени свободы системы в отдельности.

С этой целью применим к членам первой суммы (1.5.5) преобразования Лежандра

$$\Psi_i d\Theta_i = d(\Psi_i \Theta_i) - \Theta_i d\Psi_i. \quad (2.1.1)$$

В пространственно неоднородных системах, к которым относится тождество (1.5.5), потенциалы Ψ_i являются функцией пространственных координат, т.е. $\Psi_i = \Psi_i(\mathbf{r})$. Поэтому представим последнее слагаемое в (2.1.1) в виде:

$$\Theta_i d\Psi_i(\mathbf{r}) = \Theta_i(d\mathbf{r}, \nabla)\Psi_i = -\mathbf{X}_i d\mathbf{Z}_i \quad (2.1.2)$$

где $\mathbf{X}_i = -\nabla\Psi_i$, $d\mathbf{Z}_i = \Theta_i d\mathbf{r}_i$. Таким образом, термодинамические силы \mathbf{X}_i , представляют собой градиенты обобщенных потенциалов Ψ_i , взятые с обратным знаком. Это соответствует принятому в

ТНП правилу знаков: силы положительны, если они направлены на установление равновесия в системе.

Сопоставляя тождество (1.5.5) с выражением (2.1.1), находим с учетом (2.1.2), что это тождество принимает вид:

$$d\mathcal{E} \equiv \sum_i d(\Psi_i \Theta_i) = \sum_i d\mathcal{E}_i. \quad (2.1.3)$$

Отсюда следует, что *энергия \mathcal{E} неоднородной системы равна сумме «парциальных» энергий $\mathcal{E}_i = \Psi_i \Theta_i$ всех её степеней свободы*. При этом каждая из них выражается произведением интенсивной величины – потенциала Ψ_i – на экстенсивный параметр – координату Θ_i как количественную меру носителя данной формы энергии (кратко – энергоносителя)¹⁾. В общем случае эти два параметра – координата Θ_i и потенциал Ψ_i – полностью определяют парциальную энергию данной степени свободы системы. Величина этой энергии зависит от характера связи параметров \mathbf{X}_i и \mathbf{Z}_i , и при $\mathbf{X}_i = K\mathbf{Z}_i$ (аналог закона Гука) равна $\mathbf{X}_i \cdot \mathbf{Z}_i / 2$.

Однако при наличии дополнительных «наложенных» связей (типа стехиометрических соотношений химических реакций) число независимых процессов, протекающих в какой-либо неравновесной системе, не равно числу n составляющих энергии системы (названных здесь парциальными). Например, в r -й химической реакции принимают участие в различной мере многие k -е компоненты системы. В процессах векторной природы число степеней свободы больше числа форм энергии за счет независимых компонентов векторной величины, например, векторов скорости \mathbf{v} или импульса \mathbf{P} . При нагреве системы также изменяется не только кинетическая энергия поступательного, вращательного и колебательного движения частиц, составляющих систему, но и их взаимная потенциальная энергия. Отсюда следует важный вывод о том, что в каком-либо i -м независимом процессе могут принимать участие несколько физических форм движения, и наоборот, каждой форме энергии может соответствовать несколько степеней свободы системы. Иными словами, говоря о парциальной энергии, сле-

¹⁾ Не составляет исключения и парциальная кинетическая энергия, которая является полностью упорядоченной и включает в себя как кинетическую энергию движения тела как целого $M\mathbf{v}_0^2/2$, так и кинетическую энергию относительного макроскопического движения её частей со скоростью \mathbf{w} $M\mathbf{w}^2/2$, что в пределе $\mathbf{v}_0, \mathbf{w} = c$ составляет Mc^2 .

дует иметь в общем случае некоторый комплекс форм движения. Количественной мерой всего этого комплекса и служит координата Θ_i данного процесса, которая является экстенсивной мерой данной формы парциальной энергии и её носителем.

Что же касается общего смысла формально введенных выше потенциалов Ψ_i в выражении (1.5.1), то несложно показать, что они представляют собой среднемассовые значения локальных потенциалов ψ_i . Действительно, поскольку в процессах, характеризующихся суммой (1.5.1), удельное значение $\theta_i = (\partial\Theta_i/\partial M)$ любой координаты Θ_i изменяется равномерно во всех частях системы, то $\Psi_i d\Theta_i/dt = \int \psi_i (d\theta_i/dt) \rho dV = (d\theta_i/dt) \int \psi_i \rho dV$, где $\rho = \partial M/\partial V$, так что

$$\Psi_i = M^{-1} \int \psi_i dM = V^{-1} \int \psi_i \rho dV. \quad (2.1.4)$$

Таким образом, в случае пространственно неоднородной системы потенциал Ψ_i какой-либо области V (в том числе пограничного слоя) равен среднемассовому значению её локальных потенциалов ψ_i . При этом любая i -я форма парциальной энергии такой системы \mathcal{E}_i может быть выражена интегралом

$$\mathcal{E}_i = \int \psi_i \theta_i dM = \int \psi_i \rho_i dV \quad (2.1.5)$$

Это позволяет дать более детальный анализ процессов энергопревращения.

2.2. Параметры основных форм парциальной энергии.

Нахождение экстенсивных и интенсивных параметров, характеризующих конкретную форму какой-либо формы энергии, целесообразно начать с наиболее распространенной тепловой формы энергии.

Как известно, понятие «теплоты» в современной технической литературе употребляется в двух смыслах: как функция *состояния* U_T (называемая кратко «теплотой тела») и как функция *процесса* Q , служащая количественной мерой теплообмена (кратко

называемая «теплотой процесса»). Эта двойственность понимания теплоты возникла исторически в связи с ее рассмотрением как хаотической формы движения (в одном ряду с такими явлениями, как свет, звук, электричество, магнетизм) и сохранилась вопреки многочисленным дискуссиям. Понимание теплоты как формы энергии отразилось в понятии теплоемкости системы. Оно закрепилось также и в теории теплообмена в соответствии с принципом: обмениваться можно только тем, чем располагают партнеры. В неравновесных системах такое понимание теплоты диктуется целым рядом тепловых эффектов, вызванных диссипацией (трением, высокочастотным или индукционным нагревом, химическими превращениями). Эти теплоты также не подводятся извне, хотя и относятся к *процессу*. Однако в равновесных системах такого рода тепловые эффекты отсутствуют, и теплота становится лишь количественной мерой процесса теплообмена. Поэтому в равновесной термодинамике она трактуется исключительно как энергия в состоянии перехода от одного тела к другому, т.е. как то, что подводится через границы системы извне, но не содержится в самой системе. Это породило известные трудности нахождения координаты теплообмена, поскольку эта величина не должна была изменяться в отсутствие теплообмена (т.е. в адиабатических процессах) даже при наличии объемной деформации (и вызванного им нагрева) и любых самопроизвольных превращениях упорядоченных форм энергии в тепловую.

Основоположник термодинамики Р.Клаузиус справился с этой задачей, предположив возможность осуществления цикла тепловой машины в прямом и обратном направлении без того, чтобы в самом рабочем теле и окружающей его среде произошли какие-либо остаточные изменения. Он разбивает произвольный цикл тепловой машины серией адиабат и изотерм на ряд элементарных обратимых циклов Карно. В каждом из них соотношение элементарных количеств подведенной и отведенной теплоты dQ_1 и dQ_2 выражается через абсолютные температуры подвода и отвода тепла T_1 и T_2 термическим КПД $\eta_t = 1 - T_2/T_1$. Отсюда следует, что круговой интеграл от приведенной теплоты $\oint dQ/T$ обращается в нуль независимо от конфигурации цикла. Это означает, что его подынтегральное выражение представляет собой полный дифференциал некоторой новой функции состояния $dS = dQ/T$, которая связана с теплотой процесса соотношением

$$dQ = TdS. \quad (2.2.1)$$

Так была найдена координата теплообмена, названная Р.Клаузиусом совсем за другие свойства энтропией (от греч. *entropos* — «поворот внутрь»). Таким образом, обоснование существования энтропии у Клаузиуса неразрывно связано с понятием обратимости. Еще сложнее оказывается это доказательство, если предположить заранее неизвестными понятия теплоты Q и абсолютной температуры, т.е. исходить из чисто механических представлений (К.Каратеодори, 1909). Тем более неудачными оказались попытки обоснования принципа существования энтропии, учитывающие необратимость реальных процессов.

Задача, между тем, резко упрощается, если придерживаться порядка идей энергодинамики и исходить из энергодинамического тождества (1.5.5), которое справедливо независимо от того, чем вызвано изменение параметров Ψ_i и Θ_i — внешним энергообменом или необратимыми процессами. В таком случае существование координаты термической степени свободы вытекает непосредственно из принципа адекватности, и остается выяснить только его связь с температурой. Он находится непосредственно из условий теплового равновесия между двумя частями (подсистемами) изолированной в целом системы методом, предложенным впервые Гиббсом. Пусть две подсистемы имеют изначально различные эмпирические температуры τ' и τ'' и разделены жесткой диатермичной (теплопроницаемой) перегородкой. Так как в процессе установления равновесия энергия \mathcal{E} такой системы остается неизменной, условие равновесия выражается в ее постоянстве при любых вариациях энергии подсистем $\delta\mathcal{E}'$ и $\delta\mathcal{E}''$. Обозначив параметры термической степени свободы через Ψ_T и Θ_T , а их значения в подсистемах — одним и двумя штрихами, найдем, что условие теплового равновесия выражается равенством

$$\delta\mathcal{E} = \delta\mathcal{E}' + \delta\mathcal{E}'' = \Psi_T'\delta\Theta_T' + \Psi_T''\delta\Theta_T'' = 0. \quad (2.2.2)$$

Учтем, далее, что система в целом изолирована ($\Theta_T = \text{const}$), а в состоянии теплового равновесия внутренние источники у координат Θ_T' и Θ_T'' отсутствуют. Тогда возможные вариации $\delta\Theta_T'$ и $\delta\Theta_T''$ подчинены очевидному ограничению:

$$\delta\Theta_T = \delta\Theta_T' + \delta\Theta_T'' = 0. \quad (2.2.3)$$

Рассматривая (2.2.2) совместно с уравнением наложенных связей (2.2.3), приходим к выводу, что в состоянии теплового равновесия имеет место равенство потенциалов Ψ_T' и Ψ_T'' в обеих подсистемах:

$$\Psi_T' = \Psi_T''. \quad (2.2.4)$$

Из опыта известно, что тепловое равновесие достигается при равенстве в подсистемах эмпирических температур τ' и τ'' , измеренных в произвольной шкале (Цельсия, Реомюра, Фаренгейта и т.д.). Следовательно, потенциалы Ψ_T' и Ψ_T'' являются некоторыми функциями этих температур: $\Psi_T' = \Psi_T'(\tau')$; $\Psi_T'' = \Psi_T''(\tau'')$. Поскольку же данное рассуждение носит общий характер и не зависит от природы вещества в подсистемах, эта функциональная зависимость должна быть единой для всех веществ (*универсальной*). Далее, равенство (2.2.4) сохраняет силу до тех пор, *пока возможен теплообмен между подсистемами*, т.е. пока не прекратилось полностью тепловое движение в подсистемах, обусловившее возможность этого вида энергообмена. Отсюда следует, что температуры τ' и τ'' отличаются от нуля до тех пор, *пока существует теплообмен между любыми мыслимыми телами*. Это означает, что потенциалы Ψ_T' и Ψ_T'' должны измеряться в так называемой абсолютной шкале температур, нуль которой *соответствует полному «вырождению» (исчезновению) теплового движения*. Этим требованиям, как известно, и отвечает шкала Кельвина. Обозначая температуру в этой шкале через T , приходим к выводу, что элементарное изменение энергии системы $d\mathcal{E} = \Psi_T d\Theta_T$ связано с теплотой dQ тем же соотношением, что и энтропия Клаузиуса S :

$$d\mathcal{E} = \Psi_T d\Theta_T = dQ = TdS. \quad (2.2.5)$$

Нетрудно видеть, что парциальная тепловая энергия $\mathcal{E}_T = TS$ соответствует понятию «связанной» энергии Гельмгольца TS . Это естественно, если под ней понимать весь комплекс элементарных форм движения (взаимодействия), так или иначе связанных с тепловым (хаотическим) движением частиц. Последнее делает существование энтропии S как параметра состояния особенно очевид-

ным, поскольку частное от деления одного параметра состояния (Θ_r) на другой (T) заведомо является параметром состояния.

Более того, такой подход позволяет выяснить простой и ясный физический смысл термодинамической энтропии Клаузиуса S . Для этого достаточно сопоставить выражение (2.2.5) с другим, аналогичным по форме членом той же суммы выражения (1.5.5), характеризующим увеличение парциальной кинетической энергии тела как целого E^k :

$$dE^k = \mathbf{v} \cdot d\mathbf{P}, \quad (2.2.6)$$

где $\Psi_i \equiv \mathbf{v}$; $\Theta_i \equiv \mathbf{P} = M\mathbf{v}$ – скорость и импульс поступательного движения системы. Из этого сопоставления следует, что энтропия S играет по отношению к парциальной тепловой энергии системы Θ_r ту же роль, что импульс системы \mathbf{P} – по отношению к ее кинетической энергии как целого E^k . Иными словами, энтропия является мерой суммарного импульса частиц, составляющих систему, утратившего векторную природу вследствие хаотичности теплового движения. Эту экстенсивную величину удобно называть *термоимпульсом системы* во избежание отождествления термодинамической, статистической, информационной, лингвистической и т.п. энтропией. Не следует только забывать, что вклад в его величину дают все формы движения и взаимодействия, так или иначе «связанные» с тепловым движением, в том числе кинетическая энергия поступательного, вращательного и колебательного движения частиц системы и потенциальная энергия их взаимодействия.

Перейдем теперь к парциальной энергии объемной деформации системы. Смысл параметра Ψ_p для этого случая можно установить тем же способом. Для этого рассмотрим условия наступления механического равновесия между двумя подсистемами, разделенными подвижной непроницаемой для тепла и вещества перегородкой. Для этого случая выражение (2.1.1) принимает вид:

$$\delta\Theta = \delta\Theta' + \delta\Theta'' = \Psi_p' d\Theta_r' + \Psi_p'' d\Theta_p'' = 0. \quad (2.2.7)$$

Рассматривая это выражение совместно с уравнением наложенных связей $d\Theta_r' + d\Theta_p'' = 0$, немедленно приходим к выводу, что условием механического равновесия является условие $\Psi_p' =$

Ψ_p ". Таким образом, параметр Ψ_p имеет смысл величины, принимающей при равновесии одинаковое значение для рассматриваемых подсистем. Продолжая те же рассуждения, как и в отношении температуры τ , приходим к выводу, что таким параметром является абсолютное давление p – величина сугубо положительная. Она имеет размерность $[\text{Дж}/\text{м}^3]$ и смысл плотности энергии упругой деформации. Следовательно, координатой Θ_p , сопряженной с давлением, является величина с размерностью объема. Однако поскольку увеличение парциальной энергии упругой деформации связано с совершением работы сжатия системы, под Θ_p следует понимать объем с отрицательным знаком $-V$, что соответствует уменьшению объема в процессе сжатия. В отличие от традиционного выбора ($\Theta_p = V$, $\Psi_p \equiv -p$), такой результат не противоречит знаку движущей силы переноса газа в потоке $\mathbf{X}_p = -\text{grad}p$.

Повторяя те же рассуждения в отношении двух тел (подсистем), движущихся относительно друг друга со скоростями \mathbf{v}' и \mathbf{v}'' , найдем, что обмен кинетической энергией между ними прекратится при равенстве всех трех независимых компонент скорости v_α ($\alpha = 1, 2, 3$). Аналогичным образом находятся условия равновесия вращающихся тел, которое выражается равенством всех компонент угловой скорости ω_α .

Применяя рассмотренный метод к нахождению условий электрического, гравитационного, диффузионного, осмотического и т.п. равновесия, найдем, что они выражаются в равенстве электрического ϕ и гравитационного ψ_g потенциала области, диффузионного ζ_k , осмотического ζ_k потенциала k -го вещества μ_k и т.п.¹⁾ Соответственно экстенсивными мерами этих форм парциальной энергии являются электрический заряд Z , масса M , числа молей k -х веществ N_k , компоненты P_α , L_α импульса \mathbf{P} и его момента \mathbf{L} .

Построение математического аппарата в энергодинамике основано на выражении полного дифференциала энергии. Это принципиально отличается от принятого в термодинамике подхода, где 1-е начало представляет собой баланс внутренней энергии:

1) При таком подходе становится совершенно очевидной необходимость измерения не только температуры и давления, но и скорости, химического, электрического и любого другого потенциала исследуемой системы в такой шкале, нуль которой соответствует исчезновению данного вида взаимодействия в любых мыслимых телах.

$$dU = \bar{d}Q - \sum_i \bar{d}W_i. \quad (2.2.8)$$

Дело в том, что элементарные количества теплоты $\bar{d}Q$ и работы i -го рода $\bar{d}W_i$ можно выразить через параметры системы Ψ_i и Θ_i только в том случае, когда они изменяются исключительно за счет внешнего энергообмена. Чтобы исключить самопроизвольные изменения координат Θ_i , необходимо предположить полное равновесие системы. Но тогда и энергообмен системы с внешней средой становится невозможным. Поэтому в классической термодинамике вводится дополнительное понятие «квазиравновесности», которое допускает как внешний энергообмен, так и существование релаксационных процессов. Тогда и возникают неравенства

$$\bar{d}Q \neq TdS ; \bar{d}W_i \neq \Psi_i d\Theta_i, \quad (2.2.9)$$

вызванные наличием внутренних источников у энтропии и ряда координат Θ_i .

Это является главной причиной серьезной ограниченности классической термодинамики системами, где диссипативными процессами можно еще пренебречь.

Представляя полный дифференциал энергии \mathcal{E} в функции параметров Ψ_i и Θ_i независимо от того, чем вызвано их изменение (внешним энергообменом или релаксацией), мы тем самым распространяем математический аппарат термодинамики на необратимые процессы. В этом отношении предпринятый здесь подход дает заметные преимущества. Он позволяет перевести основное уравнение классической термодинамики в форме соотношения Гиббса в тождество:

$$d\mathcal{E} \equiv TdS - pdV + \sum_k \mu_k dN_k, \quad (2.2.10)$$

где T , p и μ_k представляют собой среднемассовые значения температуры, давления и химического потенциала k -го вещества. Хотя это и не устраняет неравенств (2.2.9), создаются условия для корректного получения всех следствий математического аппарата

термодинамики, базирующегося, как известно, на свойствах полного дифференциала.

2.3. Упорядоченная и неупорядоченная энергия

Полученное выше аналитическое выражение парциальной энергии (2.1.5) позволяет показать, что любая форма энергии \mathcal{E}_i пространственно неоднородной системы содержит в общем случае равновесную U_i (непревратимую) и неравновесную E_i (превратимую) часть. Чтобы выделить из \mathcal{E}_i равновесную часть U_i , достаточно положить в (2.1.5) потенциал ψ_i не зависящим от пространственных координат, т.е. $\psi_i \neq \psi_i(\mathbf{r})$. Вынося ψ_i на этом основании за знак интеграла, найдем:

$$U_i = \psi_i \Theta_i. \quad (2.3.1)$$

Остальная часть энергии $E_i = \mathcal{E}_i - U_i$ представляет собой упорядоченную (превратимую) часть парциальной энергии этой степени свободы:

$$E_i = (\Psi_i - \psi_i) \Theta_i. \quad (2.3.2)$$

Таким образом, любая форма парциальной энергии \mathcal{E}_i пространственно неоднородной системы обладает работоспособностью при наличии в её составе упорядоченной составляющей E_i . Величина этой энергии численно равна полезной внешней работе dW_i^T , затраченной на выведение системы из состояния внутреннего равновесия в отсутствие потерь от необратимости. Соответственно этому убыль этой энергии в условиях, когда совершение внешней упорядоченной работы W_i^T сопровождается диссипацией W_i^A , выражает их сумму

$$-dE_i = \mathbf{X}_i d\mathbf{Z}_i = dW_i^T + dW_i^A. \quad (2.3.3)$$

Совершение диссипативной работы сопровождается возрастанием среднеинтегрального значения потенциала системы Ψ_i , что и отражает выражение (2.1.2). Непосредственным экспериментальным подтверждением этого обстоятельства явилась серия экспериментов к.т.н. Л. Бровкина (1960, 1962). В этих экспериментах в зазор плотно упакованного рулона бумаги, картона, резиновой ленты и других листовых материалов по всей их длине закладывался чувствительный элемент термометра сопротивления. Затем рулон подвергался неравномерному нагреву от внешнего источника тепла, после чего в нем происходил самопроизвольный процесс термической релаксации. При этом регистрировалось изменение сопротивления такого «рассредоточенного» термометра. Удивительным в этих экспериментах оказался тот факт, что во всех испытанных материалах наблюдался значительный (достигающий 17%) подъем среднеинтегральной температуры тела. Он продолжался десятки минут, пока не начинало преобладать понижение температуры вследствие остывания не вполне теплоизолированного образца. Это явление, названное автором «эффектом роста измеряемого теплосодержания», не получило в то время удовлетворительного объяснения и осталось не замеченным. Между тем оно явным образом указывало на то, что считающаяся «хаотической» тепловая энергия неравномерно нагретого тела диссипирует в той же мере, что и любая форма «упорядоченной» энергии. При этом процесс диссипации также сопровождается возрастанием потенциала Ψ_i , как и в тех случаях, когда координата Θ_i системы в целом остается в силу законов сохранения (массы, заряда, импульса и т.п.) неизменной. Это означает, что неупорядоченная часть U энергии \mathcal{E} возрастает при релаксации системы даже в том случае, когда параметры Θ_i подчиняются законам сохранения.

Поскольку в равновесных системах диссипация энергии прекращается ($W^{\text{д}} = 0$), то любые изменения их энергии \mathcal{E} затрагивают только её неупорядоченную часть ($d\mathcal{E} = dU$). В таком случае $\Psi_i = \psi_i(t)$, и в соответствии с (2.1.2)

$$dU = \sum_i \Theta_i d\psi_i(t) = 0. \quad (2.3.4)$$

Это выражение в равновесной термодинамике носит название обобщенного соотношения Гиббса-Дюгема (Базаров И. П., 1991). В таком случае изменение неупорядоченной энергии системы U

осуществляется только за счет совершения над ней неупорядоченной работы $\bar{d}W_i^H$, т.е.

$$dU = \sum_i dU_i = \sum_i \bar{d}W_i^H = \sum_i \psi_i d\Theta_i, \quad (2.3.5)$$

Полученные здесь выражения упорядоченных и неупорядоченных работ $\bar{d}W_i^T$ и $\bar{d}W_i^H$ подтверждают возможность разделения энергии на качественно различимые составляющие – упорядоченную и неупорядоченную часть. Иногда эти части целесообразно именовать кратко *инергией* и *анергией* (Эткин В.А., 2008), понимая под ними работоспособные и неработоспособные составляющие энергии.

2.4. Энергоперенос и энергопревращение, их количественные меры

Обычно обобщение классической термодинамики на более сложные системы осуществляют путем дополнения объединенного уравнения 1-го и 2-го начал

$$dU = \sum_i \psi_i d\Theta_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.4.1)$$

новыми членами той же структуры. При этом новые воздействия относят к категории «работ, совершаемых помимо работы расширения» (В.Сычѳв, 1986). Такое «расширение» термодинамики с использованием понятия «обобщенной координаты», введенного еще Лагранжем, применяется, в частности, при анализе поверхностных явлений, когда работа сил поверхностного натяжения записывается в виде [5]:

$$\bar{d}W_f = \sigma_f df. \quad (2.4.2)$$

Здесь роль силы отводится поверхностному натяжению σ_f , а роль координаты Θ_i – поверхности тела f . При этом игнорируется то обстоятельство, что поверхностное натяжение возникает вслед-

ствии перепада давлений p' и p'' на границе раздела фаз, так что многофазная система, о которой идет речь, уже не является равновесной (пространственно неоднородной). Это исключает возможность применения к ней математического аппарата равновесной термодинамики, что специально оговаривается при изложении её оснований (Гухман А.А., 1986; Базаров И.П., 1991).

Столь же часто в роли переменных Ψ_i в выражении (2.4.1) фигурируют напряженности электрического \mathbf{E} , магнитного \mathbf{H} , а также других внешних полей, а в роли обобщенных координат Θ_i – векторы поляризации \mathbf{P} и намагниченности \mathbf{M} . Между тем диэлектрики и магнетики – внутренне неравновесные системы, в чем не сложно убедиться, наблюдая векторные процессы релаксации после их изоляции от внешних силовых полей. Их пространственная неоднородность проявляется в противоположном знаке смещения разноименных зарядов или полюсов при образовании электрических и магнитных диполей.

То же самое происходит, когда выражение (2.4.1) применяют к анализу процессов сложной деформации, заменяя при этом давление p тензором давлений, а объем V – тензором деформаций. При этом ускользает от внимания, что этот тензор содержит компоненты, характеризующие отклонение системы от состояния равновесия, т.е. описывающие процессы в неравновесных системах и относящиеся к категории упорядоченных работ. Это можно показать на простейшем примере равномерного растяжения стержня, работу деформации которого обычно записывают в виде:

$$dW_\ell = F_\ell d\ell . \quad (2.4.3)$$

Здесь роль Ψ_i играет модуль растягивающей силы F_ℓ , а роль Θ_i – длина стержня ℓ . Между тем стержень в напряженном состоянии также представляет собой неравновесную систему, состояние различных частей которой изменяется противоположным образом. Действительно, смещения dr центров обеих половинок стержня в системе центра его массы r_m имеют противоположный знак: $dr' < 0$, $dr'' > 0$. Поэтому в действительности работа растяжения стержня относится к членам второй суммы тождества (1.5.5), имеющим векторную природу:

$$dW_\ell = \mathbf{F}_\ell' \cdot d\ell' / 2 + \mathbf{F}_\ell'' \cdot d\ell'' / 2 = \mathbf{F}_\ell \cdot d\ell . \quad (2.4.4)$$

Дело доходит даже до того, что уравнение (2.4.1) применяют к системам, находящимся в поле тяжести, где под Ψ_i понимается напряженность гравитационного поля \mathbf{g} и, а под Θ_i – удаление тела от «источника поля» \mathbf{R}_g . При этом от внимания ускользает то обстоятельство, что работа перемещения тела в поле тяжести вообще не влияет на его внутреннее состояние и в принципе не может входить в уравнение баланса внутренней энергии (Хаазе Р., 1964) [5]. Эти примеры еще раз свидетельствуют о недопустимости формального переноса законов равновесной термодинамики на механические и электромеханические явления, затрагивающие внешнюю энергию исследуемых систем. Поэтому формальное объединение в одну группу членов, описываемых членами первой и второй суммы тождества (1.5.5) нельзя расценить иначе, как «подгонку под классику». Такое «объединение» двух принципиально различных категорий процессов, изменяющих соответственно внутреннюю и внешнюю (упорядоченную и неупорядоченную) энергию системы, ведет к серьезным методологическим ошибкам.

Одна из них касается широко распространенного заблуждения о принципиальном различии теплоты Q и работы W , положенного в основание классической термодинамики. Оно основано на ложном представлении о том, что «работа W может непосредственно пойти на увеличение любого вида энергии, в то время как теплота Q непосредственно, без предварительного превращения в работу, приводит лишь к увеличению внутренней энергии системы» (Базаров И.П., 1991) [4]. Между тем истинная «линия водораздела» в отношении «превратимости» различных форм энергии проходит не между теплотой и работой, а между двумя категориями работ, названных здесь упорядоченными и неупорядоченными. Упорядоченная работа $dW^c = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{R}$, как это известно еще из механики, заведомо является количественной мерой этого энергопревращения. Поэтому разговоры о ее «превратимости» – не более чем игра слов. Совсем иного рода работа неупорядоченная, которая сопровождается лишь переносом энергии i -го рода U_i её энергоносителем Θ_i из окружающей среды в систему (или наоборот). Если обозначить координаты Θ_i в системе и окружающей среде через Θ_i' и Θ_i'' , а потенциалы Ψ_i в них – через Ψ_i' и Ψ_i'' , то элементарную неупорядоченную работу dW_i^u в них можно выразить соотношениями:

$$dW_i' = \Psi_i' d\Theta_i'; \quad dW_i'' = \Psi_i'' d\Theta_i''. \quad (2.4.5)$$

Поскольку $d\Theta_i'' = -d\Theta_i'$, то при $\Psi_i' = \Psi_i''$ работы dW_i' и dW_i'' численно равны. Это означает, что в обратимом процессе совершения неупорядоченной работы происходит лишь перенос энергии через границы системы без изменения её формы. Поэтому работу такого рода можно определить как *количественную меру процесса энергопереноса*. В частности, при обратимом теплообмене тела обмениваются между собой внутренней тепловой энергией, в процессе обратимого расширения – энергией упругой деформации и т.п. Все неупорядоченные виды работ, равно как и теплообмен, пополняют только равновесную часть внутренней энергии системы, которая, как известно, вообще не может быть превращена в работу в отсутствие других тел, не находящихся с ним в равновесии и потому служащих приемниками преобразуемой энергии. Именно поэтому мы объединили теплоту и неупорядоченную работу в одну категорию процессов энергообмена.

Другого рода методологическая ошибка проявляется в утверждении о «полной превратимости» энергии, подведенной к системе в форме работы (Базаров И., 1984; Бродянский В., 1980; Шаргут Я., Петела Р., 1968 и др.). Как было показано выше, энергия, подведенная к преобразователю в форме неупорядоченной работы, превратима лишь в той мере, в какой энергопреобразующая система неравновесна (Эткин В.А., 1988?).

Еще одна из распространенных ошибок – глубоко укоренившееся представление о том, что пространственно однородные системы также могут совершать полезную (упорядоченную) работу. Такое представление часто оправдывают тем, что полезная (упорядоченная) работа гальванических, топливных и т.п. элементов, а также гомогенных изобарно-изотермических реакций определяется убылью энергии Гиббса $G = U + pV - TS$, как и в равновесных системах. При этом игнорируется то обстоятельство, что в действительности полезная работа в химических реакциях совершается лишь тогда, когда реагенты пространственно разделены, т.е. система пространственно неоднородна. Такое разделение осуществляется, как известно, в устройствах с полупроницаемыми мембранами типа ящика Вант Гоффа, в гальванических или топливных элементах, где электроды пространственно разделены. Гомогенные же химические реакции неизбежно приобретают термодинамически необратимый характер и сопровождаются лишь соверше-

нием неупорядоченной работы, т.е. выделением тепла и совершением работы расширения.

Полный дифференциал парциальной энергии любой i -й степени свободы \mathcal{E}_i может быть разложен на две составляющие:

$$d\mathcal{E}_i = d(\Psi_i\Theta_i) = \Psi_i d\Theta_i + \Theta_i d\Psi_i . \quad (2.4.6)$$

В пространственно неоднородных средах, где $\Psi_i = \Psi_i(\mathbf{R}_i)$ и $\Theta_i = \Theta_i(t)$, эти слагаемые соответствуют членам первой и второй суммы тождества (1.5.5). Действительно, члены его первой суммы соответствуют разложению моментов \mathbf{Z}_i в условиях $\mathbf{R}_i = \text{const}$, когда $\Psi_i d\Theta_i(t) = dU_i$, т.е. изменяется только внутренняя энергия. Напротив, члены $\Theta_i d\Psi_i(\mathbf{R}_i) = dE_i$, т.е. изменяют только ту часть энергии, которая в классической механике и термодинамике называлась внешней. Таким образом, любая форма парциальной энергии может быть представлена в виде суммы упорядоченной и неупорядоченной части, характеризующей способность совершать соответственно упорядоченную W_i^T и неупорядоченную W_i^H работу:

$$d\mathcal{E}_i(\mathbf{R}_i, t) = dE_i(\mathbf{R}_i) + dU_i(t) = -\bar{d}W_i^T - \bar{d}W_i^H . \quad (2.4.7)$$

Это приближает нас к пониманию энергии как «суммы всех действий, которые может произвести система над окружающей её средой» (К.Максвелл, 1864). Нетрудно видеть, что такое определение весьма близко по смыслу к данному в главе 1 определению энергии как способности к совершению любой работы. Следует только под действием понимать не факт приложения силы (что отражается термином «взаимодействие»), а вызванный этой силой процесс.

Убедиться в принципиальном различии неупорядоченных и упорядоченных работ, выражаемых членами 1-й и 2-й суммы термодинамического тождества (1.5.5), несложно, обратив внимание на отличие тензорного ранга их аналитических выражений. Если неупорядоченные виды работ W_i^H выражаются через переменные скалярной природы, то упорядоченные работы W_i^T – через величины векторные (в соответствии с природой преодолеваемых сил \mathbf{F}_i).

Несложно также показать, что виды работ, входящих в категорию неупорядоченных и упорядоченных, весьма разнообразны. С

этой целью в таблице 1 приведены аналитические выражения наиболее распространенных из них

Таблица 1

Виды неупорядоченных работ

Вид процесса	Работа $dW_i^H, Дж$	Примечание
Ввод термоимпульса (нагрев)	$dW_q^H = TdS$	T – абс. температура; S – энтропия
Всестороннее сжатие	$dW_p^H = -pdV$	p – абс. давление; V – объем
Массоперенос (ввод массы)	$dW^{bb} = \psi_r dM$	$\psi_r = pv$ – гидродина- мический потенциал.
Электризация (ввод заряда)	$dW_e^H = \varphi dZ$	φ – электрический потенциал; Z – заряд
Диффузия (ввод k -го вещества)	$dW_\delta^H = \zeta_k dN_k$	ζ_k – диффузионный потенциал k -го в-ва
Осмоз	$dW_{oc}^H = \zeta_k dN_k$	ζ_k – осмотический потенциал
Фильтрация	$dW_\phi^H = h_k dN_k$	h_k – энтальпия фильт- рующегося в-ва.
Аккреция вещества	$dW_g^H = \psi_g dM$	ψ_g – гравитационный потенциал

Основная особенность таблицы 1 состоит в том, что в ней процесс обратимого теплообмена $dQ = TdS$ заменен более общим теплопроцессом, учитывающим внутренние источники тепла диссипации. Этот процесс явным образом связан с совершением внутренней «микроработы», что позволяет объединить его с другими видами неупорядоченной работы.

Другое отличие заключается в более детальном учете разновидностей работы ввода в систему вещества в условиях, характерных для процессов диффузии, осмоса, фильтрации и т.п. (Эткин В.А., 2008).

Еще более многочисленным является перечень упорядоченных работ (таблица 2).

Таблица 2

Виды упорядоченных работ

Вид процесса	Работа dW_i^T , Дж	Примечание
Трансформация тепла	$X_q \cdot dZ_q$	$X_q = -\nabla T$; $dZ_q = SdR_s$
Работа газа в потоке	$X_p \cdot dZ_p$	$X_p = -\nabla p$; $dZ_p = VdR_p$ V – переносимый объем.
Нагнетание жидкостей	$X_m \cdot dZ_m$	$X_m = -\nabla h$; $dZ_q = MdR_m$ h – энтальпия.
Химическая реакция в потоке	$X_r \cdot dZ_r$	$X_r = -\nabla A_r$; $dZ_q = M_r dR_r$. A_r – сродство реакции.
Диализ бинарной смеси	$X_k \cdot dZ_k$	$X_m = -\nabla \mu_k$; $dZ_q = N_k dR_k$. μ_k – хим. потенциал k -го в-ва
Работа источника тока	$X_e \cdot dZ_e$	$X_e = -\nabla \varphi$; $dZ_e = 3dR_e$. 3 – электрический заряд.
Работа гравитационного поля	$X_g \cdot dZ_g$	$X_g = \mathbf{g} = -\nabla \psi_g$; $dZ_q = MdR_g$ ψ_g – гравитац. потенциал.
Ускорение тела	$X_w \cdot dZ_w$	$X_g = -\nabla v$; $dZ_q = MvdR_m$ v – модуль скорости
Поляризация диэлектриков	$X_n \cdot dZ_n$	$X_n = \mathbf{E} = -\nabla \varphi$; $dZ_n = 3^n dR_n$ 3^n – дипольный заряд
Намагничивание магне- тиков	$X_m \cdot dZ_m$	$X_m = \mathbf{B}$; $dZ_m = dM$ M – вектор намагничив.
Ускорение вращения тела	$X_\omega \cdot dZ_\omega$	$X_g = -\nabla \omega$; $dZ_q = I_\omega \omega dR_\omega$ I_ω – момент инерции
Ускорение относит. движения	$X_w \cdot dZ_w$	$X_w = -\nabla w$; $dZ_q = MwdR_w$ w – модуль относ. скорости

Сопоставление таблиц 1 и 2 наглядно показывает, что упорядоченная W_i^e и неупорядоченная W_i^n работа представляют собой два принципиально различных способа изменения одной и той формы энергии: первая – путем превращения в неё других форм энергии, вторая – путем переноса ее через границы системы.

Далее, как следует из таблицы 2, действующие в природе силы весьма разнообразны и отнюдь не сводятся к 4-м видам взаимодействия (электромагнитным, гравитационным, сильным и слабым), признаваемым современной наукой. Это позволяет различать количественные и качественные характеристики энергии.

2.5. Степень упорядоченности системы и критерии её эволюции

Эвристическая ценность деления энергии на упорядоченную (превратимую) и неупорядоченную (непревратимую) не исчерпывается пониманием того, что «работа работе рознь». Рассмотрим отношение

$$\eta_i = E_i/\mathcal{E}_i = 1 - \psi_i/\Psi_i . \quad (2.5.1)$$

Оно определяет степень пространственной неоднородности (внутренней неравновесности) рассматриваемой степени свободы системы, и одновременно – «степень превратимости» данной формы парциальной энергии. Убедиться в этом несложно, рассматривая неоднородное тело как частный случай «расширенной» системы (тело + окружающая среда), в которой источник тепла имеет температуру $T_1 = \Psi_i$, а теплоприемник – температуру $T_2 = \psi_i$, равную той, которую примет рабочее тело тепловой машины, придя в равновесие с окружающей средой (теплоприемником). В таком случае η_i будет иметь смысл термического КПД обратимой тепловой машины Карно η_i , работающей в интервале температур $\Psi_i - \psi_i$.

Это положение можно распространить на системы с любым числом степеней свободы, поскольку такое поведение характерно для любых форм парциальной энергии. Для этого введем понятие степени упорядоченности энергии системы в целом:

$$\eta = E/\mathcal{E} . \quad (2.5.2)$$

Как следует из (2.5.2), степень упорядоченности системы η колеблется от 0 до 1 и убывает при протекании в изолированной системе ($\mathcal{E} = \text{const}$) необратимых (диссипативных) процессов:

$$(d\eta)_{\text{из}} = dE/\mathcal{E} < 0. \quad (2.5.3)$$

Это выражение позволяет объединить 1-е и 2-е начала термодинамики в единый закон *сохранения и девальвации (обесценения) энергии*. Согласно ему, «энергия изолированной системы остается неизменной, однако по мере приближения к равновесию её упорядоченная её часть убывает, превращаясь в неупорядоченную».

Вместе с тем понятие степени упорядоченности системы (2.5.2) позволяет распространить критерий эволюции (2.5.3) и на неизолированные, незамкнутые и открытые системы, если его записать в виде:

$$d\eta = dE/d\mathcal{E}. \quad (2.5.4)$$

Такое обобщение чрезвычайно важно для биологических, экологических и подобных им систем, которые функционируют только в условиях обмена с окружающей средой энергией и веществами. Такие системы способны как приближаться к равновесию, так и удаляться от него, если изменение упорядоченной энергии опережает уменьшение или увеличение полной энергии системы \mathcal{E} . Критерий (2.5.4) отражает оба этих случая:

$$d\eta > 0 \text{ (упорядочивание);} \quad (2.5.5)$$

$$d\eta < 0 \text{ (разупорядочивание)}$$

В этом отношении критерий упорядоченности η обладает несомненными преимуществами перед энтропией S , которая применима только к изолированным системам. Кроме того, ниоткуда не следует, что при разупорядочивании системы возрастет будет возрастет именно энтропия (т.е. связанная энергия TS), а не ка-

кие-либо другие формы неупорядоченной энергии. Известно, например, что в процессах резания металлов коэффициент выхода тепла, т.е. отношение количества выделившегося тепла к затраченной работе, меньше единицы. Это означает, что часть энергии деструкции металлов переходит в неупорядоченную энергию стружки, а не в теплоту. Еще отчетливее это обстоятельство проявляется в процессах дробления материалов, при которых возрастает не только температура, но и поверхностная энергия частиц материала. Таким образом, энтропия как критерий инволюции является совершенно недостаточным.

Более удобна в качестве критерия эволюции сама упорядоченная энергия изолированной системы E , которая способна отразить как её инволюцию (деградацию), так и «прогрессивную» эволюцию:

$$dE < 0 \text{ (инволюция); } dE > 0 \text{ (эволюция)} \quad (2.5.6)$$

В этом отношении упорядоченная энергия также обладает несомненными преимуществами перед энтропией S , которая в изолированных системах может только возрасть. Наконец, энергетические критерии эволюции более информативны, поскольку способны проследить за эволюцией каждой из присущих системе степеней ее свободы, отражая приближение к равновесию одних (i -х) степеней свободы, ($dE_i < 0$) и удаление от равновесия – других (j -х):

$$dE_i < 0; dE_j > 0. \quad (2.5.7)$$

Такое поведение особенно характерно для биологических систем, показывая, что «порядок» в них возникает не за счет «хаоса», а за счет снижения упорядоченности системы в целом η .

Ввиду этой «физичности», информативности и универсальности понятия упорядоченной и неупорядоченной энергии и основанные на них критерии играют важную роль в дальнейшем рассмотрении проблем энергетики.

Глава 3.

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ И ЕЕ НОСИТЕЛЕЙ

Процессы переноса энергии в твердых, жидких и газообразных средах, плазме и электромагнитных полях изучает большое число дисциплин: физическая и химическая кинетика, теория необратимых процессов и механика сплошных сред, статистическая физика и акустика, оптика и гидродинамика, электродинамика и магнито-гидродинамика, физика высоких энергий и т.д. Каждая из этих дисциплин имеет свои методологические особенности, собственную понятийную систему и специфический математический аппарат. В этой связи приобретает большое значение выявление принципиального единства этих процессов и установление основных закономерностей их кинетики. Эти задачи и определяют содержание этой главы.

3.1. Понятие потока энергии и энергоносителей

Характерной особенностью энергодинамики является отказ от идеализации процессов, выраженной в понятиях «квазистатический» (бесконечно медленный), «равновесный» и «обратимый» и т.п., что позволяет ввести время в качестве физического параметра в уравнения термодинамики логически непротиворечивым путем. Для этого достаточно переписать тождество (1.5.1) в форме, содержащей полные производные по времени t от введенных ранее параметров состояния:

$$d\mathcal{E}/dt \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i/dt - \sum_i \mathbf{F}_i \cdot \mathbf{v}_i - \sum_i \mathbf{M}_i \cdot \boldsymbol{\omega}_i. \quad (3.1.1)$$

Здесь $\mathbf{v}_i \equiv \mathbf{e}_i dr_i/dt$ – поступательная (трансляционная) скорость переноса Θ_i ¹⁾; $\boldsymbol{\omega}_i \equiv d\boldsymbol{\phi}_i/dt$ – угловая скорость его переориентации

¹⁾ С физической точки зрения величину Θ_i , являющуюся экстенсивной мерой носителя взаимодействия (энергии) данного рода, целесообразно называть для краткости *энергоносителем*. Это облегчит понимание многих изучаемых процессов.

(или вращения). В частном случае, когда параметр Θ_i имеет смысл массы системы, величины \mathbf{v} и $\boldsymbol{\omega}$ характеризуют ее линейную и угловую скорость как целого.

Для дальнейшего весьма важно получить локальную формулировку этого тождества, справедливую для любого элемента континуума. С этой целью применим уравнение (3.1.1) сначала к системе, в которой отсутствуют процессы перераспределения. Тогда вторая и третья суммы (3.1.1) исчезают, и это тождество принимает вид:

$$dU \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i / dt. \quad (3.1.2)$$

В системах, к которым относится это уравнение, изменение параметров Θ_i обусловлено исключительно переносом некоторого его количества через границы системы. Это позволяет выразить изменение параметров во времени t известным выражением:

$$d\Theta_i / dt = - \int \mathbf{j}_i \cdot d\mathbf{f}, \quad (3.1.3)$$

где $\mathbf{j}_i = \rho_i \mathbf{v}_i$ – плотность потока энергоносителя Θ_i через векторный элемент $d\mathbf{f}$ замкнутой поверхности системы f в направлении внешней нормали \mathbf{n} ; \mathbf{v}_i – скорость переноса энергоносителя через элемент поверхности системы $d\mathbf{f}$ в неподвижной или сопутствующей системе отсчета (рис. 3.1).

Подставляя (3.1.3) в (3.1.2), имеем:

$$dU/dt = - \sum_i \Psi_i \int \mathbf{j}_i \cdot d\mathbf{f}. \quad (3.1.4)$$

Нетрудно заметить, что это уравнение является частным случаем более общего выражения

$$dU/dt = - \sum_i \int \psi_i \mathbf{j}_i \cdot d\mathbf{f}, \quad (3.1.5)$$

когда локальные значения ψ_i обобщенного потенциала Ψ_i одинаковы во всех точках системы и потому могут быть вынесены за знак интеграла. Произведение $\psi_i \mathbf{j}_i$ представляет собой i -ю составляющую плотности потока энергии $\mathbf{j}_e = \sum_i \psi_i \mathbf{j}_i$ через элемент $d\mathbf{f}$ поверхности системы f . Поэтому, переходя в (3.1.4) на основании теоремы Остроградского–Гаусса к интегралу по объему системы, приходим к выражению закона сохранения энергии для произ-

вольной области континуума, предложенному Н. Умовым в 1873 г.:

$$dU/dt = - \int \nabla \cdot \mathbf{j}_e dV. \quad (3.1.6)$$

Согласно этому выражению, изменение энергии системы равно количеству энергии, прошедшей за это время через ее границы.

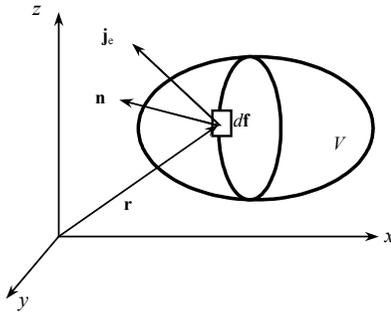


Рис. 3.1. Поток энергии через границы системы.

Или, выражаясь словами самого Умова, «прилив энергии... обусловливается принятием или отдачей энергии средой через ее границы». Заметим, что справедливость этого положения отнюдь не ограничивается понятием механической энергии, которую имел в виду Н. Умов.

Развернутую форму этого уравнения легко получить, представляя в нем дивергенцию потока энергии $\nabla \cdot \mathbf{j}_e = \sum_i \nabla \cdot (\psi_i \mathbf{j}_i)$ в виде суммы двух слагаемых $\sum_i \psi_i \nabla \cdot \mathbf{j}_i + \sum_i \mathbf{j}_i \cdot \nabla \psi_i$:

$$dU/dt = - \sum_i \int \psi_i \nabla \cdot \mathbf{j}_i dV + \sum_i \int \mathbf{x}_i \cdot \mathbf{j}_i dV, \quad (3.1.7)$$

где

$$\mathbf{x}_i \equiv -\nabla \psi_i \quad (3.1.8)$$

– локальная движущая сила i -го процесса, выраженная через отрицательный градиент обобщенного потенциала. В теории необратимых процессов эта величина называется обычно «термодинамической силой в ее энергетическом представлении» (И. Дьярмати, 1974).

Уравнение (3.1.7) позволяет выяснить смысл «глобальных» переменных Ψ_i и \mathbf{X}_i , введенных ранее «по определению» для системы в целом. Учитывая, что в континуальных средах элементы объема или массы не изменяют своей ориентации в пространстве ($d\phi_i = 0$), запишем тождество (3.1.2) в виде:

$$dU/dt \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i/dt - \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i. \quad (3.1.9)$$

Здесь

$$\mathbf{J}_i \equiv (\partial \mathbf{Z}_i / \partial t)_\Phi = \Theta_i \mathbf{e}_i dr_i / dt = \Theta_i \mathbf{v}_i \quad (3.1.10)$$

– полные потоки смещения (переноса) i -го энергоносителя Θ_i .

Эти потоки при $d\Phi_i = 0$ можно выразить через их плотности $\mathbf{j}_i \equiv \rho_i d\mathbf{r}_i / dt$ очевидным соотношением:

$$\mathbf{J}_i \equiv \Theta_i d\mathbf{r}_i / dt = \int \rho_i \mathbf{v}_i dV = \int \mathbf{j}_i dV. \quad (3.1.11)$$

Подобным же образом, исходя из инвариантности мощности процесса $N_i = \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i$ можно установить связь между локальными и глобальными термодинамическими силами:

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{J}_i^{-1} \int \mathbf{x}_i \cdot \mathbf{j}_i dV, \quad (3.1.12)$$

Таким образом, «глобальная» термодинамическая сила \mathbf{X}_i представляет собой среднеинтегральное значение локальной термодинамической силы $\mathbf{x}_i \equiv -\nabla \psi_i$.

Нетрудно видеть, что потоки \mathbf{J}_i отличаются от более привычного понятия расхода своей размерностью и по смыслу ближе к понятию «обобщенного импульса» $\mathbf{P}_i = \Theta_i \mathbf{v}_i$ i -го энергоносителя Θ_i для системы в целом. Такие потоки играют важную роль во многих явлениях. Таковы, например, векторные потоки электрического смещения в системе объемом V , определяемые произведением свободного заряда системы Θ_e на скорость смещения его центра в процессах перераспределения свободного заряда системы. Именно этой величине пропорционален вектор индукции магнитного поля в законе Био – Савара, теплоты Джоуля и Томсона в проводниках и термоэлементах, электромагнитная сила, действующая на проводник с током по закону Ампера и т.д. В последующем мы неоднократно будем сталкиваться с ними в явлениях переноса и преобразования различных форм энергии, что подтвердит необходимость и полезность обобщения максвелловского понятия о токах смещения на явления иного рода.

Установленная таким образом связь между локальными переменными, которыми оперируют полевые теории, и термодинамическими параметрами, характеризующими состояние континуальной системы в целом, позволяет распространить на них методы неравновесной термодинамики. Особое значение приобретает при этом введение в уравнения термодинамики важнейших для естествознания в целом понятия потока энергоносителя \mathbf{J}_i и его плотности \mathbf{j}_i . Введение этих понятий позволяет в дальнейшем отличать

потоки энергии от потоков энергоносителя¹⁾ и предотвратить тем самым целый ряд недоразумений.

Не менее важно и понятие полезной мощности (производительности) процесса преобразования энергии в системе в целом $N_i = \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i$ и в единице объема системы $\mathbf{x}_i \cdot \mathbf{j}_i$, которое отсутствовало в термодинамике необратимых процессов в связи с тем, что она ограничивалась изучением исключительно диссипативных явлений.

3.2. Феноменологические законы стационарных процессов переноса

Начало изучению процессов переноса положила известная работа Ж.Фурье (1822), описывающая кинетику процесса теплопроводности. В качестве субстрата переноса она рассматривала теплород как невесомый и неуничтожимый флюид, концентрация которого определяла температуру тела T , а в качестве его движущей силы – её градиент $\mathbf{X}_q = -\nabla T$. Впоследствии отвергнутое представление о теплороде было заменено понятием потока тепла \mathbf{J}_q с плотностью \mathbf{j}_q , а закон теплопроводности стали записывать в виде:

$$\mathbf{j}_q = \lambda \mathbf{X}_q, \text{ (Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}\text{)} \quad (3.2.1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К.

Идеи Ж. Фурье были вскоре подхвачены его современниками. Уже в 1822 г. появилась работа Л. Навье, положившая начало гидродинамике вязких жидкостей. Она связывала плотность потока импульса $\mathbf{j}_w = \rho d\mathbf{v}/dt$ со всеми действующими на частицу жидкости силами: массовыми силами тяжести $\mathbf{X}_m = \rho \mathbf{F}_m$, объемными силами $\mathbf{X}_p = -\nabla p$, обусловленными неоднородным полем давления p , и поверхностными силами, обусловленными напряжениями сдвига. В механике сплошных сред силы давления и касательные напряжения объединяются в единый математический объект – тензор напряжения \mathbf{T} , где этим силам соответствуют диагональные и недиагональные компоненты. Это позволяет записать уравнение Навье при отсутствии силы тяжести \mathbf{X}_m в наиболее компактной форме, предложенной Коши (1822):

¹⁾ Их отличие можно проиллюстрировать сравнением с путешественником, меняющим средства передвижения в зависимости от обстоятельств.

$$\mathbf{j}_w = \nabla \cdot \mathbf{T} \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-2} \text{)}. \quad (3.2.2)$$

Вслед за этим вывел свой знаменитый закон Г. Ом (1827), связывавший плотность тока проводимости \mathbf{j}_e с движущей силой $\mathbf{X}_e = -\nabla \cdot \varphi$, выраженной градиентом электрического потенциала φ :

$$\mathbf{j}_e = \sigma \mathbf{X}_e \text{ (А} \cdot \text{м}^{-2} \text{)}, \quad (3.2.3)$$

где σ – коэффициент электропроводности.

В 1855 г. А. Фик предложил уравнение диффузии, которое устанавливает пропорциональность диффузионного потока k -го вещества \mathbf{j}_k градиенту их концентрации c_k (кг/м³). Положив $\mathbf{X}_k = -\nabla c_k$, его закону можно придать простой вид:

$$\mathbf{j}_k = D_k \mathbf{X}_k \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-2} \text{)}, \quad (3.2.4)$$

где D_k – коэффициент диффузии, м²/с.

Годом позже А. Дарси сходным образом выразил зависимость скорости фильтрации жидкости от градиента напора в пористых средах. Используя принятые в ТНП понятия, этот закон можно представить линейной зависимостью плотности потока фильтрата \mathbf{j}_ϕ от градиента давления $\mathbf{X}_\phi = -\nabla p$:

$$\mathbf{j}_\phi = k_\phi \mathbf{X}_\phi \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-2} \text{)}, \quad (3.2.5)$$

где k_ϕ – коэффициент фильтрации, имеющий размерность времени.

Заметим, что все эти законы, кроме закона теплопроводности, оперируют понятием материального носителя соответствующей формы энергии, которую мы для краткости назвали энергоносителем. Поэтому и в законе (3.2.1) целесообразно перейти к потоку термоимпульса (энтропии) $\mathbf{j}_s = \mathbf{j}_q/T$, записав его в форме:

$$\mathbf{j}_s = \lambda/T \mathbf{X}_q, \text{ (Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-2} \text{)} \quad (3.2.6)$$

Такого рода законы носили чисто эмпирический характер и не являлись следствием какой-либо единой теории процессов переноса. Попытка создания такой теории была предпринята лишь в 1931 году Л. Онсагером в его феноменологической теории, названной им «квазитермодинамикой». Эту формальную теорию скорости физико-химических процессов релаксации Л. Онсагер построил на основе выражения для скорости возникновения энтропии. Известно, что в состоянии равновесия энтропия адиабатически изолированной системы S максимальна. Пусть параметры неравновесного состояния x_1, x_2, \dots, x_n (температура T , давление p , концентрации k -х веществ c_k и т.д.) отличаются от своих равновесных значений $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}$ на величину $\alpha_i = x_i - x_{i0}$. Тогда естественно предположить, что разность энтропий текущего S и равновесного S_0 состояний $\Delta S = S - S_0$ является некоторой функцией $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$. В таком случае причину возникновения i -го скалярного процесса (скалярную термодинамическую силу X_i) и обобщенную скорость этого процесса (названную Л. Онсагером не вполне оправданно потоком J_i) можно было найти из выражения для скорости возникновения энтропии:

$$dS/dt = \sum_i (\partial S / \partial \alpha_i) d\alpha_i / dt = \sum_i X_i J_i, \quad (3.2.7)$$

где

$$X_i = (\partial S / \partial \alpha_i); \quad J_i = d\alpha_i / dt. \quad (3.2.8)$$

Таким образом, термодинамическая сила X_i имела у Онсагера совершенно иной смысл, чем в механике Ньютона, и рассматривалась как некоторая мера отклонения системы от внутреннего равновесия. Это делало силу X_i зависящей от параметров α_i и потоков J_i . Онсагер постулировал, что при небольших отклонениях от термодинамического равновесия эта связь носит линейный характер, т.е. любой из потоков J_i линейно зависит от всех действующих в системе термодинамических сил X_j :

$$J_i = \sum_j L_{ij} X_j. \quad (i, j = 1, 2, \dots, n). \quad (3.2.9)$$

Входящие в эти уравнения коэффициенты пропорциональности L_{ij} Онсагер положил не зависящими от параметров состояния α_i , поскольку в противном случае уравнения (3.2.9) были бы нелинейными. Тем не менее он назвал их «феноменологическими», как и сами законы процессов релаксации (3.2.9), хотя в соответствии с опытом явления релаксации подчиняются скорее экспоненциаль-

ным уравнениям, а все коэффициенты в эмпирических уравнениях (3.2.1...3.2.6) зависят от параметров состояния системы. Это породило в дальнейшем известную ограниченность теории Онсагера состояниями в непосредственной близости к равновесию.

Нетрудно, далее, заметить, что матричная форма кинетических уравнений Онсагера (3.2.9) отличается от законов Фурье, Ома, Фика, Дарси, Ньютона и т.п. наличием дополнительных (недиагональных) членов с номерами $j \neq i$. Это равноценно тому, что для описания, например, явления термодиффузии (возникновения потока k -го вещества под действием градиента температуры), к правой части закона диффузии Фика (3.2.4) прибавлялся линейный член, пропорциональный градиенту температуры. Последнее эквивалентно представлению потока J_j в виде суммы нескольких слагаемых $J_{ji} = L_{ji}X_i$. При этом дополнительные члены характеризуют вклад «чужеродной» силы X_i в j -й поток J_j ($j \neq i$). Это было сделано Онсагером для объяснения многочисленных «эффектов наложения» разнородных процессов, которые он и его последователи (Де Грот С.Р., Музур Р., 1964; Хаазе Р., 1967 и др.), объясняли взаимосвязью разнородных явлений, «наложением» разноименных потоков J_i, J_j , их «взаимным увлечением» (Булатов Н.К., Лундин А.Б., 1984) и т.п.

Более полувека такое объяснение не вызывало каких-либо возражений и воспроизводилось в многочисленных руководствах по термодинамике необратимых процессов. Их авторы почему-то «не заметили», что потоки J_i в соотношении (2.2.6) находятся как производные по времени от независимых параметров α_i и потому не могут быть зависимыми в отсутствие дополнительно наложенных связей.

Не смутило исследователей и то обстоятельство, что этот постулат расходился с многовековыми принципами механики, согласно которым каждому независимому процессу (перемещения, ускорения, установления механического равновесия и т.п.) соответствует единственная (результатирующая) сила, с исчезновением которой этот процесс прекращается. О наличии такой единственной силы свидетельствовали и те самые уравнения анизотропной теплопроводности и электропроводности, которые, по собственному признанию Л.Онсагера, послужили прообразом его феноменологических законов (3.2.8). В самом деле, для явлений анизотропной теплопроводности и электропроводности движущие силы X_α являлись компонентами единственной силы – соответственно вектора отрицательного градиента температуры $-\nabla T$ и напряженности электрического поля E ($\alpha = 1, 2, 3$). На это обращал внимание ещё Г.Казимир (1945). Имелись и другие основания усомниться в

адекватности постулата Онсагера существу дела. Прежде всего, линейные законы Онсагера (3.2.8) даже в их простейшей (диагональной) форме отличаются от законов Фурье, Ома, Фика и т.п. Там коэффициенты L_{ii} зависят от параметров состояния системы (температуры, давления, состава и т.п.), что делает их, строго говоря, нелинейными. Таким образом, постулирование постоянства феноменологических коэффициентов L_{ij} явилось шагом назад по сравнению с исходными уравнениями (3.2.1...3.2.5), у которых такое ограничение отсутствовало. Во всяком случае, никаких оснований называть законы (3.2.8) «феноменологическими» (т.е. базирующимися на опыте), не было¹⁾.

Тем не менее, постулат Онсагера не только не был отвергнут современниками Онсагера, но и распространен на векторные процессы переноса вещества, заряда, импульса и энергии в стационарных системах, где постоянство параметров поддерживалось внешним принуждением (Денбиг К., 1954; Де Гроот С.Р., 1956; Пригожин И., 1960; Хаазе Р., 1967; Дьярмати И., 1974 и др.). Законы Онсагера для этого случая записывались в виде:

$$\mathbf{J}_i = \sum_j L_{ij} \mathbf{X}_j, \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.2.10)$$

где коэффициенты L_{ij} для сохранения линейности предполагались не зависящими не только от сил \mathbf{X}_j , но и от параметров системы. В таком виде принцип линейности Онсагера до сих пор составляет неотъемлемую часть теории необратимых процессов и воспроизводится во всех руководствах по ТНП с той лишь оговоркой, что в соответствии с принципом симметрии Кюри взаимодействовать (налагаться) могут только процессы одного и того же (или четного) тензорного ранга. Уже одно это указывало на ограниченность постулата Онсагера и должно было насторожить исследователей.

Далее, не было секретом, что упомянутые «эффекты наложения» достигают максимума, когда некоторые (так называемые «незафиксированные») потоки попросту исчезают и потому в принципе не могут налагаться на оставшиеся потоки. Например, в растворах электролитов, в которых имеют место явления электропроводности и диффузии, разность электрических потенциалов (эффект Квинке) была максимальна тогда, когда ток прекращается (Хаазе, 1967).

¹⁾ Тем не менее Нобелевский комитет присудил Л. Онсагеру в 1968 нобелевскую премию.

Точно так же обстояло дело с эффектом Сорé – возникновением градиента концентрации k -го вещества в первоначально гомогенной системе при создании в ней градиента температуры. При этом указанный градиент концентраций достигал максимума при исчезновении диффузионных потоков. Следовательно, причину возникновения подобных эффектов наложения следовало искать где угодно, но только не во взаимодействии (наложении) самих необратимых явлений. В самом деле, возникновение градиентов или перепадов каких-либо потенциалов означал удаление системы от равновесия данного рода, т.е. возникновение в системе антидиссипативных процессов. В таком случае обращение в нуль какого-либо из потоков могло быть вызвано взаимной компенсацией составляющих J_{ji} этого потока. Как мы увидим далее, именно этим и объясняется возникновение «эффектов наложения». Однако изучение таких процессов явно выходило за рамки теории Онсагера, поскольку любые релаксационные явления всегда направлены в сторону установления равновесия, и составляющие J_{ji} потока J_j имеют один и тот же знак. Таким образом, упомянутое выше объяснение «эффектов наложения» не могло даже возникнуть в недрах этой теории.

Наконец, сторонникам Л.Онсагера давно следовало бы обратить внимание на то, что в соответствии с выражением (3.2.7) с обращением в нуль какой-либо силы X_i сопряженный с ней поток J_i не дает никакого вклада в производство энтропии dS/dt , сколь бы значительным ни было влияние на этот поток «сторонних сил X_j ». Иными словами, при $X_i = 0$ никакая другая сила не может породить поток J_i , который приближал бы систему к равновесию и вызывал возрастание её энтропии. Это возможно только тогда, когда с исчезновением силы X_i обращается в нуль и сопряженный с ней поток. Тем самым доказывается единственность движущей силы любого необратимого процесса и несостоятельность принципа Онсагера (3.2.8). Тот же результат следует и из энергодинамического тождества (1.5.5), согласно которому с обращением в нуль какой-либо силы X_j никакие изменения момента Z_i и соответствующего ему потока $J_j = dZ_j/dt$ не могут изменить энергии системы \mathcal{E} . Это означает, что *для каждого независимого процесса существует единственная термодинамическая сила X_i или F_i , с исчезновением которой этот процесс прекращается* (В.Эткин, 1989).

В связи с этим имеет немаловажное значение выяснение условий, при которых действительно возникает взаимосвязь изначально независимых процессов, и законы переноса приобретают вид (3.2.10).

3.3. Кинетические уравнения взаимосвязанных процессов переноса

Выясним, какие ограничения на характер феноменологических законов переноса вытекают из первых принципов энергодинамики. С этой целью рассмотрим сначала систему, в которой протекает какой-либо j -й независимый процесс переноса, для которого в соответствии с доказанным выше положением существует лишь одна единственная «результатирующая» движущая сила $\mathbf{F}_j = \sum_i \mathbf{F}_{ij}$. Состояние такой системы характеризуется наряду с n параметрами Θ_i определенным моментом распределения \mathbf{Z}_j и определенной силой F_j . В таком случае поток \mathbf{J}_j как его производная по времени, также является функцией состояния системы, имеющей вид $\mathbf{J}_j = \mathbf{J}_j(\Theta_i, F_j)$. Это позволяет записать полный дифференциал модуля J_j потока \mathbf{J}_j в виде:

$$dJ_j = \sum_i (\partial J_j / \partial \Theta_i) d\Theta_i + (\partial J_j / \partial F_j) dF_j. \quad (3.3.1)$$

Интегрируя это выражение от состояния равновесия (с $F_j = 0$) до текущего состояния, имеем:

$$J_j = \sum_i \int (\partial J_j / \partial \Theta_i) d\Theta_i + \int (\partial J_j / \partial F_j) dF_j. \quad (3.3.2)$$

Заметим, что для так называемых «сред с памятью» (вязкоупругих, вязкопластичных материалов, для гистерезисных явлений и т.п.) потоки J_j возникают лишь при некотором так называемом «пороговом» значении силы F_{j0} , отличном от нуля. Поэтому интегрирование по F_j мы будем начинать именно от этого значения силы. Учитывая, что значение любого параметра не зависит от пути интегрирования, будем для удобства интегрировать (3.3.2) сначала по Θ_i при $F_j = F_{j0}$, а затем по F_j при $\Theta_i = \text{const}$. Поскольку в состоянии равновесия никакие изменения координат Θ_i не могут вызвать поток J_j , интеграл от первой суммы в (3.3.2) обращается в нуль. Что же касается членов второй суммы, то их можно представить в более компактном виде, введя обозначение $(\partial J_j / \partial F_j) \equiv K_j$ и вынося за знак интеграла (3.3.2) некоторое усредненное в диапазоне от F_{j0} до F_j значение коэффициента \bar{K}_j :

$$J_j = \bar{K}_j (F_j - F_{j0}), \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (3.3.3)$$

Для частного случая $F_{j0} = 0$ это уравнение принимает вид обобщенных уравнений (3.1.1...3.1.5) :

$$\mathbf{J}_j = \bar{K}_j \mathbf{F}_j. \quad (3.3.4)$$

Таким образом, общий вид уравнений независимых процессов переноса соответствует эмпирическим законам переноса тепла, вещества, заряда, импульса и т.п. (3.2.1...3.2.5), где градиенты отдельных потенциалов заменены результирующей силой $\mathbf{F}_j = \Sigma_i \mathbf{F}_{ji}$. Это возможно, поскольку все компоненты \mathbf{F}_{ji} силы \mathbf{F}_j имеют единую размерность. Это соответствует записи кинетических уравнений переноса в виде:

$$\mathbf{J}_i = \bar{K}_{ji} \Sigma_i \mathbf{F}_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n_i). \quad (3.3.5)$$

Эти уравнения, строго говоря, нелинейны, поскольку коэффициенты \bar{K}_{ji} в них могут являться произвольными функциями термостатических параметров Ψ_j (температуры, давления, концентраций k -х веществ и т.д.), а также любых сил \mathbf{F}_{ij} .

Рассмотрим теперь случай, когда благодаря наложенным связям в одних и тех же областях системы протекают несколько взаимозависимых процессов. Тогда каждый из изначально независимых потоков J_i становится функцией всех действующих в системе термодинамических сил X_j ($i, j = 1, 2, \dots, n$), т.е. $J_i = J_i(\Theta_j, X_j)$.

Тогда полный дифференциал модуля J_i потока \mathbf{J}_i в примет вид:

$$dJ_i = \Sigma_j (\partial J_i / \partial \Theta_j) d\Theta_j + \Sigma_j (\partial J_i / \partial X_j) dX_j. \quad (3.3.6)$$

Это выражение отличается от (3.1.6) лишь наличием суммы у второго слагаемого правой части. Поэтому, обозначая производную $(\partial J_i / \partial X_j)$ через L_{ij} и повторяя те же действия, что и в выражениях (3.3.2...3.3.5), найдем:

$$J_i = \Sigma_j L_{ij} (X_j - X_{j0}), \quad (i, j = 1, 2, \dots, n). \quad (3.3.7)$$

В тех случаях, когда пороговым значением X_{j0} силы X_j можно пренебречь, законы переноса (3.3.7) упростить, считая коэффициенты L_{ij} не зависящими от параметров состояния системы:

$$J_i = \sum_j L_{ij} X_j, \quad (3.3.8)$$

или в векторной форме:

$$\mathbf{J}_i = \sum_j L_{ij} \mathbf{X}_j. \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.3.9)$$

Таким образом, мы убедились, что матричная форма уравнений переноса Онсагера (3.2.8) действительно является следствием допущения о зависимости каждого из потоков \mathbf{J}_i от всех действующих в системе термодинамических сил \mathbf{X}_j . Речь идет фактически об априорном предположении о наличии дополнительных связей между потоками и силами, не содержащихся в исходных уравнениях термодинамики. В дальнейшем мы увидим, что такого рода взаимосвязи возникают, например, из закона сохранения энергии.

3.4. Соотношения взаимности в процессах переноса

Феноменологические законы Онсагера (3.2.8) содержали n^2 эмпирических коэффициентов против n в истинно феноменологических законах Фурье, Ома, Фика и т.д. Поэтому одним из наиболее важных положений теории необратимых процессов Онсагера явилось доказательство им симметрии матрицы феноменологических коэффициентов L_{ij} :

$$L_{ji} = L_{ij} \quad (3.4.1)$$

Эти условия симметрии получили название *соотношений взаимности* (Л.Онсагер, 1931). Они явились тем недостающим звеном, которое позволило связать разрозненные факты в одну стройную картину и уменьшить число подлежащих экспериментально определению коэффициентов L_{ij} от n^2 до $n(n+1)/2$. По своей значимости для термодинамики необратимых процессов этот принцип взаимности иногда сравнивают с началами класси-

ческой термодинамики, называя его иногда (по предложению Д. Миллера) «четвертым началом термодинамики».

Для их обоснования он привлек принцип микроскопической обратимости, теорию флуктуаций и дополнительный постулат о линейном характере законов затухания флуктуаций. Все три названных положения выходили за рамки термодинамики, поэтому Л.Онсагер не без оснований назвал свою теорию «квазитермодинамикой». Применение статистической механики, «в основаниях которой много неясного» (Р. Кубо, 1970), лишила его теорию той полноты и строгости, которая характерна для термодинамики. Так, одно из основных положений статистической механики об эргодичности систем¹ так и осталось гипотезой. К началу 90-х гг. XX в. в результате критического анализа математического содержания статистической механики, а также численных экспериментов на мощных компьютерах стало ясно, что взаимодействие между частицами (например, кулоновское или ван-дер-ваальсовое) приводит к потере эргодичности. Поэтому к реальным системам взаимодействующих частиц следует применять не статистические, а динамические методы описания.

Далее, принцип микроскопической обратимости, одна из формулировок которого утверждает равенство скоростей любого прямого и обратного молекулярного процесса, справедлив, строго говоря, только для состояний равновесия. К процессам перехода из одного неравновесного состояния в другое этот принцип неприменим со всей очевидностью. Действительно, возврат в равновесное состояние объясняется именно тем, что частота и амплитуда микропроцессов, идущих в направлении равновесия, преобладают. Поэтому и соотношения взаимности, если они действительно отражают этот принцип, должны были бы выполняться лишь в непосредственной близости к состоянию равновесия, и нарушаться все более и более по мере удаления системы от последнего. Между тем, как будет показано ниже, для выполнения соотношений взаимности достаточно и неполного равновесия, когда прекращается лишь часть из протекающих в системе процессов.

Другим слабым звеном явилось допущение о том, что микроскопические законы затухания флуктуаций подчиняются тем же линейным феноменологическим законам (3.2.8), что и макроскопические процессы переноса тепла, вещества, заряда и т.п. Между тем реальные законы затухания флуктуаций имеют скорее экспо-

¹ Эргодичной называют систему, в которой усреднение физической величины по пространству приводит к тому же результату, что и усреднение по времени.

ненциальный характер. Даже кинетические уравнения (3.2.8), строго говоря, нелинейны. Особенно очевидно это для законов Фурье, Ома, Фика, Дарси, Ньютона и т.п., записанных в интегральной форме (через перепады температур T , давлений p , концентраций c_k и т.п.), когда коэффициенты пропорциональности в них оказываются зависимыми от полей этих параметров. Это нарушает требование их постоянства, которое в теории Онсагера носит принципиальный характер и составляет существенную часть его принципа (С. де Гроот, П. Мазур, 1964). Действительно, силы X_i в его теории определялись отклонением параметров системы ψ_i (температуры, давления, концентраций компонентов и т.п.) от их равновесного значения и потому являлись функциями этих параметров. В таком случае зависимость коэффициентов L_{ij} от этих параметров означает неявную зависимость их и от сил X_j , т.е. нелинейность феноменологических законов (3.2.8). Это нарушает условия применимости статистико–механического обоснования симметрии матрицы феноменологических коэффициентов, использованного Онсагером, и тем самым исключает возможность их применения к мембранным процессам.

О неадекватности существу дела предложенного Онсагером способа доказательства этих соотношений свидетельствует и тот факт, что соотношения взаимности часто оправдываются далеко за пределами тех ограничений, которые накладываются самой системой их обоснования. В частности, если бы линейные законы действительно были бы необходимы для доказательства соотношений взаимности, эти соотношения нарушались бы всякий раз, когда феноменологические законы утрачивали линейность. Однако, как будет показано ниже, соотношения взаимности могут выполняться и для систем, где линейны только недиагональные члены уравнений (3.2.8), описывающие эффекты наложения. Поэтому прав К. Труселл (1975), утверждая, что «если соотношения взаимности верны, то должна существовать и возможность их чисто феноменологического вывода».

Один из таких путей предлагает энергодинамика благодаря особенностям вытекающих из тождества (1.5.5) дифференциальных соотношений. Учитывая, что $F_i = X_i\Theta_j$ и $\mathbf{r}_i = \mathbf{Z}_i/\Theta_j$, на основании независимости второй производной от порядка дифференцирования имеем:

$$(\partial Z_i/\partial X_j) = (\partial Z_j/\partial X_i). \quad (3.4.2)$$

Возьмем полные производные по времени t от обеих частей этого равенства:

$$d(\partial Z_i / \partial X_j) / dt = d(\partial Z_j / \partial X_i) \quad (3.4.3)$$

В стационарных процессах перераспределения (при $\Theta_j, X_i = \text{const}$) операция дифференцирования по времени относится только к координатам Z_i, Z_j . Эти производные в отсутствие процессов переноса и переориентации ($\Theta_i, \Phi_i = \text{const}$) определяют обобщенную скорость соответствующего процесса (потоки J_i и J_j). В таком случае, меняя в (3.4.2) порядок дифференцирования по времени t и силам $\mathbf{X}_j, \mathbf{X}_i$, имеем:

$$(\partial J_i / \partial X_j) = (\partial J_j / \partial X_i). \quad (3.4.4)$$

Эти соотношения утверждают равенство взаимных влияний разнородных потоков и их движущих сил и потому имеют больше оснований называться соотношениями *взаимности*, нежели условия симметрии матрицы феноменологических коэффициентов (3.4.1). Они выражают *принцип взаимности: разнородные процессы, одновременно протекающие в одних и тех же областях пространства, оказывают друг на друга равное влияние.*

Впервые существование соотношений такого рода постулировал Риссельберг (Risselberghe, 1962), который предложил называть их «обобщенными соотношениями взаимности». Это оправдано, поскольку они носят более общий характер, нежели упомянутые условия симметрии Онсагера. Эти условия можно найти как следствие для частного случая линейных систем. Действительно, применяя (3.4.4) к уравнениям (3.2.8), имеем:

$$(\partial J_i / \partial X_j) = L_{ij} = (\partial J_j / \partial X_i) = L_{ji}. \quad (3.4.5)$$

Таким образом, соотношения взаимности (условия симметрии) Онсагера являются следствием более общих дифференциальных соотношений энергодинамики и могут быть обоснованы без привлечения каких-либо соображений статистико-механического характера. Однако хотя попытки такого обоснования этих соотношений предпринимались неоднократно (Guarneri, 1958, 1960; Li, 1958, 88. Pitzer, 1961, Risselberghe, 1962), приемлемое решение этого вопроса оказалось возможным только в рамках энергодинамики благодаря введению дополнительных координат процессов перераспределения \mathbf{r}_i , обладающих способностью изменяться в стационарных процессах. Поэтому во избежание путаницы соотношения (3.4.4) были названы нами дифференциальными соотношениями взаимности (Эткин, 1991, 1999). Эти соотноше-

ния не содержат никаких ограничений на степень необратимости процессов и на удаленность системы от равновесия. Они не зависят также от конкретного вида уравнений состояния или переноса и, как будет показано ниже, в равной мере применимы к обратимым и необратимым процессам. Особого внимания заслуживает то обстоятельство, что с позиций энергодинамики условия симметрии Онсагера (3.4.1) выполняются и в том случае, когда линейны только добавочные (недиагональные) члены уравнений (3.2.8), т.е. постоянны лишь «перекрестные» коэффициенты L_{ij} или L_{ji} ($i \neq j$). Это существенно расширяет сферу применимости дифференциальных соотношений взаимности, поскольку диагональные члены матрицы феноменологических коэффициентов L_{ii} или L_{jj} могут оставаться при этом любыми функциями одноименных им термодинамических сил X_i или X_j . Именно таковы законы Фурье, Фика, Ома, Дарси и Ньютона. Что же касается добавочных (недиагональных) членов, то они описывают эффекты меньшего порядка малости и в ряде случаев могут считаться линейными. Таким образом, рассмотрение с позиций энергодинамики обнаруживает чрезмерность требования постоянства коэффициентов L_{ii} или L_{jj} в уравнениях (3.2.8), составляющего существенную часть всех предшествующих теорий необратимых процессов. Столь же чрезмерным оказывается требование непосредственной близости системы к равновесию, заложенное Онсагером в его теорию. В самом деле, условия симметрии (3.4.1), вытекающие из дифференциальных соотношений взаимности (3.4.4), справедливы при сколь угодно больших значениях сил X_i или X_j в диагональных членах феноменологических законов. Это и объясняет, почему теория Онсагера оказывается применимой далеко за пределами тех ограничений, которые накладывались самой системой их обоснования.

Наконец, согласно (3.4.4) условия симметрии (3.4.1) могут смениться условиями антисимметрии $L_{ij} = -L_{ji}$ (называемыми в ТНП соотношениями Казимира), если члены уравнения (3.2.8) имеют различные знаки. Это происходит тогда, когда в процессе переноса поток \mathbf{J}_i или \mathbf{J}_j направлен навстречу силам \mathbf{X}_j или \mathbf{X}_i , т.е. «преодолевают» их. Таковы, в частности, все процессы преобразования энергии, в которых источник энергии совершает работу против сил нагрузки. Проявляется это в наступлении так называемого «режима холостого хода», когда с ростом преодолеваемых сил \mathbf{X}_j или \mathbf{X}_i поток \mathbf{J}_i или \mathbf{J}_j обращается в нуль. Наглядным примером служит исчезновение тока во вторичной обмотке сварочного трансформатора при обрыве дуги. Это положение также выходит за рамки ТНП, в которой законы (3.2.8) постулировались Онсагером только с одинаковым знаком всех членов.

Таким образом, соотношения взаимности не нуждаются в допущениях относительно непосредственной близости системы к равновесию, постоянства всех феноменологических коэффициентов и линейности законов затухания флуктуаций. Как было показано выше, они являются следствием первых принципов энергодинамики и потому носят универсальный характер. Это повышает эвристическую ценность таких соотношений и делает их надежным инструментом анализа взаимосвязей разнородных процессов в реальном мире.

3.5. Возникновение «эффектов «наложения» в процессах переноса

Одновременное протекание в одних и тех же областях пространства нескольких необратимых процессов переноса порождает целый ряд «эффектов наложения». Ввиду их многообразия такие эффекты часто группируют по их причинам и следствиям на термомеханические, термохимические, термоэлектрические, термомагнитные, электрокинетические, термогальваномагнитные и т.п. Повышенный интерес к этим явлениям, возникающим на стыке различных научных дисциплин, обусловлен их широким использованием в новейших технологиях XX столетия.

Существующая теория необратимых процессов (ТНП) объясняет такие эффекты «взаимным увлечением» потоков \mathbf{J}_i и \mathbf{J}_j и находит их благодаря использованию соотношений взаимности Онсагера. Для явлений векторной природы это удается сделать только для так называемых «стационарных состояний различного порядка». Понятие о порядке стационарного состояния было введено И. Пригожиным (1960) после доказательства им теоремы, согласно которой минимальное производство энтропии соответствует состоянию, когда потоки \mathbf{J}_j , соответствующие незафиксированным силам \mathbf{X}_j , исчезают. Если, например, в системе, описываемой n независимыми силами \mathbf{X}_i ($i = 1, 2, \dots, n$), k из них поддерживаются постоянными (с помощью внешнего принуждения), то такое состояние называют стационарным состоянием k -го порядка. Согласно этому определению, когда силы \mathbf{X}_j с номерами $k+1, k+2$ и т.п. не зафиксированы, сопряженные с ними потоки \mathbf{J}_j исчезают. Тогда система самопроизвольно переходит в стационарное состояние меньшего порядка (с меньшим производством энтропии), пока, наконец, не достигнет стационарного состояния нулевого порядка – равновесия (где производство энтропии рав-

но нулю). В этой связи все эффекты наложения, возникающие в системе при исчезновении какого-либо i -го потока \mathbf{J}_i , стали называться стационарными эффектами. Формальное отличие их от условий равновесия состоит в том, что в их аналитических выражениях присутствуют феноменологические коэффициенты L_{ij} , тогда как классические условия равновесия выражаются исключительно через термодинамические переменные.

Причины появления коэффициентов L_{ij} в условиях стационарности нетрудно понять, если находить их из феноменологических законов Онсагера (3.2.8). Для простейшего случая с двумя потоками \mathbf{J}_i и \mathbf{J}_j эти уравнения имеют вид:

$$\mathbf{J}_i = L_{ij} \mathbf{X}_i + L_{jj} \mathbf{X}_j, \quad (3.5.1)$$

$$\mathbf{J}_j = L_{ji} \mathbf{X}_i + L_{jj} \mathbf{X}_j. \quad (3.5.2)$$

Из (3.5.1), в частности, следует, что в состоянии с $\mathbf{J}_i = 0$ стационарный эффект выражается соотношением:

$$(\nabla\Psi_j/\nabla\Psi_i)_{\text{ст}} = -L_{ij}/L_{jj}. \quad (3.5.3)$$

Как следует из (3.5.3), многочисленные эффекты наложения разнородных процессов выражаются в ТНП эмпирическими коэффициентами, зависящими от кинетических факторов, величина которых, в отличие от термодинамических параметров, заранее неизвестна. Поэтому ТНП не в состоянии предсказать величину этих эффектов. Однако еще более важно, что для изолированных систем, биосистем, колебательных процессов, химически реагирующих сред с одновременно протекающими в них реакциями и т.д. характерны нестационарные состояния. К таким системам существующая теория стационарных необратимых процессов (ТНП) неприменима. Это обнажает серьезную ограниченность существующей теории необратимых процессов.

Тем не менее, заложенная в её основание идея всеобщей взаимосвязи необратимых процессов оказалась настолько привлекательной, что возникла даже специфическая междисциплинарная теория – «синергетика» (от греческого $\sigma\upsilon\nu$ – совместный и $\epsilon\rho\omega\nu$ – деятельность), изучающая явления «самоорганизации» вследствие согласованного (скоординированного, кооперативного, козволю-

ционного) действия разнородных процессов (Хакен Г., 1980). В этом гимне «содружеству» как-то сам собой был позабыт один из важнейших законов материалистической диалектики – закон единства и борьбы противоположностей. Как было показано в энергодинамике, этот закон может быть обоснован как физически, так и математически на основе «принципа противонаправленности» процессов (Эткин В.А., 2008). Согласно ему, изменения состояния, вызванные протеканием в системе векторных процессов релаксации или совершением работы против равновесия, всегда вызывают противоположные по характеру изменения состояния в различных областях (или степенях свободы) неоднородной системы.

Для доказательства этого положения рассмотрим сначала изолированную систему, включающую в себя всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) тел или их макроскопических частей (областей, фаз, компонентов). Такая система по определению закрыта (т.е. не обменивается веществом с окружающей средой) и замкнута (т.е. не подвержена действию внешних сил \mathbf{F}), так что в силу закона сохранения её энергия \mathcal{E} остается неизменной во времени ($d\mathcal{E}/dt = 0$). Разбивая рассматриваемую систему на элементы объема dV , для которых понятие плотности энергии $\rho_\varepsilon = d\mathcal{E}/dV$ еще сохраняет свой смысл, и представляя энергию в виде интеграла по объему системы V , найдем в условиях его постоянства:

$$d\mathcal{E}/dt = \int (d\rho_\varepsilon/dt)dV = 0. \quad (3.5.7)$$

Интеграл (3.5.7) обращается в нуль в двух случаях: когда во всех элементах объема V изолированной системы $d\rho_\varepsilon/dt = 0$, т.е. отсутствуют какие-либо процессы, и тогда, когда производные $d\rho_\varepsilon/dt \neq 0$, но их знак в различных областях системы противоположен. Эта «противонаправленность» процессов в различных частях изолированной системы касается не только её энергии, но и любого другого параметра, подчиняющегося закону сохранения (массы M , заряда Z , импульса \mathbf{P} и его момента \mathbf{L}).

Обобщим теперь это доказательство на случай неизоллированных систем. С этой целью вернемся к рисунку 1.1, из которого непосредственно следует, что в рассматриваемой системе имеются области, в пределах которых плотность $\rho_i(\mathbf{r}, t)$ больше и меньше средней $\bar{\rho}_i(t)$. При этом становится совершенно очевидным, что при удалении распределения любого экстенсивного параметра Θ_i от однородного или при приближении к нему плотность $\rho_i(\mathbf{r}, t)$ в одних

частях системы убывает, а в других – возрастает. Возможно, однако, возражение, что в системе, которая не замкнута, не закрыта и не изолирована, то в ней средняя величина $\bar{\rho}_i(t)$ параметра Θ_i также не остается постоянной. Тем больший интерес представляет убедиться в том, что и в этом случае разность $(\rho_i - \bar{\rho}_i)$ изменяется в разных частях системы противоположным образом. С этой целью разобьем изолированную систему на области с объемом V' и V'' , в пределах которых плотность $\rho_i(\mathbf{r}, t)$ больше или меньше $\bar{\rho}_i(t)$. Тогда в силу очевидного равенства $\int \rho_i dV = \int \bar{\rho}_i dV = \Theta_i$ имеем:

$$\int_{V'} [\rho_i'(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV' + \int_{V''} [\rho_i''(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV'' = 0. \quad (3.5.8)$$

Отсюда следует, что и в неизолированной системе имеются *подсистемы* (области, фазы, компоненты), в которых разности $(\rho_i' - \bar{\rho}_i)$ и $(\rho_i'' - \bar{\rho}_i)$, а также скорости их изменения $d(\rho_i' - \bar{\rho}_i)/dt$ и $d(\rho_i'' - \bar{\rho}_i)/dt$ имеют противоположный знак. При этом избыток величины Θ_i в одной части системы компенсируется её недостатком в другой её части. Предложенное доказательство не зависит от того, справедливы ли для параметров Θ_i законы сохранения, какие физико-химические свойства системы они характеризуют, какова скорость протекающих в ней процессов и т.д.

Покажем теперь, что противонаправленные процессы возникают не только в различных областях, но и в различных степенях свободы одной и той же системы. С особой очевидностью это следует из тождества (1.5.7) для обратимых процессов в изолированных системах, где его левая часть и первая сумма правой части обращаются в нуль. При этом

$$\sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i = 0. \quad (3.5.9)$$

В условиях $\mathbf{X}_i, \mathbf{J}_i \neq 0$ это возможно только в случае различного знака слагаемых указанной суммы. Последнее означает, что если внутри изолированной системы совершается работа силами i -й природы (т.е. $\mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i > 0$), то совершается внутренняя работа против равновесия j -го рода ($\mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j < 0$). Иными словами, в изолированных системах, где наряду с процессами релаксации протекают процес-

сы полезного (обратимого) превращения одних форм энергии в другие, последние имеют противонаправленный характер.

Изложенное касается и неизолированных систем с той лишь разницей, что для них $\sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i \neq 0$ ввиду совершения ими внешней работы W^x . Тем не менее, и в этом случае противонаправленные процессы в системе возможны, хотя и не обязательны.

Это позволяет утверждать существование общезначимого принципа противонаправленности процессов, согласно которому «среди процессов, протекающих в пространственно неоднородных системах, всегда имеются вызывающие противоположные изменения состояния её частей» (В.Эткин, 2011). Как мы покажем сейчас, именно этой противонаправленностью и объясняются многочисленные термомеханические, термохимические, термодиффузионные, термоэлектрические, электрокинетические, термогальваномагнитные и т.п. эффекты «наложения».

Предложенный энегродинамикой новый метод исследования явлений на стыках фундаментальных дисциплин основан на применении условий частичного равновесия. Под частичным (неполным) равновесием понимается состояние, характеризующееся прекращением одного из протекающих в системе процессов, в частности, исчезновением одного из потоков \mathbf{J}_i . От стационарного состояния какого-либо порядка частичное равновесие отличается отсутствием требования о постоянстве параметров системы. Это существенно расширяет сферу применимости этого метода.

Этот метод основан на возможности находить компоненты \mathbf{F}_{ij} силы \mathbf{F}_i непосредственно из тождества (1.5.5) в соответствии с определением силы как частной производной $(\partial \mathcal{E} / \partial R_i)$ в условиях постоянства всех других независимых параметров системы, в том числе термостатических координат Θ_i .

Из кинетических уравнений (3.3.5) следует, что процесс i -го рода прекращается ($\mathbf{J}_i = 0$), когда компоненты \mathbf{F}_{ij} результирующих сил \mathbf{F}_i взаимно компенсируют друг друга:

$$\mathbf{F}_i = \sum_j \mathbf{F}_{ij} = 0; \quad (3.5.10)$$

В частном случае $i, j = 1, 2$; $\mathbf{F}_i = \Theta_i \mathbf{X}_i + \Theta_j \mathbf{X}_j = 0$, и мы имеем:

$$\mathbf{F}_i = \Theta_i \mathbf{X}_i + \Theta_j \mathbf{X}_j = 0, \quad (3.5.11)$$

откуда непосредственно следуют определенные соотношения термодинамических сил в момент наступления частичного равновесия i -го рода:

$$(\nabla\Psi_j/\nabla\Psi_i)_{\text{равн}} = -\Theta_i/\Theta_j. \quad (3.5.12)$$

Такую структуру имеют все без исключения эффекты наложения, описываемые в рамках эргодинамики. Эти соотношения уже не содержат кинетических коэффициентов и потому относятся к условиям частичного равновесия подобно равновесию в поле центробежных сил или в гравитационном поле. Возможность исследования нестационарных процессов значительно расширяет сферу применимости теории необратимых процессов.

Глава 4.

УПОРЯДОЧЕННАЯ ЭНЕРГИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Современной науке известны лишь две формы существования материи: вещество и поле. До настоящего времени человечество использовало энергию только первого из них. Такова внутренняя химическая энергия топлив, ядерная энергия самопроизвольно делящихся элементов, внешняя кинетическая и потенциальная энергия твердых, жидких и газообразных сред. Конечным продуктом конверсии энергии вещества также является вещество в его измененном состоянии, что и создает угрозу нарушения экологического равновесия на планете. Что же касается невещественных форм энергии (в том числе энергии природных силовых полей - гравитационного, электростатического и электромагнитного), то их непосредственное использование (без предварительного превращения в энергию вещества) представляется многим противоречащим принципам исключенного вечного двигателя 1-го и 2-го рода классической термодинамики. Поэтому известные на сегодняшний день устройства, мощность на выходе которых превышает поддающуюся измерению мощность на их входе, называют обычно «генераторами избыточной мощности», «сверхединичными устройствами» (с КПД выше 100%), «генераторами свободной энергии» и т.п., вплоть до применения по отношению к ним термина «вечные двигатели».

В связи с этим нередко можно встретить утверждения об ошибочности законов термодинамики, о неприменимости их к открытым системам, об исключительности свойств источников тепла и т.п. Договариваются даже до того, что возобновляемые источники энергии вообще не следует учитывать при оценке эффективности двигателей, если их расходование... не требует каких-либо материальных затрат!

В этой разногласии мнений тонут голоса тех, кто, подобно автору настоящей статьи, доказывает неизбежность законов термодинамики в рамках применимости ее понятий и методов, указывая вместе с тем на необходимость обобщения ее законов на пространственно неоднородные среды и установки, использующие упорядоченные формы энергии окружающего нас пространства.

В связи с этим задача настоящей главы – вскрыть принципиальную возможность использования этих форм энергии.

4.1. Эфир, силовое поле или физический вакуум?

В современной физике материя делится на вещество и поле. Вещество – это совокупность дискретных образований, обладающих массой покоя (атомы, молекулы и т.д.), поле же (гравитационное, электромагнитное) – континуальная среда, имеющая нулевую массу покоя. Однако различие между веществом и полем постепенно исчезает: частицы материи – протоны, нейтроны, электроны, мезоны и т.д. – утрачивают свои дискретные свойства, становясь квантами соответствующих полей (нуклонных, мезонных и т.д.), поле же приобретает массу покоя, утрачивая свой непрерывный характер в связи с введением квантов – фотонов и гравитонов. К тому же понятие массы покоя, на которое опирается такое деление, возникло только в квантовой механике и потому отнюдь не является первичным и присущим только веществу. В настоящее время появляется все больше оснований приписать массу покоя и частицам – носителям взаимодействия, таким, как нейтрино.

Выявлению определенного единства вещества и поля во многом способствовала волновая теория строения вещества, которая рассматривает элементарные частицы как комбинацию различных видов дискретных электромагнитных волн: стоячих и бегущих, поперечных и продольных. Это делает целесообразным вернуться к истокам понятий эфира, поля и физического вакуума с позиций волновой теории с целью выяснения особенностей физической природы их энергии.

Следует отметить, что до создания классической теории электромагнетизма понятия поля как формы существования материи не существовало. Имелось понятие силовой функции (потенциала) поля как отношения потенциальной энергии к какой либо характеристике объекта силового воздействия (например, к заряду или массе). Однако эти параметры оставались характеристиками среды. С наиболее общей математической точки зрения полем называлась совокупность каких-либо физических величин в пространстве в определенный момент времени. При этом различались поля скалярные, векторные и тензорные; электрические, магнитные и гравитационные; температур, давлений, концентраций, скоростей и т.п. физических величин. Такого рода величины назывались *полевыми переменными*, а сама полевая среда рассматривалась как распределенная динамическая система, обладающая бесконечным

числом *степеней свободы*. В реальности таких полей не было сомнений. Как подчеркивал Р.Фейнман: «реальное поле – это математическая функция, которая используется нами, чтобы избежать представления о дальности» (Фейнман. 1977).

Изначально и в теории электромагнетизма понятия электрического и магнитного полей использовались в этом же смысле как характеристика среды. Связь термина «поле» с образом силовых линий поля появилась только в трудах Майкла Фарадея, где оно носило скорее иллюстративный характер. Лишь после того, как Максвелл, объединивший в одном понятии электрическое и магнитное поле, предсказал его способность переносить взаимодействие, к полю стали относиться как к некоей физической реальности. Постепенно выяснилось, что и другие свойства светонесущей среды (эфира) можно приписать этому полю, включая способность переносить не только энергию, но и импульс, и даже в определенных условиях обладать эффективной массой (А.Пуанкаре, 1974). В определенной мере такое смещение представлений было обусловлено неудовлетворенностью современников Максвелла механической моделью эфира, использованной им для обоснования своих уравнений электромагнитного поля. Имелись и другие причины, побудившие исследователей искать вместо эфира другую среду, которая могла бы переносить энергию после того, как она покинула одно тело (излучатель) и еще не достигло другого тела (поглотителя). Определенную роль в этом сыграла СТО, изгнавшая эфир за его «ненужность». В результате светонесущей средой стали считать само электромагнитное поле, поскольку у эфира отсутствовали магнитные и электрические свойства. При этом классической теории электромагнетизма была принята следующая концепция: поля и их источники существуют независимо друг от друга и взаимодействие между ними обусловлено излучением и поглощением фотонов.

Между тем несложно убедиться в том, что независимыми от источника свойствами поля являются только те, что присущи эфиру как материальной субстанции. Сами же силовые поля существовать в отсутствие источника не могут. Действительно, достаточно удалить из пространства любые массы, как исчезнет гравитационное поле, что явным образом следует из закона тяготения Ньютона (если положить в нем обе массы равными нулю). Точно также достаточно удалить из какой-либо среды электрические заряды, как исчезнет электрическое поле. Это также непосредственно следует из закона Кулона. Подобным же образом исчезнет электромагнитное поле, если исключить протекание в среде

токов, что также следует из закона Ампера. Не исчезает только собственная (внутренняя) энергия колеблющейся материальной среды, издревле называвшейся эфиром.

Это относится и к понятию «физический вакуум», который ввели физики, считая нежелательным возвращаться к термину "эфир". Для них это было бы признанием своих прошлых ошибок, когда они критиковали сторонников эфира, считая вакуум пустотой (пространством, свободным от вещества). Введение термина «физический вакуум» явилось неким компромиссом между материалистами, которые, исходя из многочисленных фактов, не признавали существования абсолютной пустоты, и идеалистами, продолжавшими верить, что вакуум – это пустота. Оно явилось следствием осознания физиками того, что вакуум не есть пустота («ничто»). Он представляет собой чрезвычайно существенное «не-что», что порождает вещество, из которого построен весь окружающий мир, и задает его свойства.

Однако понимание существа этого «не-что» до сих пор весьма неоднозначно. Исследователи наделяют его большой гаммой свойств, в том числе сказочных, отказывая лишь в одном — в способности обеспечивать распространение электромагнитных колебаний. Известен вакуум Дирака, вакуум Уиллера, вакуум де Ситтера, вакуум квантовой теории поля, вакуум Тэрнера-Вилчека и т.п. По одним представлениям, физический вакуум – это низшее (основное, невозбужденное) энергетическое состояние полевой материи, обладающее нулевыми импульсом, моментом импульса и другими квантовыми числами. Такая полевая материя не обладает работоспособностью, поскольку согласно законам термодинамики для совершения работы необходим приемник энергии с еще более низким уровнем энергии.

По другим представлениям, вакуум – это неравновесная полевая среда, без которой было бы невозможно распространение электромагнитных волн. Энергия такого физического вакуума – это функция напряженности поля электромагнитного поля в нем. Согласно третьим представлениям, пространство заполнено колоссальным количеством виртуальных (нематериальных) короткоживущих электронно-позитронных пар, представляющее собой некий бурлящий (флуктуирующий) океан. Плотность энергии флуктуаций этого вакуума составляет величину порядка 10^{14} Дж/м³ (Р.Фейнман, Дж. Уиллер), что на десятки порядков превы-

шает плотность «вещественной» энергии¹⁾. В таком случае энергии, заключённой в объеме обыкновенной электрической лампочки, хватило бы, чтобы вскипятить все океаны на Земле. В этом отношении вещество, по сравнению с физическим вакуумом – почти идеальная пустота. Однако при этом не делается различия между превратимой и непревратимой (упорядоченной и неупорядоченной) энергией (глава 1). Это противоречит термодинамике, исключая возможность использования флуктуаций для совершения полезной работы.

Четвертые под физическим вакуумом понимают среду, в которой часть частиц находится в состоянии с отрицательной энергией, что принципиально расходится с представлением об энергии как о функции работоспособности системы (последняя либо есть, либо её нет). Все эти представления роднит допущение о том, что для виртуальных частиц *не выполняется обычное соотношение между энергией, импульсом и массой*, а энергия и импульс физического вакуума непрерывно флуктуируют. При этом закон сохранения энергии для него может нарушаться в течение малых промежутков времени, а закон сохранения импульса – в малых объемах, лишь бы эти промежутки времени и объемы укладывались в рамки соотношения неопределённостей (БСЭ). Все это свидетельствует о том, что физический вакуум не может заменить эфир. К такому выводу еще в 1911 г. пришел историк физики Э. Уиттекер, давший подробное изложение истории эфира: «Мне кажется абсурдным сохранять название «вакуум» для категории, обладающей таким количеством свойств, а вот исторический термин «эфир» как нельзя более подходит к этой цели». Это тем более верно, что термин «вакуум» отрицает присутствие вещества, тогда как «физический вакуум» претендует на материальность. Да и сам термин «вещество» происходит от латинского *materia*, т.е. уже включает в себя все его разновидности, в том числе и поле в его теперешнем понимании.

Поэтому мы будем избегать применения в этой книге термина «вакуум», каким бы прилагательным оно ни сопровождалось. Более того, не считая допустимым применение какого-либо термина в смысле, далеком от его этимологии, мы будем придерживаться понимания материи как некоей объективно существующей суб-

¹⁾ Считается (Уиллер, Фейнман, Хоккинг и др.), что энергии физического вакуума, содержащейся в объеме обычной электрической лампочки, достаточно, чтобы вскипятить весь Мировой океан.

станции, подразделяя последнюю на *вещество* – структурированную (дискретную) часть материи, занимающую только часть пространства и имеющую границы, и *эфир* – бесструктурную часть материи, непрерывно заполняющую все пространство и потому не имеющую границ. Это соответствует представлениям А. Эйнштейна, который в 1924 г. вынужден был признать: «*Мы не можем в теоретической физике обойтись без эфира, т. е. континуума, наделенного физическими свойствами*».

4.2. Описывают ли уравнения Максвелла электромагнитное поле?

Понятие электромагнитного поля (ЭМП) было введено Максвеллом на основании его теории электромагнетизма, которая трактовала оптические явления как часть электромагнитных. Его уравнения до сих пор считаются не выводимыми из каких-либо первичных принципов. Они были по существу постулированы им как обобщение опытов Ампера и Фарадея. Между тем сами эти опыты проводились отнюдь не с абстрактным полем в вакууме, а с реальными электротехническими устройствами, т.е. относились к веществу. Это становится особенно очевидным, если учесть появление в этих уравнениях тока проводимости, отсутствующего в вакууме. Поэтому представляет интерес показать, что в действительности уравнения Максвелла описывают электромагнитные процессы в веществе, и могут быть получены из первых принципов энергодинамики (В.Эткин, 2008). Тогда станет совершенно ясным, что эти уравнения не только не описывают электромагнитное поле, но и приводят к нарушению в нем закона сохранения энергии.

С этой целью приложим основное тождество энергодинамики (1.5.5) к анализу неравновесной системы, обладающей в статике электрической и магнитной степенью свободы. Энергия \mathcal{E} , единицы объема такой системы является, как известно, функцией векторов электрической \mathbf{D} и магнитной \mathbf{B} индукции, которые в свою очередь зависят от напряженности внешних полей \mathbf{E} и \mathbf{H} . Если исключить из рассмотрения процессы объемной деформации такой системы, её массообмена с окружающей средой, диффузии в систему каких-либо веществ, ввода в неё электрического заряда и т.д., выражение (1.5.5) для неё принимает вид:

$$d\mathcal{E}_v = TdS - \mathbf{E} \cdot d\mathbf{D} - \mathbf{H} \cdot d\mathbf{B}. \quad (4.2.1)$$

Члены правой части этого выражения характеризуют соответственно элементарную работу поляризации $dW_{ev} = \mathbf{E} \cdot d\mathbf{D}$ и намагничивания $dW_{mv} = \mathbf{H} \cdot d\mathbf{B}$ данного тела. При этом нетрудно заметить, что параметры \mathbf{D} и \mathbf{B} в этом выражении имеют смысл алгебраической суммы моментов распределения свободных зарядов так называемых «магнитных масс в системе единичного объема V (Поливанов К.М., 1982).

Если в такой системе осуществляются обратимые процессы взаимного превращения энергии электрического и магнитного поля, то их мощности N_e и N_m равны:

$$N_e = \mathbf{E} \cdot d\mathbf{D}/dt; \quad N_m = \mathbf{H} \cdot d\mathbf{B}/dt. \quad (4.2.2)$$

Это непосредственно приводит к соотношению вида:

$$\mathbf{E} \cdot (d\mathbf{D}/dt) = - \mathbf{H} \cdot (d\mathbf{B}/dt). \quad (4.2.3)$$

Этим простым термодинамическим соотношениям совершенно общего характера можно придать более сложный и менее общий вид, если рассмотреть систему, состоящую из замкнутого электрического контура произвольной длины ℓ_e и переменного (в общем случае) сечения f_e , который охватывает замкнутый же магнитопровод длиной ℓ_m и переменным по длине сечением f_m . Учитывая непостоянство в общем случае сечений f_e и f_m , в (4.2.2) следует перейти к интегральной форме:

$$N_e = \int \mathbf{E} \cdot (d\mathbf{D}/dt) dV_e; \quad N_m = \int \mathbf{H} \cdot (d\mathbf{B}/dt) dV_m, \quad (4.2.4)$$

где dV_e , dV_m – элементы объема диэлектрика и магнетика. Эти элементы можно представить в виде произведения $dV_e = d\ell_e \cdot df_e$ и $dV_m = d\ell_m \cdot df_m$, где $d\ell_e$, $d\ell_m$ и df_e , df_m – ортогональные векторные элементы соответственно длины и сечения электрического контура и диэлектрика. Вынося за знак интеграла некоторую усредненную по системе величину напряженности электрического и магнитного поля \mathbf{E} и \mathbf{H} и учитывая, что в теории электромагнетизма произ-

водные по времени от векторов электрической и магнитной индукции \mathbf{D} и \mathbf{B} определяют потоки электрического и магнитного смещения $\mathbf{j}_e^c = \partial\mathbf{D}/\partial t$ и $\mathbf{j}_m^c = \partial\mathbf{B}/\partial t$, находим, что интегралы $\int \mathbf{j}_e^c dV$ и $\int \mathbf{j}_m^c dV$ определяют полные потоки электрического и магнитного смещения \mathbf{J}_e^c и \mathbf{J}_m^c в указанной системе. С позиций электродинамики эти потоки представляются как производные по времени от параметров состояния $\Phi_e = \int \mathbf{D} \cdot d\mathbf{f}_e$ и $\Phi_m = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{f}_m$ и традиционно представляются числом силовых линий электрического и магнитного поля, пронизывающих поверхность f_e и f_m (Поливанов К.М., 1982).

Учитывая произвольность направления векторов \mathbf{J}_e^c и \mathbf{J}_m^c , величины N_e и N_m следует для общности представить в виде произведения скалярных потоков электрического и магнитного смещения (потоков сцепления) $J_e^c = \int (d\mathbf{D}/dt) d\mathbf{f}_e$, $J_m^c = \int (d\mathbf{B}/dt) d\mathbf{f}_m$ и сопряженных с ними термодинамических сил. Эти силы в данном случае имеют смысл эдс $X_e = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}_e$ и её аналога – магнитодвижущей силы $X_m = \int \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l}_m$, т.е. $N_e = J_e^c X_e$; $N_m = J_m^c X_m$. При этом

$$X_e = - \int (d\mathbf{B}/dt) d\mathbf{f}_m, \quad (4.2.5)$$

$$X_m = \int (d\mathbf{D}/dt) d\mathbf{f}_e. \quad (4.2.6)$$

Перейдем теперь на основании теоремы Стокса в выражениях силы $X_e = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}_e$ от криволинейного интеграла по замкнутому электрическому контуру длиной ℓ_e к интегралу $\int \text{rot} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{f}_m$ по сечению магнитопровода f_m . Подобным же образом перейдем в выражении силы $X_m = \int \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l}_m$ от криволинейного интеграла по замкнутому магнитному контуру длиной ℓ_m к интегралу $\int \text{rot} \mathbf{H} \cdot d\mathbf{f}_e$ по поверхности f_e , натянутой на электрический контур. Тогда вместо (4.2.5) и (4.2.6) можем написать:

$$\int \text{rot} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{f}_m = - \int (d\mathbf{B}/dt) d\mathbf{f}_m. \quad (4.2.7)$$

$$\int \text{rot} \mathbf{H} \cdot d\mathbf{f}_e = \int (d\mathbf{D}/dt) d\mathbf{f}_e, \quad (4.2.8)$$

или в дифференциальной форме (Максвелл Дж. К., 1989):

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -d\mathbf{B}/dt, \quad (4.2.9)$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = d\mathbf{D}/dt. \quad (4.2.10)$$

Эти уравнения отличаются от современной записи уравнений Максвелла, предложенных О.Хэвисайдом и Г.Герцем, тем, что в них фигурируют полные производные по времени от векторов электрической и магнитной индукции. Последнее не удивительно, поскольку в исходные уравнения термодинамики (4.2.1) также содержали полные дифференциалы векторов поляризации и намагничивания \mathbf{D} и \mathbf{B} ¹⁾. Однако этим уравнениям можно придать и более привычный вид, если в выражении полной производной по времени от векторов электрической и магнитной индукции $\mathbf{D} = \mathbf{D}(\mathbf{r}, t)$ и $\mathbf{B} = \mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ принять $(\mathbf{v}_e \cdot \nabla)\mathbf{D} = \rho_e \mathbf{v}_e = \mathbf{j}_e$, и $d\mathbf{B}/dt = (\partial\mathbf{B}/\partial t)$ ввиду отсутствия магнитного аналога тока проводимости \mathbf{j}_e . Тогда первая пара уравнений Максвелла принимает вид²⁾:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j}_e + (\partial\mathbf{D}/\partial t). \quad (4.2.11)$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -(\partial\mathbf{B}/\partial t). \quad (4.2.12)$$

Предложенный здесь термодинамический вывод уравнений электродинамики Максвелла не только опровергает расхожее мнение о том, что они не выводимы из каких-либо первичных принципов, но и обнажает допущения, заложенные в их основание. Прежде всего, он обнажает их ограниченность замкнутыми электрическими и магнитными контурами, что, кстати, признавалось и самим Максвеллом. Одно это опровергает расхожее мнение, будто в этих уравнениях «заключена вся электродинамика».

Однако главный вывод из предпринятого рассмотрения заключается в том, что максвелловская интерпретация света как электромагнитной волны противоречит заложенной в его уравнения идее о взаимном преобразовании электрического и магнитного по-

¹⁾ Характерно, что и сам Максвелл записывал свои уравнения через полные производные от этих параметров.

²⁾ Другая пара уравнений Максвелла остается при этом без изменений.

ля. Действительно, между четырьмя параметрами электромагнитного поля \mathbf{E} , \mathbf{H} , \mathbf{D} и \mathbf{B} , фигурирующими в уравнениях Максвелла, существуют 2 уравнения связи: $\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E}$; $\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$ и $\mathbf{H} = \mathbf{H}(\mathbf{E})$, где ϵ_0 , μ_0 – электрическая и магнитная постоянные. Поскольку параметры \mathbf{D} и \mathbf{B} относятся к веществу, то из этих 4-х параметров для ЭМП остается только 2 параметра \mathbf{E} и \mathbf{H} . Однако еще в 1831 г. Фарадей экспериментально доказал, что параметры \mathbf{E} и \mathbf{H} изменяются синфазно, т.е. $\mathbf{E} = \mathbf{E}(\mathbf{H})$ или $\mathbf{H} = \mathbf{H}(\mathbf{E})$. Таким образом, гипотетическое электромагнитное поле (ЭМП), введенное Максвеллом вместо эфира, может обладать только одной независимой степенью свободы. Это означает, что никакого преобразования в свободном пространстве электрической энергии в магнитную, традиционно изображаемого «цепочкой Брэгга», не существует. В противном случае нам пришлось бы также признать и нарушение закона сохранения энергии в ЭМП, поскольку его суммарная энергия при таких колебаниях не остается постоянной.

Указанное противоречие исчезает, если обладателем упомянутой единственной степени свободы является не ЭМП, а эфир, где эта степень свободы связана с колебанием единственного параметра, присущего всем формам материи – её плотности ρ . Это означает, что оптические и электромагнитные явления возникают только в веществе при его взаимодействии с эфиром. В самом же эфире ни света, ни электричества, ни магнетизма как физических явлений не существует. Характер взаимодействия эфира с веществом целиком зависит от того, какие структурные элементы вещества – частицы, тела, галактики и т.п. – будут находиться в резонансе с эфирной волной определенной длины. Если в резонансе с эфиром входят частицы вещества, способные к зарядовой поляризации – энергия колебаний эфира воспринимается веществом в форме электрических колебаний; если это движущиеся заряженные частицы (токи) – возникают магнитные явления. Часть этой энергии рассеивается (т.е. воспринимается как теплота), другая же часть спектра эфирных колебаний вызывает диссоциацию, ионизацию, поляризацию, намагничивание, фотоэффект, фотосинтез, фотоядерные реакции и т.п. Это вынуждает внимательнее относиться к основаниям, побудившим Максвелла заменить эфир электромагнитным полем.

До проведения экспериментов Герца единственным основанием для этого являлось установленное Максвеллом равенство скорости света в воздухе со скоростью распространения в нем электромагнитных волн. Это равенство было установлено косвенным путем по известным коэффициентам диэлектрической и магнит-

ной проницаемости ϵ_r и μ_r для ряда сред, которые позволяли найти по аналогии с акустикой скорость распространения электромагнитных волн в веществе. Затем эта скорость была пересчитана в скорость распространения электромагнитных волн в ЭМП по известным коэффициентам преломления для света. При этом обнаружилось качественное совпадение предполагаемой скорости распространения электромагнитных волн (ЭМВ) со скоростью света. Отсюда был сделан вывод, что свет также имеет электромагнитную природу.

По-видимому, Максвелл не мог предположить, что перенос энергии между телами в пространстве может осуществляться не в той форме, которая присуща телам. Ему, как и другим, воспитанным на концепции «невесомых», не могло прийти в голову, что перенос осуществляется вовсе не теми «флюидами», которые предполагались существующими в веществе. Идея «невесомых» не предполагала возможности превращения одних из них в другие, поэтому равенство скоростей переноса света и электромагнетизма была воспринята как свидетельство их единой природы.

Не могло служить основанием для утверждения о существовании некоего единого электромагнитного поля и возможность введения вектора Пойнтинга $\mathbf{P} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ с размерностью «потока электромагнитной энергии», поскольку он не обращается в нуль даже в том случае, когда обмен энергией между веществом и ЭМП вообще отсутствует (В.Эткин, 2013).

Не подтверждали электромагнитную природу света и опыты Г.Герца (1888 г.). В основе этих опытов лежала идея резонанса между электрическим приемным контуром в виде проволочной петли с регулируемым зазором, и излучателем – вибратором Герца в виде двух стержней, в зазор которых была включена катушка Румкорфа. Вибратор и приемный контур помещались в параболические зеркала из алюминия, обеспечивающие параллельный пучок волн с длиной около 0,60 м. между ними. Наличие искры и резонанса в приемном контуре свидетельствовало о колебательном процессе в вибраторе. Эти опыты, многократно повторенные затем другими исследователями, обнаружили, что волны, переносящие энергию между вибратором и приемным контуром, обладают всеми свойствами лучей света (отражением, преломлением, интерференцией, поляризацией и т. п.), отличаясь от них лишь длиной волны. Иначе и быть не могло, если и свет, и электромагнитная энергия переносятся одним и тем же носителем – эфиром. Однако результаты этих опытов были интерпретированы совершенно

иначе – как подтверждение переноса энергии между вибратором и приемным контуром в форме все той же электромагнитной энергии. Этот вывод был сделан на основе убеждения, что электромагнитные колебания в проводнике или вибраторе Герца должно и в окружающем их эфире вызвать соответствующие электромагнитные возмущения (как это и предполагал Максвелл). Между тем эфир, как и фотонный газ, не обладает ни электрическими, ни магнитными свойствами. Следовательно, обмен электромагнитной энергией между вибратором и приемным контуром через разделяющее их пространство мог осуществляться только в процессе превращения электромагнитной энергии излучателя в энергию эфира с последующим обратным превращением в электромагнитную энергию в детекторе или приемнике излучений. В таком случае в самом эфире никакого преобразования электрической энергии в магнитную и наоборот не происходит, что снимает противоречие с законом сохранения энергии и в то же время лишает понятие электромагнитного поля каких-либо оснований. Лишается основания и миф об отсутствии материального носителя электромагнитных волн.

Таким образом, эксперименты Герца в действительности свидетельствовали против теории электромагнитного поля Максвелла, как это и предполагал Г.Гельмгольц, поручивший Герцу проведение соответствующих экспериментов. Они свидетельствовали о том, что свет – не частный случай очень коротких электромагнитных волн, а часть переносимой эфиром энергии, воспринимаемой телами вследствие этой особенности иначе, чем электромагнетизм. Это относится и к предсказанию давления, которое возникает как у электромагнитных, так и у световых волн. Дело в том, что колебания эфира охватывают настолько широкий диапазон частот, что при преобразовании их энергии в каком-либо приемном устройстве (детекторе) могут восприниматься телами как свет, электричество, тепло и любая другая форма энергии. В этом отношении эфир – причина возникновения вообще всех, а не только оптических и электромагнитных явлений!

4.3. Обнаружение Н.Тесла различия между электромагнитной и радиантной энергией

В 1889 г. Н. Тесла при попытке воспроизвести опыты Герца (1887 г.) обнаружил существование специфической формы энергии, которая переносилась в пространстве без каких-либо видимых посредников и обладало огромной проникающей способностью, не свойственной электромагнитным волнам (Тесла Н., 2003). В запатентованном им устройстве, названном «усиливающим трансмиттером» (рис.4.1), был применен специфический трансформатор, получивший впоследствии его имя (Vassilatos G.,1996). Его первичная катушка «А» состояла из двух витков толстого кабеля с очень малым сопротивлением, концы которого были присоединены через разрядник «Р» с электромагнитным прерыванием дуги к выводам генератора постоянного тока «В» с напряжением 6 кВ. Для ускорения разряда и придания ему колебательного характера Тесла зашунтировал выводы генератора конденсатором «С» большой емкости, установленным непосредственно вблизи разрядника.

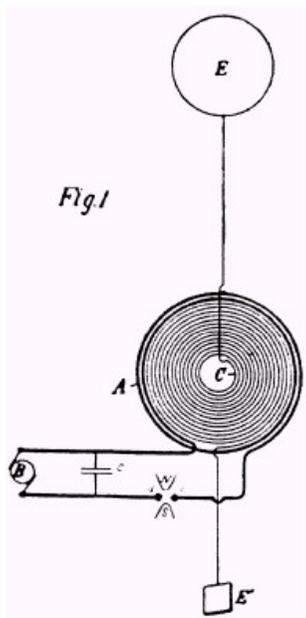


Рис.4.1. Усиливающий трансмиттер Н.Тесла

Вторичная обмотка трансформатора имела вид цилиндрической или конусной катушки, содержащей большое число витков провода, намотанного в один слой. Верхний конец этой катушки был присоединен к тороидальной металлизированной антенне «Е», обладающей незначительной емкостью при сравнительно развитой поверхности, а нижний её конец – к заземлению «Е*». Настройка первичной и вторичной цепи трансформатора Тесла осуществлялась подбором емкости конденсатора и зазора разрядника. Все это позволяло резко увеличить частоту электромагнитных колебаний по сравнению с вибратором Г.Герца (вплоть до миллионов герц). При этом наряду с необъяснимым эффектом многократного уси-

ления излучаемой мощности¹⁾ наблюдалось явление излучения неизвестной природы, которое Н. Тесла назвал «радиантным». Специфика этого излучения проявлялась во многом. Прежде всего, эти излучения получались только с помощью односторонних импульсов тока высокой частоты (достигавших нескольких мегагерц). Они возникали, когда высоковольтный постоянный ток разряжается в искровом промежутке и прерывается до того, как возникнет какой-либо реверсивный (обратный) ток. Эффект значительно увеличивался, когда источником постоянного тока служил заряженный конденсатор. Он состоит в возникновении светоподобного потока энергии неизвестного происхождения, сопровождающего электрический разряд, но существующего отдельно от потока электронов. Этот поток имел вид «белых туманных газоподобных струй», которые распространялись по поверхности проводников поперек виткам, не проникая внутрь их (так называемый «скин-эффект») до тех пор, пока не достигали свободного конца катушки. При этом воздух вокруг сферы трансформатора Тесла и проводов светился белым цветом, как бы увеличиваясь в объеме. Однако в пространстве этот ток не улавливался. При применении конусообразных катушек «белое пламя» удавалось концентрировать и направлять. Поток излучения проникал на ярд в окружающее пространство и при длительности импульсов менее 100 микросекунд ощущался как нечто холодное, мягкое и безопасное. Однако при большей длительности эти импульсы вызывали «покалывание» вплоть до шокового удара. При этом обнаруживалась невероятная проникающая способность этих излучений: от них не защищали ни диэлектрические, ни токопроводящие металлические экраны, непроницаемые для электромагнитных волн. Эффект от воздействия радиантной энергии возрастал со временем при той же экспозиции при ее повторении (накапливался). При передаче энергии от острия трансформатора Тесла к медным пластинам в них появлялся заряд, равнозначный создаваемо-

¹⁾ О многократном увеличении мощности усиливающим передатчиком Н.Тесла свидетельствуют результаты испытаний его установки на острове Лонг-Айленд недалеко от Нью-Йорка. В этой башне ученый генерировал потенциалы, которые разряжались стрелами молний длиной до 40 метров. Опыты сопровождались громовыми раскатами. Вокруг медного купола башни диаметром 20 метров пылал огромный световой шар. "Тесла зажѐг небо над океаном на тысячи миль", – писали газеты.

му сильным током. Этот поток в зависимости от расположения искрового разрядника мог или «нагнетать» заряд на поверхность или «высасывать» его из поверхности. В то же время радиантное излучение было нейтральным по отношению к зарядам и магнитному полю. Изменением напряжения и длительности импульсов трансформатора Тесла можно либо нагревать комнату, либо охлаждать её. При этом более короткие импульсы порождали течения, наполнявшие комнату прохладными потоками, и сопровождалась появлением ощущения тревоги и беспокойства. К тому же радиантное излучение не подавалось фотографированию (только при очень длительных экспозициях появляются намеки на что-то подобное объекту). Будучи очень похожими на свет, эти излучения тем не менее распространялись со сверхсветовыми скоростями, о чем можно было судить по времени обегания ими земного шара (Lindemann P.A., 2000).

О том, что радиантное излучение обладало свойствами, которых обычные поперечные электромагнитные колебания не обладают, свидетельствовал целый ряд фактов. Радиантная энергия распространялась по земле, т.е. передавалась по одному проводнику. При этом обычные лампы накаливания, будучи присоединенным к источнику (в том числе земле) одним контактом, были способны вызвать свечение, подобное по яркости дуговой лампе. Эти световые эффекты наблюдались и в вакуумных трубках, не вызывая их нагрева. При проникновении излучения в металл из него вырывались голубые стрелы, опасные для жизни. При погружении выводов вторичной катушки вертикально в масло на его поверхности образовывалась полость глубиной до 5 см. Ни один из этих энергетических эффектов Н.Тесла не удавалось получить при помощи гармонических электромагнитных колебаний высокой частоты. Это было открытие совершенно нового вида энергии и излучения.

Следует особо подчеркнуть, что и трансформатор Тесла не был обычным электромагнитным устройством. Трансформация напряжения в нем происходила иначе, чем для электромагнитной энергии (т.е. не пропорционально числу ампервитков). При этом напряжение на вторичной катушке могло превышать начальное напряжение на искровом разряднике в тысячи раз и достигать многих десятков миллионов вольт. К тому же развиваемое вторичной катушкой напряжение зависело от длительности импульса, возрастая с его укорочением. В разряднике, снабженном магнитом, радиантный ток не изменялся, несмотря на уменьшение электрического тока. Ток во вторичной катушке трансформатора Тесла не обна-

руживался, однако напряжение увеличивалось с каждым сантиметром длины катушки. При этом коэффициент трансформации был значительно выше обычного. В катушках трансформатора Тесла, как и в шунтированной цепочке ламп накаливания наблюдалось «фракционирование» потока энергии: электроны двигались преимущественно через шунт (меньшее сопротивление), а «радиантный» поток энергии – через лампы (наибольшее сопротивление). Радиантный поток энергии не был электромагнитным, поскольку он был нейтральным по отношению к зарядам и магнитному полю. Как подчеркивал сам Н.Тесла, «было бы большой ошибкой считать, что в моей системе передается электроэнергия» (Тесла Н., 2003). В то же время этот поток был подобен оптическому излучению, отличаясь от него лишь частотой и обусловленным этим специфическим характером взаимодействия с веществом. Это настолько противоречило максвелловской интерпретации света как электромагнитной волны, что побудило Н.Тесла посетить Г.Герца с целью убедить его в ошибочности интерпретации им результатов своих экспериментов. К сожалению, научная общественность не поверила экспериментам Н.Тесла.

4.4. Экспериментальные подтверждения неэлектромагнитной природы эфира

Экспериментальные исследования всепроникающей среды, впервые упомянутой пифагорейцами около 500 г. до новой эры и известной в западной литературе как эфир (Уиттекер Э., 2001), начались еще XIX столетии. Интерес к ней возник, когда выяснилось, что живые и неживые объекты, «заряженные» неким «флюидом», могут влиять друг на друга на расстоянии подобно известным силовым полям.

Действие на биологические объекты излучений неизвестной природы изучал еще Ф. Месмера (F. Mesmer, 1734—1815), назвавший это явление «животным магнетизмом».

В середине XIX века немецкий ученый К. Рейхенбах в течение 30 лет экспериментально изучал силу неизвестного науке воздействия, которую он называл «одической». Выяснилось, что при возникновении одической силы притягиваются не противоположные полюса, как в электромагнетизме, а одинаковые полюса, т.е. *подобное притягивается подобным*. Этой уникальной полярно-

стью обладали и кристаллы, не являющиеся магнетиками. При этом Рейхенбах обнаружил, что действие одического поля можно передать по проволоке, причем с небольшой скоростью (примерно 4 м/с), зависящей больше от удельного веса материала, нежели от его электропроводности. Эксперименты показали, что предметы могут быть заряжены «одической» энергией подобно электрическому заряду. При этом часть этой энергии может быть сфокусирована через линзы, подобно свету, тогда как другая часть огибает линзы подобно пламени свечи. Если эту преломленную часть физического поля поместить в воздушные потоки, она тоже отреагирует подобно пламени свечи. Отсюда он заключил, что среда, создающая это поле, сходна с газообразным флюидом (Цейтлин З.А., 1928).

К уже упоминавшимся экспериментам Н. Тесла, проведенным в конце XIX столетия, можно добавить наблюдения М. Блондло (Blondlot M.R., 1903), назвавшего объект своего изучения «N-излучением».

В 1906 году профессор Н. П. Мышкин в серии статей сообщил о совершенно необъяснимом поведении тонкого слюдяного диска, подвешенного на тончайшей платиновой нити внутри теплоизолированного медного экранированного светонепроницаемой бумагой сосуда. Диск закручивал нить, реагируя на свет свечи, перемещение людей и неодушевленных предметов относительно него, а также в отсутствие видимой причины (Мышкин Н.П., 1906).

К этому периоду можно отнести также наблюдения за действием на человека и животных «биоэлектрических полей» Х. Лиаккураза, «Z –лучей» А. Чижевского (1930), а также «биополей» А. Гурвича (1944).

В 40-50-е годы прошлого столетия доктор Рейх, психиатр и коллега Фрейда, заинтересовавшись этими полями, много экспериментировал с ними, используя новейшие по тому времени электронные медицинские приборы. С помощью специально сконструированного высокочувствительного микроскопа он наблюдал пульсации некоей энергии, названной им «оргоном», в небе и вокруг всех органических и неорганических объектов. Рейх разработал много физических приборов для изучения поля этой энергии. Среди них был «аккумулятор», который мог концентрировать энергию оргона и был использован им для «подзарядки» людей этой энергией (Raich W., 1969).

В последующие годы стали известными новые факты, свидетельствующие о существовании излучения неэлектромагнитной

природы. В 1948 г. астрофизик Н.Козырев путем фотографирования звезд через закрытый металлической шторкой объектив телескопа обнаружил существование во Вселенной специфического вида проникающего излучения, движущегося со скоростью, намного превышающей скорость распространения света в вакууме (Козырев Н.А., 1991). Эти опыты впоследствии были подтверждены и «конвенциональными» физиками (Лаврентьев ММ., Еганова ИЛ.и др., 1990).

В 1960 году был впервые зарегистрирован, а в 1986 году окончательно подтвержден эффект Ааронова-Бома, обнаруживший изменение интерференционной картины, образованной когерентным потоком электронов, при включении и выключении миниатюрного соленоида, магнитное поле которого было тщательно изолировано сверхпроводящим электромагнитным экраном и не создавало на пути движения электронов электрического E и магнитного B полей (Aharonov, Y., D. Bohm, 1959). Этот эксперимент, вызвавший длительные дискуссии, был истолкован, однако, как следствие существования векторного магнитного потенциала в отсутствие самого магнитного поля. Между тем периодическое изменение интенсивности воздействия соленоида на интерференционную картину в этом эксперименте явным образом указывало на наличие незранируемой неэлектромагнитной составляющей излучения, обнаруженной в недавнее время (Конюшая Ю.П., 1979).

В 1973 г. в России был открыт также акустико – магнетоэлектрический эффект, доказавший существование взаимодействия электронов с ультразвуковой волной. Это принципиально противоречило теории Максвелла, которая запрещает подобные эффекты. Необъяснимым оказалось также увеличение энергии в тысячи раз, сопровождавший это явление (Конюшая Ю.П., 1979).

В этом плане представляют также интерес «X – агент» Г. Мориама (Moriama H., 1975); «радиэстетическое излучение» Ж. Пежо (Pagot J., 1978); «морфическое поле» Р. Шалдрейка (1981); «Пси - поля и излучения» А. Дуброва и В. Пушкина (1989); «тахсионные поля» Л. Файнберга; «хрональные поля и излучения» А. Вейника (1991); «пустые волны» Ф. Селлери (1991) и т.д.

В последние десятилетия XX столетия повышенное внимание вызвали так называемые продольные электромагнитные волны. Так называют волны, колебания которых происходят в направлении их распространения. Они регистрируются фотоматериалами, защищенными светонепроницаемым экраном с фольгой, жидкокристаллическими индикаторами, контрастно-фазовой микроскопи-

ей высокочистой воды и т.п., и распространяется со скоростью, на несколько порядков превышающую световую. В экспериментах А. Солунина и С. Грано, а затем и Г. Николаева (1997) обнаружилось, что они порождают продольные силы, действующие вдоль направления тока. Однако их существование никоим образом не вытекает из уравнений Максвелла, поскольку означает переменную толщину «силовых линий» (Николаев Г.В., 2003).

В 1999 г. наличие излучения неэлектромагнитной природы, схожего по своим свойствам с излучением, открытым Мышкиным, было обнаружено в излучении оптического квантового генератора небольшой мощности (Квартальнов В.В., Перевозчиков Н.Ф., 1999). В этих экспериментах луч лазера, предварительно пропущенный через пластинку кремния, направлялся на сосуд с бидистиллятом, который при этом изменял свою электропроводность.

В 2001 г. в экспериментах по торможению пучка электронов с энергией 30 Мэв мишенью из вольфрама было зафиксировано закручивание маятника, помещенного за мишенью. Величина силы, вызывающей отклонение маятника, имела верхнюю границу 10^{-6} Н. Самым характерным было изменение направления закрутки маятника при сдвиге тормозной мишени от одного конца маятника к другому (Ципенюк Д.Ю., 2001). Следовательно, излучение было поляризовано и имело неэлектромагнитную природу.

Поляризованная неэлектромагнитная составляющая была обнаружена также и в составе излучений живой и неживой природы (Гринштейн М., Шрайбман М., 2009). Её обнаружили также приборы типа ВЕГА и ИГА-1, предназначенные для обнаружения «тонких физических полей». Их показания мало изменялись при экранировке маталлической фольгой ().

Необычные результаты были получены в последнее время и другими экспериментами (Уруцкоев Л.И. и др., 2000); Пархомов А.Г., 2004; Коротаяев М. и др., 2004; Сердюк В.О. и др., 2007; Болдырева Л.Б., 2010). В частности, группа Л. Уруцкоева при проведении экспериментов по электрическому взрыву фольг в воде было зарегистрировано интенсивное свечение, которое возникало над взрывной камерой в момент разрыва в ней тока (когда импульс напряжения достигал ~ 10 кВ). Это излучение фиксировалось фотодиодом (ФД) и фотоэлектронным умножителем (ФЭУ-35), но имело неэлектромагнитную природу. Длительность этого свечения превышала длительность импульса тока ($\sim 0,15$ мс) и рекомбинации возникшей плазмы ($\sim 0,1$ мс) более чем в 10 раз. Это обстоятельство роднило такое свечение со взрывом термоядерной бомбы над Но-

вой Землей в 1961 году, когда оно продолжалось в течение почти 3-х часов¹⁾. Большой неожиданностью явилась также малая длительность (~100нс) сигнала детекторов рентгеновского излучения – пластикового сцинтиллятора и ФЭУ-30 – по сравнению с импульсом тока (~150мкс). Это не позволяло отнести регистрируемые сигналы к нейтронам и делало их не способными преодолеть светозащитный кожух из алюминия. Кроме того, фотографии треков были совершенно не похожи на «классические» и напоминали след гусеницы с длиной следа до 1...3 мм. Такие треки не допускали их интерпретацию как следствия альфа, бета и гамма – излучения.

В последнее время стали поступать и прямые свидетельства отсутствия электромагнитной составляющей в световом излучении. Так, по сообщениям из интернета, группой голландских физиков под руководством М. Буррези из Института атомной и молекулярной физики в Амстердаме в 2009 году были проведены прецизионные эксперименты по измерению магнитных поля в оптическом диапазоне излучения. Для этого диапазона частот в роли детектора в их установке выступало металлическое покрытие на кончике зонда сканирующего микроскопа с прорезью шириной всего 40 нм. Ученые опустили зонд в 20 нм от волновода, где распространялся лазерный луч с длиной волны 1550 нм. В результате довольно сложной методики измерений исследователи пришли к выводу, что ими обнаружены только признаки вторичной магнитной стоячей волны в детекторе в окрестности волновода. Между тем согласно теории Максвелла, магнитная составляющая электромагнитного излучения должна нести такую же энергию, как и электрическая. Кроме того, как и в опытах Герца, это было фактически не поле световой волны в эфире, а магнитное поле, наведенное ею в детекторе!

Наконец, также по сообщениям из интернета, в 2013 г. альфа-магнитный спектрометр, выведенный на орбиту два года тому назад, зафиксировал поток позитронов, возникновение которых может быть связано с существованием странного, ранее неизвестного науке «тёмного» вещества - субстанции, которая не испускает электромагнитного излучения и не взаимодействует с ним.

¹⁾ Это свидетельствовало о том, что свечение поддерживалось другими источниками энергии, нежели сам ядерный взрыв.

Таким образом, фактов, свидетельствующих о существовании неизвестных науке излучений неэлектромагнитной природы столь много, что в настоящее время, выражаясь словами академика В.А. Трапезникова «отмахиваться от них нельзя, не рискуя погубить науку». Все они, вместе взятые, указывают на существование волновой формы энергии, оказывающей вследствие различной частоты самое разнообразное действие на поглощаю её тела и обладающей вследствие тех же причин различной проникающей способностью. Единым материальным носителем всех этих излучений и служит эфир.

С предложенных позиций становится вполне естественным существование множества «невидимых» излучений, проникающих через экраны, непрозрачные для электромагнитных волн. К сожалению, «лишь теперь мы начинаем сознавать их разнообразие и понимать отрывочность и неполноту наших представлений об окружающем нас в биосфере мире излучений» (В.И. Вернадский, 1926).

4.5. Силовые поля как напряженное состояние эфира

В современной физике поле понимается как посредник взаимодействия. Однако и здесь его противопоставление веществу постепенно стирается. Согласно весьма распространенной концепции поля Р. Утиямы (1986), каждому независимому параметру частицы, удовлетворяющему закону сохранения, соответствует свое материальное поле, через которое осуществляется взаимодействие между частицами. Таким образом, в квантовой физике существует не одно, а множество полей с различными свойствами. Да и само это взаимодействие в «Стандартной модели» осуществляется испусканием и поглощением специфических частиц – носителей взаимодействия, распространяющихся в пустом пространстве с постоянной (предельной) скоростью и движущихся с постоянной скоростью.

Однако обменная теория взаимодействия или корпускулярная модель заполняющей пространство материи (будь то фотоны или виртуальные частицы) не могут дать ответа на вопрос о причине возникновения энергообмена между ними и веществом. Им чуждо понятие силы и потенциала, которые позволили бы дать адекват-

ное описание этого энергообмена на общепринятом языке макроскопической физики.

Кроме того, такой подход породил ряд очень серьезных противоречий. Они связаны, в частности, с допущением о «мгновенном» (лишенном длительности) излучении кванта энергии при «перескоке» электрона с одной устойчивой орбиты на другую. В противном случае пространственная протяженность фотона, определяемая произведением скорости света c на длительность процесса излучения Δt , могла бы достигать километров! Это допущение (одобренное с легкой руки А.Эйнштейна физиками-теоретиками на 1-м Сольвеевском конгрессе) означало признание возможности бесконечно большого ускорения фотона, что находится в вопиющем противоречии с законами механики. Верхом абсурда является также представление о фотоне как частице и одновременно – как о пакете волн, поскольку и в этом случае произведение длины волны излучения λ на число волн в пакете (которых никак не меньше десятка) достигает километров! Однако и допущение о «вневременном» характере процесса испускания фотона не может распутать клубок противоречий, поскольку означает применимость уравнений Максвелла к процессам, не имеющим длительности (как справедливо заметила М.Кюри на упомянутом конгрессе). Да и сама эта идея «перескока» означала отказ от признания причинно-следственных связей, поскольку допускала, что электрон каким-то непостижимым образом заранее знает, на какую орбиту он перейдет в результате этого процесса!

Все это указывает на несовместимость постулатов квантовой физики с классической электродинамикой. Квантовая электродинамика столкнулась с теми же проблемами, к которым добавилась еще и так называемая проблема ультрафиолетовых расходимостей, проблема самодействия носителя заряда, проблема бесконечной электромагнитной массы точечного источника, экспериментально обнаруженная дифракция фотона с самим собой при прохождении им преграды с двумя щелями, и т.д., и т.п.

Как мы убедимся ниже, эти трудности позволяет избежать солитонная теория эфира, излагаемая здесь. Она исходит из представления об эфире как колеблющейся среде, состоящей из совокупности солитонов – локализованных в пространстве структурно устойчивых частицеподобных волн. Согласно этой концепции, все элементарные частицы возникают из незатухающих неэлектромагнитных колебаний единственной материальной сущности, которая подчиняется простым и красивым физическим законам.

Больших знаний об эфире на этом этапе исследований нам не требуется. Энергия этих колебаний является её внутренней (собственной), которая по определению не зависит от положения системы или ее движения относительно других тел. Она действительно не зависит от источников силовых полей. В этом отношении эфир принципиально отличается от силовых полей, которые в отсутствие источников существовать не могут. Действительно, достаточно удалить из пространства любые массы, как исчезнет гравитационное поле. Это явным образом следует из закона тяготения Ньютона, в котором фигурирует произведение масс по меньшей мере двух тел. Если положить хотя бы одну из них равной нулю, сила тяготения исчезнет. Точно так же из закона Кулона следует, что достаточно удалить из какой-либо среды один из взаимодействующих электрических зарядов, как исчезнет электрическое поле. Подобным же образом исчезнет электромагнитное поле, если исключить протекание в среде токов, что следует из закона Ампера. Сказанное относится вообще к любой форме потенциальной энергии, поскольку она по определению зависит от взаимного положения тел, т.е. является «взаимной». Совершенно очевидно, что с исчезновением этих тел исчезает и их внешняя потенциальная энергия. Таким образом, уже самих определений понятия внешней и внутренней энергии достаточно, чтобы убедиться в недопустимости замены эфира электромагнитным полем. В этом отношении весьма показательным признанием самого А.Эйнштейна, изгнавшего эфир из своей теории относительности: *«Я пришел к убеждению, отличающемуся от принятого за истину, что поле отнюдь не вид материи, а свойство материи. Ибо поле не обладает системой свойств, что присуще материи, а является средством взаимодействия материальных систем»* (А.Эйнштейн, Л. Инфельд, 2009).

Характерно также, что и в общей теории относительности А. Эйнштейна физическими свойствами наделяется также не поле, а само пространство. Хотя при этом никакая особая материальная среда сверх того ей не требуется, уже само это пространство с новыми для науки физическими свойствами можно было бы, следуя Эйнштейну, назвать эфиром. Это и признал А.Эйнштейн в конце своей жизни: *«пространство немислимо без эфира; действительно, в таком пространстве не только было бы невозможно распространение света, но не могли бы существовать масштабы и часы и не было бы никаких пространственно-временных расстояний в физическом смысле слова»*.

На сохранении понятия эфира настаивали также П. Дирак (1953). Весьма определенно высказался по этим вопросам и Л. де

Бройль (). Необходимость возврата к концепции эфира была осознана и квантовой теорией поля, которая, однако, подменила при этом эфир «физическим вакуумом». Как отмечает акад. А.Б. Мигдал, «по существу физики вернулись к понятию эфира, но уже без противоречий». Одним из таких противоречий физики видят в отсутствии влияния на движение в нем тел. Оно основано на убеждении, что эфир должен оказывать сопротивление и вызывать торможение тел вследствие трения. Между тем явления трения и диссипации энергии вовсе не свойственны микромиру. С позиций энергодинамики диссипативный характер процесса трения обусловлен тем, что перемещение тела в какой-либо дискретной среде связано с разрывом одних молекулярных связей его с окружающей средой (нарушением равновесия) и установлением новых (релаксацией). Первый процесс требует затраты некоторой упорядоченной работы (против сил трения), второй протекает самопроизвольно и неупорядоченно, и сопровождается выделением тепла трения. Этот необратимый процесс перехода упорядоченной формы энергии в неупорядоченную и называется диссипацией. Однако в эфире, не обладающем хаотической (тепловой) формой движения, диссипация энергии отсутствует. Поэтому эфир, каким бы он ни был – твердым, жидким или газообразным – не оказывает сопротивления движению тел, т.е. ведет себя подобно идеальной жидкости, хотя и взаимодействует с веществом. Вследствие этого упорядоченно колеблющийся эфир идеальным образом соответствует роли универсального переносчика взаимодействия в любой теории, продолжающей, подобно энергодинамике, классическую линию развития естествознания.

Согласно энергодинамике, оптические, электрические, магнитные и другие физические явления возникают в веществе при его взаимодействии с эфиром. Характер этих процессов зависит от того, какие структурные элементы вещества – субатомные частицы, атомы, молекулы, их ассоциации и т.п. – находятся в резонансе с эфирной волной соответствующей их размерам длины. Поскольку любая волна, как мы увидим в следующей главе, образует пару сил, ее взаимодействие с веществом носит силовой характер и порождает поляризацию (относительное смещение) тех структурных элементов этого вещества, которые находятся с этой волной в резонансе. Если это частицы вещества, способные к зарядовой поляризации (разделению зарядов) – энергия колебаний эфира воспринимается веществом в форме электрических колебаний той же частоты; если это движущиеся заряженные частицы (токи) – в веществе возникает магнитное поле; если длина волны соответ-

вует (или кратна) расстоянию между телами – их поляризация выражается в удержании тел на определенном расстоянии, что воспринимается как их гравитационное взаимодействие, и т.п. Таким образом, все виды взаимодействий и все свойства вещества, включая его структуру, обусловлены его избирательным (резонансным) взаимодействием его с эфиром и динамическим равновесием с ним. В этом смысле эфир составляет неотъемлемую часть любой материальной системы, т.е. является ее неперменным компонентом. Систем, изолированных от эфира, не существует. Поэтому именно равновесием вещества с эфиром обусловлено возникновение в нем тех или иных структур и силовых полей, порожденных неравномерным распределением в пространстве тех или иных энергоносителей. И наоборот, наличие в пространстве тех или иных силовых полей свидетельствует о неравномерности распределения в эфире стоячих волн определенной длины, т.е. о неоднородности его спектрального состава. Эта неоднородность и воспринимается детекторами как силовое (электрическое, магнитное, гравитационное и т.п.) поле, хотя ничего, кроме колебаний плотности, самому эфиру не свойственно. Иными словами, силовые поля – это отражение в веществе напряженного состояния эфира, порожденного неоднородностью его спектрального состава. Такой подход вскрывает единую природу любых силовых полей и открывает перспективы унификации сил и взаимодействий.

**ЕДИНСТВО ЗАКОНОВ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ
В ВЕЩЕСТВЕ И ЭФИРЕ**

Разделение материи на вещество и поле привело теоретическую физику к неразрешимым противоречиям. Оно лишило электромагнитные волны среды их распространения и, напротив, материализовало абстрактное математическое понятие поля как функции распределения в пространстве какой-либо величины. Замена эфира электромагнитным полем привела к тому, что не только свет, но и излучения любой иной природы стали наделять свойствами, которые противоречат большому числу экспериментов.

Изгнание эфира из теоретической физики лишило многочисленные «сверхединичные» устройства¹⁾ права на существование и привела к отнесению их к «вечным двигателям», не подлежащим изучению конвенциональной наукой.

Между тем, как было показано в предыдущих главах, возможна иная интерпретация экспериментальных фактов, согласно которой перенос энергии между телами в пространстве осуществляется в иной форме, нежели присущая веществу. Иными словами, следует различать как физически, так и математически процессы переноса энергии в какой-либо одной её форме от процессов, связанных с превращением энергии из этой формы в другую и с последующим переносом ее в этой иной форме. Эту роль не может выполнять ни электромагнитное поле, ни физический вакуум – на это способна лишь универсальная среда, заполняющая все пространство и являющаяся и способная при определенных условиях превращаться в вещество. Иной кандидатуры на эту роль, кроме эфира, не существует.

Задача настоящей главы – показать, что эфир обладает для этого всеми необходимыми свойствами.

¹⁾ Так называют преобразователи энергии, которые дают на выходе больше энергии, чем поддающаяся регистрации энергия на их входе.

5.1. Эфир как источник свободной энергии

Колебания – самый распространенный вид движения в природе. Любая колеблющаяся система внутренне неравновесна, поскольку колебание представляет собой периодическое отклонение осциллирующей физической величины от состояния равновесия. Поэтому наличие у эфира как носителя волновой формы движения упорядоченной энергии не подлежит сомнению.

Попытки построения теории всезаполняющей среды начались с возникновением концепции Картезианства и не прекращаются до сих пор. Однако простой, понятной и естественной теории такой среды так и не найдено. В математической теории среды, способной оказывать сопротивление движению через него твердых тел и в то же время передавать через себя свет, существуют глухие стены, пробить которые в рамках существующих научных представлений до сих пор оказалось невозможно.

Причиной является, на наш взгляд, не поддающаяся разумному объяснению приверженность ученых концепции переноса энергии в эфире в той самой форме, которая была свойственна веществу. Будучи характерной для периода господства концепции «невесомых», она благополучно перекочевала в наши дни в виде теорий переноса тепла, вещества, заряда, импульса и т.п. Отсюда и представление Максвелла об электромагнитном поле как носителе электромагнитной энергии после того, как она покинула одно тело и еще не достигла другого. Отсюда же – представление о неизбежности «тепловой смерти» Вселенной в результате выравнивая температур, как будто перенос энергии в ней осуществляется путем теплообмена. Эти же соображения лежат в основе квантовой теории поля, где взаимодействие объясняется обменом между субъектами элементарными частицами – носителями того или иного взаимодействия. При этом ученых не останавливает то обстоятельство, что с открытием каждой новой частицы материи придется отыскивать и новую частицу типа бозона Хиггса, что сделает их поиск в принципе бесконечным.

Трактовка энергообмена как процесса переноса энергии между телами в той же форме, что и присущая им, вынуждает наделять эфир множеством несовместимых свойств. В частности, наличие электромагнитных колебаний в веществе вынуждает наделять среду, переносящую эту форму энергии, электрическими и магнитными свойствами. А поскольку эфир ими не обладает, приходится

вводить некую новую материальную субстанцию – электромагнитное поле. Поперечный характер колебаний векторов электрической и магнитной индукции в веществе вынуждает считать волны в эфире или ЭМП также поперечными, что требует отнестись эфир как светоносную среду свойствами твердого тела. Однако это делало совершенно непонятным движение материальных тел сквозь эфир без нарушения самого этого движения. Противоположная концепция эфира как сильно разреженного газа приводила к неизбежности хаотического движения в нем, что не позволяло объяснить направленное распространение света в нем. Не облегчила задачи и вихревая модель эфира Максвелла, в которой фигурировали «элементарные роторы» разных размеров, вращающиеся в разные стороны. При этом для передачи вращений от одного большого элементарного ротора к малому предполагалось существование некоей «магнитной жидкости» в зазорах между роторами. Таким образом, эта модель вновь возвращала к концепции «невесомых». В результате ни одной модели эфира так и удалось объяснить всех свойств света.

Между тем энергодинамическому подходу вообще не свойственно привлечение в основания теории каких-либо гипотез, постулатов или модельных представлений. Её математический аппарат основан на свойствах полного дифференциала энергии как функции определенного числа аргументов, равного числу протекающих в системе процессов. В число таких процессов входит и взаимодействие вещества с эфиром, который как всепроникающая среда является неизменным компонентом любой материальной системы.

Такой подход исходит из наиболее общего понимания эфира как «бесчастичной» формы материи, заполняющей все пространство внутри и вне вещества, и на данном этапе описания его структуры вещества отличающегося от него *сплошностью*. Это соответствует делению материи на дискретную и континуальную формы. Вещество имеет определенную форму и границы, эфир же не имеет ни того, ни другого. Дальнейшее проникновение в структуру и свойства эфира – задача следующих поколений. В настоящее время единственное, что мы должны знать про эфир – это незатухающий колебательный характер его движения. Волна в эфире может быть как стоячей, если она «защемлена» между двумя структурными элементами (частицами) вещества, так и бегущей, если таковое ограничение отсутствует.

При нахождении энергии E упругой продольной бегущей волны следует учитывать как кинетическую E^k , так и потенциальную $E^п$ её составляющая. При этом как E^k , так и $E^п$ выражается через скорость волны $v = d\xi/dt$, где ξ – отклонение элемента массы волны от его равновесного положения. В результате плотность её энергии ρ_v оказывается связанной со скоростью v выражением:

$$\rho_v = \frac{1}{2} \rho [(\partial\xi/\partial t)^2 + v^2(\partial\xi/\partial r)^2], \quad (5.1.1)$$

где ρ – плотность системы, а средняя величина плотности этой энергии оказывается пропорциональной квадрату амплитуды волны A_v и частоты её колебаний ν (Крауфорд Ф., 1965):

$$\rho_v = \rho A^2 \nu^2 / 2. \quad (5.1.2)$$

Однако к вопросу об энергии эфира можно подойти с другой стороны. Известно, что скорость распространения света определяется выражением:

$$p/\rho = c^2 \text{ [Дж/кг]}. \quad (5.1.3)$$

Это выражение следует понимать в том смысле, что при колебаниях плотности эфира ρ и его потенциальной энергии $E^п = mp/\rho$ возникают волны, уносящие соответствующую часть энергии стоячих волн в форме энергии бегущих волн. При этом

$$dE^п = c^2 dm. \quad (5.1.4)$$

Именно из этого исходили Н. Schramm, W. Braumüller, Н.Умов, J.Thomson, О. Heaviside, J.H. Poincare и F. Hasenöhrl, придя к заключению о пропорциональности энергии излучения массе излучающего тела, но не экстраполируя этот вывод, в отличие от А.Эйнштейна, на другие формы энергии и явления природы.

Из (5.1.4) следует, что удельная энергия эфира равна $c^2 = 9 \cdot 10^{18}$ Дж/кг, а полная энергия эфира $E = mc^2$ бесконечна. Вместе с тем

из (5.1.4) следует, что в силу закона сохранения энергии изменение плотности эфира может приводить к образованию из него вещества («конденсации» эфира). Тогда масса M вещества, образовавшегося из эфира, равна убыли массы эфира, т.е. $M = -dm$, а его энергия $\mathcal{E} = Mc^2 = -dE^{\text{эфир}}$. Таким образом, возможно как «сгущение», так и «разрежение» эфира. Первое является результатом обратного превращения вещества в эфир. Принятие такой концепции открывает перспективу создания единой теории не только всех взаимодействий, но и всех видов материи.

5.2. Движущая сила лучистого энергообмена

До настоящего времени в научной литературе, насколько нам известно, не ставился вопрос о нахождении специфических движущих сил, обуславливающих возникновение процесса переноса лучистой энергии подобно тому, как это происходит в явлениях теплопроводности, электропроводности, массообмена и других макрофизических процессах.

Вместо этого астрофизики до сих пор рассматривают энергообмен между космическим вакуумом и звездным веществом как лучистый. При этом они приписывают космическому микроволновому фоновому излучению определенную температуру на том основании, что яркость так называемого «реликтового» излучения в некотором диапазоне частот напоминает частотное распределение теплового излучения абсолютно черного тела (АЧТ) с температурой $T = 2,735$ К. Между тем само это распределение было получено, исходя из определенного соотношения между энергией колебательного движения атомов излучающего тела и хаотического теплового движения. В межзвездном же пространстве концентрация каких-либо частиц настолько мала, что об их тепловом движении не может идти речи. Кроме того, тепловое излучение занимает в спектре настолько узкую полосу (в диапазоне длин волн от 0.4 до 4 мк), что не может характеризовать энергообмен в целом. Поэтому лишь в том частном случае, когда энергия излучения воспринимается телами как теплота (т.е. рассеивается), условия равновесия могут быть выражены через абсолютную температуру абстрактных АЧТ. Отсюда следует, что считать температуру потенциалом лучистого энергообмена «в целом» было бы большой ошибкой. Об этом свидетельствуют и недавние расчеты британ-

ского физика О. Хесса (Ortwin Hess), согласно которым понятие температуры вообще неприменимо к нанообъектам, не говоря уже об атомах и составляющих его элементарных частицах. Не случайно же тепловое равновесие между космическими объектами Вселенной не наступило и спустя 15 миллиардов лет её существования!

Все это имеет непосредственное отношение к эфиру. Его незатухающее колебательное движение относится к упорядоченной форме движения и не имеет ничего общего с теплотой. Излучение эфира охватывает беспредельный спектр частот, и потому его воздействие на вещество воспринимается им в самой разнообразной форме, вызывая не только нагрев, но и ионизацию, поляризацию, намагничивание, фотоэффект, фотосинтез, флуоресценцию, фотоядерные реакции, и т.д., и т.п. Поэтому вполне закономерна постановка задачи о нахождении специфических условий равновесия между веществом и эфиром.

Поставим прежде всего задачу отыскания параметра, градиент или перепад которого порождает поток носителя лучистой энергии подобно тому, как градиент или разность температур T , давлений p , скоростей \mathbf{v} , химических μ_k , электрических ϕ и др. потенциалов порождает соответственно перенос энтропии S , импульса \mathbf{P} , массы k -го вещества M_k , заряда 3 и т.п. Для решения этой задачи воспользуемся выражением (5.1.2), согласно которому

$$d\rho_{\text{в}} = \rho A_{\text{в}} v d(A_{\text{в}} v). \quad (5.2.1)$$

Сопоставим (5.2.1) с общим выражением работы i -го рода dW_i как произведением силы \mathbf{F}_i на вызванное ею перемещение $d\mathbf{r}_i$ объекта её приложения $\Theta_i \equiv S, V, \mathbf{P}, M_k, 3$ и т.п. (1.5.1). Принимая во внимание, что удельная сила $\mathbf{X}_i = \mathbf{F}_i/\Theta_i$ (отнесенная к единице переносимой ею величины Θ_i) выражается в общем случае отрицательным градиентом $-(\partial\psi_i/\partial\mathbf{r})$ соответствующего потенциала ψ_i (2.1.2), находим, что в случае волновой формы движения $\psi_i = A_{\text{в}} v$, и $\Theta_i = \int \rho A_{\text{в}} v dV$. В дальнейшем для определенности мы будем называть величину

$$\psi_{\text{в}} = A_{\text{в}} v \quad (5.2.2)$$

амплитудно-частотным потенциалом волны.

Перейдем теперь к нахождению движущей силы лучистого энергообмена. Для этого рассмотрим полную производную от плотности энергии волны ρ_v по времени t , рассматривая ее как функцию радиус-вектора \mathbf{r} точки пространства и времени $\rho_v(\mathbf{r}, t)$:

$$d\rho_v/dt = (\partial\rho_v/\partial t)_r + \mathbf{c}_v \cdot \nabla \rho_v, \quad (5.2.3)$$

где $\mathbf{c}_v = d\mathbf{r}/dt$ – скорость распространения волны в данной среде.

Первое слагаемое в правой части (5.2.3) описывает локальное изменение энергии волны, которое нас в данном случае не интересует. Второе же (конвективное) слагаемое характеризует изменение энергии бегущей волны по мере её распространения в какой-либо среде, которое согласно (5.2.2) равно:

$$(\partial\rho_v/\partial t)_r = -\rho A_v v \mathbf{c} \cdot \mathbf{X}_v. \quad (5.2.4)$$

В этом выражении векторная величина

$$\mathbf{X}_v = -(\partial\psi_v/\partial\mathbf{r}) \equiv -\nabla\psi_v \quad (5.2.5)$$

представляет собой удельную движущую силу процесса распространения монохроматической волны в сплошной среде. В частном случае потока излучения $\psi_v = A_v v$ и $\mathbf{X}_v = -\nabla\psi_v$.

Таким образом, движущая сила лучистого энергопереноса выражается отрицательным градиентом потенциала волны, т.е. так же, как и для всех других процессов переноса энергии в сплошных средах. Согласно (5.2.5), любая волна распространяется в поглощающей или рассеивающей среде в направлении убывания её потенциала, т.е. её амплитуды и частоты. С позиций энергодинамики именно это и происходит в процессе распространения «реликтового» излучения, порождая как ослабление света, так и его «красное смещение», которое в настоящее время целиком приписывается «разбеганию» Вселенной.

Выражению (5.2.4) легко придать принятую в термодинамике необратимых процессов форму произведения некоторой силы \mathbf{X}_i

на плотность соответствующего потока \mathbf{j} , носителя данной формы движения. Под этим потоком будем понимать, как обычно, произведение плотности энергоносителя $\rho\Theta_{\text{л}}$ на скорость его переноса, т.е. величину:

$$\mathbf{j}_{\text{в}} = \rho A_{\text{в}} v \mathbf{c}_{\text{в}} . \quad (5.2.6)$$

Таким образом, потоки полевых и вещественных форм энергии получают в энергодинамике единообразное представление. Это единство не является формальным (описательным), оно имеет глубокую физическую природу. Это станет особенно очевидным, если воспользоваться понятием солитона как локализованной в пространстве структурно устойчивой частицеподобной волны¹⁾. В таком случае поток $\mathbf{j}_{\text{в}}$ предстает как последовательность v солитонов, движущихся со скоростью света $c = |\mathbf{c}_{\text{в}}|$.

Нахождение аналитического выражения движущей силы волновой формы энергообмена влечет за собой далеко идущие последствия. Прежде всего, оно обеспечивает единство законов переноса любых форм энергии. Согласно вышеизложенному, процесс переноса лучистой энергии возникает вследствие пространственной неоднородности скалярного поля излучений, характеризующегося величиной амплитудно-частотного потенциала волны $\psi_{\text{в}}$, т.е. так же, как и в неоднородных скалярных полях температуры, давления, электрического, химического и любых других потенциалов. Вследствие этого неоднородное скалярное поле излучений становится векторным (силовым»), т.е. способным совершать работу подобно гравитационным и электрическим полям. Характерно при этом, что аналитическое выражение потенциала и движущей силы лучистого энергообмена (5.2.5) не зависят от модельных представлений о физической природе носителя волновой формы движения и потому в равной мере применимо к акустическим, гидравлическим электромагнитным, эфирным и т.п. волнам.

¹⁾ Область применимости понятия солитона постоянно расширяется. В эфире это тем более правомерно, что в нем отсутствует диссипация, нарушающая структурную устойчивость солитона.

5.3. Силовой характер взаимодействия эфира с веществом.

Принадлежность колебательной («волновой») энергии эфира к её упорядоченным формам не вызывает сомнений, поскольку любая волна представляет собой объект с неоднородным распределением в пространстве её волновой функции. Чтобы оценить степень неоднородности распределения в пространстве колеблющейся величины Θ_v , рассмотрим одиночную волну с длиной λ и локальной амплитудой A_v , плавно изменяющейся от значения $-A$ до $+A$ (рис.5.1). Разобьем эту волну на два участка протяженностью $\lambda/2$ и обозначим через Θ_v' и Θ_v'' площади заштрихованных фигур в каждом полупериоде волны, характеризующие отклонение величины Θ_v в обе стороны от её среднего значения. Если \mathbf{R}' и \mathbf{R}'' – положение центра каждой из двух заштрихованных площадок, то момент распределения Θ_v с учетом равенства $\Theta_v' = -\Theta_v''$ примет тот же вид, что и дипольный момент диэлектрика или магнетика:

$$\mathbf{Z}_v = (\Theta_v' \mathbf{R}' + \Theta_v'' \mathbf{R}'') = \Theta_v'' \Delta \mathbf{R}, \quad (5.3.1)$$

где $\Delta \mathbf{R}_v = \mathbf{R}'' - \mathbf{R}'$ – плечо «диполя», образованного одиночной волной. Для гармонических колебаний оно равно, очевидно, длине полуволны $\lambda/2$. Нетрудно видеть, что определенный таким образом момент распределения колеблющейся величины Θ_v обобщает

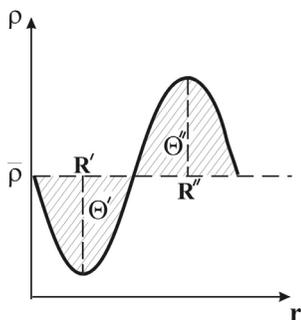


Рис.5.1. Волна как диполь

понятие дипольного момента связанных зарядов, определяемого произведением заряда на плечо диполя.

Таким образом, колеблющийся эфир является типичным представителем поляризованных сред в самом широком понимании этого термина. В этом отношении момент распределения плотности эфирной волны \mathbf{Z}_v эквивалентен вектору электрической \mathbf{D} или магнитной \mathbf{B} индукции диэлектрика или магнетика единичного объ-

ема.

Сила воздействия этого диполя на любые материальные объекты определяется в энергодинамике единым выражением $\mathbf{X}_v = -(\partial E_v / \partial \mathbf{Z}_v)$. Сам факт наличия этой силы, подтвержденный экспери-

ментами Столетова (1888), указывает на необходимость учета силового характера взаимодействия эфира с веществом при разработке теории излучения.

Это и осуществляется в энергодинамике, которая рассматривает в качестве объекта исследования не одиночный атом (как в теории Н.Бора), а всю совокупность атомов вещества, погруженную в эфир и взаимодействующую с ним. Чтобы избежать при этом применения постулатов М.Планка и Н.Бора, воспользуемся законом сохранения энергии для всей совокупности атомов, рассматриваемых как осцилляторы. Согласно этому закону, их полная энергия остается неизменной, если движение орбитальных электронов происходит только под действием внутренних (центральных) сил, удерживающих электрон на орбите (Л. Ландау, Е. Лившиц, 1973). Следовательно, об излучении телом энергии можно говорить только в том случае, когда на его атомы действуют сторонние (нецентральные) силы $\mathbf{X}_в$, исходящие из эфира. Когда направление сил $\mathbf{X}_в$ совпадает с направлением движения орбитальных электронов ($\mathbf{X}_в \cdot \mathbf{v}_e > 0$), возникает их ускорение. В противном случае ($\mathbf{X}_в \cdot \mathbf{v}_e < 0$) они испытывают кратковременное торможение, длительность которого определяется полупериодом электромагнитной волны. При этом возникает единичное возмущение эфира, распространяющееся в нем в виде волны. Последовательность таких волн и образует то, что мы называем «электромагнитными волнами». При $\mathbf{X}_в \cdot \mathbf{v}_e = 0$, когда силы $\mathbf{X}_в$ нормальны к направлению движения электронов, его излучение прекращается. Это делает процесс взаимодействия эфира с орбитальными электронами дискретным. Таким образом, квантовая природа излучения обусловлена самим характером процесса и отнюдь не противоречит классической механике.

Когда период колебания эфира на частоте, резонансной с осцилляцией атома, 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 электроны успевают претерпеть за один виток орбиты уже не один, а множество ($1, 2, \dots, z_e$) актов торможения или ускорения. Соответствующее число раз происходит и ускорение электронов, т.е. изменяется и траектория электрона (от апогея до апогея). Например, при условном радиусе круговой орбиты порядка 1 \AA и скорости орбитального электрона v_e , равной $1/137$ скорости света в вакууме электрон в конце рентгеновского диапазона

частот (10^{19} Гц) успевают претерпеть за время одного оборота порядка $8 \cdot 10^3$ актов ускорения или торможения. Это означает, что между двумя паузами $\mathbf{X}_b \cdot \mathbf{v}_e = 0$ (детектируемыми приборами как единичный акт излучения) атом успевают излучить на частоте ν целый цуг волн.

При этом частота излучения ν оказывается кратной не только числу оборотов орбитального электрона n_e , но и числу z_e актов его торможения за один «оборот» любой (замкнутой или незамкнутой) орбиты¹⁾. Число оборотов n_e определяется, как известно, отношением средней скорости электрона v_e на орбите к ее длине L , так что за один «оборот» электрона излучение происходит $z_e n_e$ раз:

$$\nu = z_e n_e = v_e / l_e = p_e / m_e l_e, \quad (5.3.2)$$

где $p_e = m_e v_e$ – модуль усредненного импульса электрона на орбите; $l_e = L / z_e$ – средняя длина «тормозного пути» электрона.

Таким образом, частота излучения ν оказывается пропорциональной среднему импульсу p_e электронов на всех подобных орбитах. Это согласуется с идеями де Бройля о связи частоты волны с импульсом частицы. Более того, согласно (5.3.2), каждому виду атомов с подобными орбитами соответствуют определенные длины волн излучения (поглощения). Это также подтверждает гипотезу де Бройля о том, что волновые свойства присущи всем веществам.

Из (5.3.2) следует также, что на одной и той же частоте ν излучают энергию все атомы, орбиты которых имеют одинаковую длину «пути торможения» электрона $l_e = \text{const}$. Такие орбиты мы в дальнейшем для краткости будем называть *подобными*. Далее, поскольку частота излучения ν связана с длиной волны λ простым соотношением $\nu = c / \lambda$, из (5.3.2) следует:

$$c / \lambda = v_e / l_e. \quad (5.3.3)$$

¹⁾ Последнее подтверждается тем известным из квантовой теории фактом, что длины боровских орбит L оказываются кратными длине волны де Бройля.

Таким образом, длина излучаемой волны определяется средней длиной «пути торможения» электрона l_e и его средней скоростью v_e . Это соотношение объясняет тот факт, что на длине орбиты L_e укладывается целое число волн де Бройля с длиной λ . В то же время становится ясным, что дискретностью обладает не энергия как таковая, а лишь её уровни в атоме¹⁾.

С этих позиций становится ясным, что излучение атома обусловлено не «перескоком» электрона с одной устойчивой орбиты на другую (как это постулировалось Н.Бором), а его многократным торможением на орбите. Это снимает вопиющее противоречие этого процесса с механикой, вызванное допущением о его «вневременном» характере²⁾.

Становится ясным также несостоятельность утверждения о неизбежном «падении» электрона на ядро атома, поскольку при чередовании актов «излучения» и «поглощения» энергии эфира в веществе наступает состояние динамического равновесия, характеризующееся постоянством средней энергии электронов.

Новое освещение получает также проблема дуализма «волна – частица». Сами специфические свойства солитонов как волн с частицеподобными свойствами объясняют, почему излучение в одних случаях проявляет свойства волны (интерференция, дифракция, поляризация), а в других – свойства частиц (фотоэффект, эффект Комптона). Более понятным становится «размытость» орбит электронов, объясняемая многократным изменением их скорости и взаимного расположения атомов, а не «принципом неопределенности» Шрёдингера.

Однако наиболее важным является изменение представлений об истинной величине кванта излучения. Если по Планку таким квантом являлась величина $h\nu$, то теперь она уступает место в z_e раз меньшей величине энергии солитонов, из которых состоит фотон как пакет волн. Представление о фотоне как ограниченной последовательности z_e солитонов легко объясняет обнаруженную

¹⁾ Никому ведь не придет в голову утверждать, что океан состоит из капель, на том основании, что осадки выпадают на него в виде дождя.

²⁾ Лишение процесса излучения кванта его необходимого признака – его длительности – обусловлено представлением о фотоне как частице.

еще в 1967 году интерференцию фотона с самим собой, поскольку в данном случае интерферируют солитоны, а не фотон. Получает объяснение и отмеченная А.Эйнштейном «избыточность» энергии фотона, а также сохранение атомом устойчивости, когда квантовая теория предсказывает потерю более 90% его энергии. Наконец, это открывает возможность синтеза классической и квантовой механики, считающихся несовместимыми.

Все это показывает, насколько полезным может быть отказ от догм, явившихся следствием многочисленных гипотез и постулатов.

5.4. Соответствие закона излучения Планка волновой природе лучистой энергии

В 1900 году М. Планк нашел формулу, хорошо воспроизводящую плотность излучения абсолютно чёрного тела (АЧТ) во всём диапазоне частот. Для этого ему пришлось выдвинуть гипотезу о дискретности энергетического спектра осцилляторов (М.Планк, 1935). Согласно Планку, испускание и поглощение излучения происходит порциями (квантами), названными впоследствии фотонами, энергия которых $\varepsilon_{\phi} = h\nu$, т.е. пропорциональна частоте ν излучения. При этом атомы вещества представлялись как осциллятор, который мог находиться только в определенных дискретных энергетических состояниях с энергиями $\varepsilon_n = nh\nu$, где $n = 1, 2, \dots$ – натуральный ряд чисел, названных впоследствии квантовыми. «Разрешенные» энергетические уровни осциллятора ε_n образуют дискретный набор величин, т.е. представляют собой эквидистантный спектр с одной и той же разностью энергий $h\nu$ любых двух соседних уровней.

Согласно постулату Планка, с ростом частоты ν энергия кванта излучения неограниченно возрастает. Для того, чтобы избежать связанную с этим «ультрафиолетовую катастрофу», Планк дополнительно предположил, что распределение энергии по уровням ε_n подчинено классической статистике Больцмана

$$N_n = N_0 \exp(-\varepsilon_n/k_b T), \quad (5.4.1)$$

согласно которой отношение числа N_v осцилляторов с энергией ε_n к общему их числу N_0 уменьшается экспоненциально с увеличением частоты излучения ν и квантового числа n . В таком случае среднестатистические значения энергии осциллятора $\langle \varepsilon_n \rangle$ могут быть найдены путем перехода от интегралов к суммам бесконечного ряда натуральных чисел $n = 1, 2, \dots, \infty$:

$$\langle \varepsilon_n \rangle = \frac{\sum_n \varepsilon_n \exp(-\varepsilon_n/k_b T)}{\sum_n \exp(-\varepsilon_n/k_b T)}. \quad (5.4.2)$$

Это среднее значение равно

$$\langle \varepsilon_n \rangle = h\nu / [\exp(h\nu/k_b T) - 1]. \quad (5.4.3)$$

М.Планк предположил также, что спектральная плотность излучения $u(\nu, T)d\nu$ в диапазоне частот $d\nu$ пропорциональна $\langle \varepsilon_n \rangle$ и числу dN_v стоячих волн, содержащихся в этом интервале частот в некоторой воображаемой полости АЧТ, находящейся в тепловом равновесии с излучающим телом. Это число определяется соотношением:

$$dN_v = (\nu^2/\pi^2 c^3) d\nu. \quad (5.4.4)$$

В таком случае произведение $\langle \varepsilon_n \rangle dN_v$ приводит к его закону излучения:

$$u(\nu, T) = (8\pi h\nu^3/c^3) / [\exp(h\nu/k_b T) - 1] \text{ (Дж}\cdot\text{с}/\text{м}^3) \quad (5.4.5)$$

Хотя эта формула прекрасно описывала экспериментальные результаты, ее обоснование было основано на целом ряде достаточно произвольных допущений. Во-первых, положенная в ее основу гипотеза Планка входила в явное противоречие с представлениями классической физики о непрерывности энергетического спектра. Во-вторых, в соответствии с классической механикой электрон, вращающийся по круговой орбите, испытывает центростремительное ускорение постоянно и, следовательно, должен был излучать энергию также непрерывно. В-третьих, М. Планк полагает энергию

кванта излучения в (5.3.3) пропорциональной частоте $h\nu$ в первой степени и не зависящей от амплитуды волны A_v . Это противоречит известному из акустики, гидродинамики и электродинамики выражению (5.1.2) для плотности энергии плоской бегущей волны (Ф. Крауфорд, 1965), согласно которому она пропорциональна квадрату частоты ν [с⁻¹] и амплитуды волны A_v ([м] в случае гидравлических волн). В-четвертых, поскольку отношение ϵ_n/u с ростом частоты ν достигает огромных величин, остается совершенно неясным, как эта энергия может принадлежать одному осциллятору? В-пятых, в выражение закона излучения Планка заложено молчаливое допущение, согласно которому отношение числа испущенных полостью АЧТ фотонов к числу стоячих волн в ней всегда равно единице. Это положение плохо согласуется с последующим представлением о фотоне как пакете волн: становится совершенно непонятным, каким образом за один период колебаний стоячей волны последняя излучает целый цуг волн? В-шестых, переход от выражения (5.3.2) к выражению (5.3.3) у Планка основан на свойствах бесконечной геометрической прогрессии. Между тем ряд, образованный квантовыми числами n , весьма и весьма ограничен. Не случайно сам М.Планк называл свой закон излучения «счастливым отгаданной интерполяционной формулой».

Между тем закон излучения Планка может быть получен более прямым путем, если придерживаться описанной выше концепции взаимодействия эфира с осциллирующими атомами вещества. В таком случае частота ν приобретает смысл потока солитонов J_c [солитон/с], т.е. числа волн, испускаемых телом за единицу времени. В таком случае плотность потока излучения j_v (5.2.6) предстанет как величина, пропорциональная потоку солитонов $J_c = \nu$:

$$j_v = \rho A_v c \nu = h_o J_c, \text{ Дж.} \quad (5.4.6)$$

где $h_o = \rho A_v c$ (Дж·с) – некоторый коэффициент пропорциональности, подлежащий экспериментальному определению и имеющий размерность действия, производимого эфиром над атомом в единичном акте торможения его орбитального электрона.

Как видим, первой степени частоты ν пропорциональна не энергия волны E_v или ее плотность ρ_v , а поток её энергоносителя, имеющий в соответствии с (5.4.6) размерность энергии. Это обстоятельство, по-видимому, и послужило М.Планку основанием для его гипотезы. Что же касается другой его гипотезы относи-

тельно распределения осцилляторов по энергиям, то и здесь мы находим естественное основание. Для этого введем предварительное понятие коэффициента формы волны k_6 соотношением:

$$k_6 = A_B/4\lambda. \quad (5.4.7)$$

Такое представление связи $A_B = A_B(\lambda)$ становится особенно наглядным, если профиль полуволны представить в виде эквивалентного импульса треугольной формы с высотой $2A_B$ и основанием $\lambda/2$ (рис.5.2). Для такой волны коэффициент формы k_6 равен учетверенному косинусу угла наклона α боковой стороны треугольника, т.е. характеризует «крутизну» фронта волны. Отсюда следует, что при сохранении формы волны её амплитуда A_B уменьшается, что и влечет за собой в соответствии с (5.2.6) уменьшение потока j_B и коэффициента пропорциональности h_0 . Действительно, используя выражение (5.4.7) и учитывая, что $\lambda = c/v$, находим:

$$j_B = 4\rho k_6 c^2, \quad (5.4.8)$$

т.е. на зависит от частоты и определяется только формой волны.

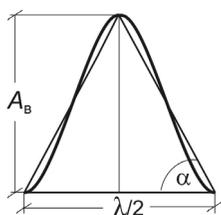


Рис.5.2. Связь длины волны с амплитудой

В таком случае возникает задача отыскания среднестатистического значения амплитуды волны $\langle A_B \rangle$, коэффициента $\langle h_0 \rangle$ и лучистого потока $\langle j_B \rangle$. Это можно сделать, допустив, что с ростом ν число N_ν осцилляторов с амплитудой A_B и потоком $j_B = h_0 \nu$ к общему их числу N_0 уменьшается, подчиняясь при этом той же максвелл-больцмановской статистике (5.4.1). В таком случае среднестатистическое значение $\langle j_B \rangle$ лучистого потока определится подобным (5.4.2) образом:

$$\langle j_B \rangle = \Sigma_z h_0 \nu \exp(-h_0 \nu / k_b T) / \Sigma_z \exp(-h_0 \nu / k_b T), \quad (5.4.9)$$

и для ряда натуральных чисел $z = z_e = 1, 2, \dots, \infty$ может быть аппроксимировано тем же выражением (5.4.3):

$$\langle j_B \rangle = \langle h_0 \rangle v / [\exp(\langle h_0 \rangle v / k_b T) - 1], \quad (5.4.10)$$

где $\langle h_0 \rangle = \langle A_B \rangle c$ – среднестатистическое значение коэффициента h_0 , соответствующее среднестатистическому значению амплитуды волны $\langle A_B \rangle$. Однако теперь эта операция значительно более обоснована, поскольку здесь усреднение осуществляется по резонансным частотам, кратным числу z_e , достигающему многих тысяч.

Подставляя в (5.4.3) вместо $h\nu$ выражение $h_0 v$, мы вновь приходим к закону Планка (5.4.5) с тем лишь отличием, что в нем вместо «таинственной постоянной» h фигурирует среднестатистическое значение $\langle h_0 \rangle$ как функции распределения амплитуды волны $\langle A_B \rangle$, найденное применительно к АЧТ. Это объясняет постоянство величины h_0 , найденной разными методами в экспериментах с реальными телами (в том числе из данных об их спектрах излучения, из измерений фотоэффекта в ряде металлов, из эффекта Джозефсона и т.п.). При этом и сам этот коэффициент пропорциональности приобретет простой и ясный смысл средней энергии, переносимой единичным потоком солитонов.

Учет зависимости энергии волны от её амплитуды устраняет также противоречие постулата Планка с теорией волн. Все это подтверждает правоту академика Вавилова, выразившего сомнение в беспомощности волновой теории перед квантовыми законами действия света.

5.5. Условия равновесия эфира с веществом.

Поскольку эфир является всепроникающей средой, его следует считать одним из неизменных компонентов системы, имеющим собственную («парциальную») энергию. Это дает основание применить к равновесию эфира с веществом известный термодинамический метод установления условий равновесия. Последнее несложно сделать на основе уравнения (1.5.5), если учесть, что при наступлении внутреннего равновесия в изолированной системе ($d\mathcal{E} = 0$) совершение в ней работы $dW^e = \sum_i \mathbf{F}_i \cdot d\mathbf{r}_i$ становится невоз-

возможным. Учтем, далее, что при поиске условий лучистого равновесия все другие координаты Θ_i , кроме Θ_b , остаются неизменными. Тогда, исключая члены $\mathbf{F}_i \cdot d\mathbf{r}_i$ из (1.5.5) и разбивая систему на две части, потенциалы ψ_b и координаты Θ_b которых обозначены одним и двумя штрихами, приходи к уравнению баланса её энергии вида:

$$d\mathcal{E} = \psi_b' d\Theta_b' + \psi_b'' d\Theta_b'' = 0. \quad (5.5.1)$$

Поскольку $d\Theta_b' = -d\Theta_b''$, из (5.5.1) следует условие равенства в равновесии амплитудно-частотных потенциалов волны

$$\psi_b' = \psi_b''. \quad (5.5.2)$$

Как видим, термодинамические условия равновесия для радиантной энергии ничем не отличаются от таковых для других форм энергии. Как и в других случаях, они соответствуют обращению в нуль термодинамической силы, порождающей лучистый энергообмен $\mathbf{X}_b = -\text{grad}(A_b v)$.

Однако поскольку эта сила выражается произведением двух параметров A_b и v , условия лучистого равновесия имеет ряд особенностей. Одна из них состоит в том, что граница между эфиром и веществом не является непрерывной средой, так что движущая сила лучистого энергообмена выражается уже не градиентом \mathbf{X}_b , а перепадом $X_b = -\Delta\psi_b$ потенциала ψ_b . Другая особенность связана с явлением резонанса. Известно, что каждый химический элемент имеет собственную (резонансную) частоту излучения ν_p и собственную амплитуду колебаний на этой частоте A_p . При частотах ν , близких к резонансным ν_p , амплитуда A_p может многократно превышать амплитуду самого внешнего сигнала¹⁾. Таким образом, амплитуда собственных колебаний в веществе A_c становится функцией отклонения фактической частоты колебаний ν от резонансной, т.е. $A_c = A_c(\nu_p - \nu)$. В связи с этим скалярная движущая сила лучистого энергообмена $X_b = -\Delta\psi_b$ также становится зависящей от разности частот $(\nu_p - \nu)$. Поскольку же амплитуда A_c остается конечной, при наступлении резонанса $\nu_p = \nu$, движущая сила X_b все же обращается в нуль! Этот удивительный результат является следствием волновой природы энергообмена и свидетельст-

¹⁾ Подобным образом в магнетиках напряженность индуцированного поля (магнитная индукция \mathbf{B}) может на порядки превышать напряженность внешнего магнитного поля \mathbf{H} .

увет о существовании условий, при которых лучистый энергообмен между эфиром и веществом достигает максимума.

Чтобы найти эти условия, будем полагать кривую резонанса близкой к экспоненте, что позволит выразить действительную амплитуду собственных колебаний системы A_c выражением

$$A = A_p e^{-\alpha \Delta \nu} \quad (5.5.2)$$

где α – некоторый «масштабный» коэффициент.

Тогда потенциал ψ_B вещества с заданными свойствами A_p, ν_p, α также станет функцией его частоты ν , а движущая сила лучистого энергообмена тела с эфиром приобретет вид:

$$X_B = -\Delta \psi_B = -A_p e^{-\alpha \Delta \nu} \Delta \nu. \quad (5.5.3)$$

Нетрудно видеть, что при $\nu = \nu_p$, как и при $\Delta \nu = \infty$, движущая сила энергообмена обращается в нуль. Этот результат означает, что максимум энергообмена достигается при частотах, весьма близких, но не тождественных резонансным частотам! С другой стороны, это выражение указывает на «избирательность» лучистого энергообмена, т.е. его ослабление или отсутствие на частотах, удаленных от резонансной.

Сказанное иллюстрируется рисунком 5.3, на котором изображен график зависимости движущей силы лучистого энергообмена от смещения частоты $\Delta \nu$ при $A_p, \alpha = 1$.

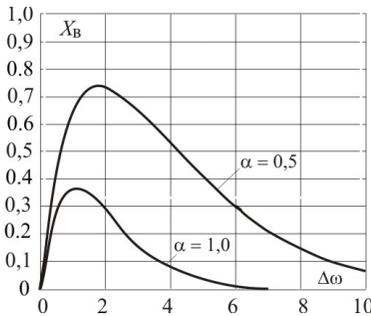


Рис.5.3.Интенсивность лучистого энергообмена в функции перепада

Как следует из него, для лучистого теплообмена характерно наличие максимума энергообмена на частотах, близких к резонансным. При этом отклонение максимума энергообмена от резонансной частоты тем меньше, чем сильнее влияние резонанса (т.е. чем больше величина α).

Это и лежит в основе избирательного энергообмена между любыми монохроматическими излучателями, будь то атомы, химические элементы или функционально отличающиеся клетки живых организмов.

Другой немаловажный вывод состоит в том, что состоянию лучистого равновесия соответствует именно наступление резонанса ($\Delta\nu = 0$). Это означает, что при стремлении системы излучающих осцилляторов к внутреннему равновесию частоты их излучений самопроизвольно синхронизируются подобно тому, как это происходит в лазерах.

Найденные здесь закономерности позволяет найти условия нарушения равновесия между эфиром и веществом и выяснить причины, при выполнении которых становится возможным энергообмен между ними. Согласно (5.5.1), нарушить это равновесие можно, искусственно понизив амплитуду или частоту собственных колебаний (либо то и другое вместе) в одном из взаимодействующих тел. Последнее становится особенно очевидным, если использовать коэффициент формы волны k_v . Из него следует, что нарушить равновесие эфира с веществом можно, изменив форму собственных колебаний в веществе (коэффициент формы). Ниже мы увидим, что именно поэтому наиболее распространенным способом нарушения равновесия после экспериментов Н.Тесла является импульсное электрическое воздействие на систему с применением различного рода разрядников, ускоряющих процесс релаксации.

Как показывает опыт, нарушение равновесия вещества и эфиром может быть достигнуто путем совершения над ним работы против равновесия, например, возбуждением в жидкости кавитационных процессов (как в теплогенераторе Ю.Потапова (Потапов Ю.С., Фоминский Л.П., 2000), быстрым разрушением кристаллической структуры металлов (как при бомбардировке их дробью в эффекте С. Ушеренко (1998), импульсным разрывом молекулярных связей (как в ячейке Мейера [12]) и т.п. Есть основание полагать, что такой эффект может породить и ядерный взрыв, о чем свидетельствует превышение примерно на пять порядков расчетного энерговыделения при испытаниях водородной бомбы на Новой Земле в 1961 г., когда огненный шар диаметром более 5 км поднялся в стратосферу и горел там около 3 часов.

Подводя итог изложенной здесь единой теории процессов переноса и преобразования любых форм энергии, отметим прежде всего его безгипотезный и беспостулативный характер. Это создает надежный фундамент для последующего анализа установок, использующих не поддающиеся идентификации её формы.

Глава 6

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ
АЛЬТЕРНАТОРОВ**

На сегодняшний день имеются сведения о более чем двух десятках действующих устройств, мощность на выходе которых превышает поддающуюся измерению мощность на их входе. Известны также патенты, имеющие код, который свидетельствует о предоставлении автором действующей модели установки. Устройства такого рода часто называют «генераторами свободной энергии», «сверхединичными устройствами» (с КПД выше 100%), «генераторами избыточной мощности» и даже «вечными двигателями».

Поскольку физическое содержание всех этих терминов находится в вопиющем противоречии с законом сохранения энергии, будет более правильным говорить о не поддающихся учету формах энергии, альтернативных не только обычному органическому и ядерному топливу, но и известным возобновляемым их видам. Поэтому мы будем называть такие устройства для краткости *альтернаторами*¹⁾, понимая под ними преобразователи энергии, не нарушающие принципы исключенного вечного двигателя 1-го и 2-го рода, но ещё не получившие всеобщего признания из-за непонимания принципов их работы. Среди них находятся и такие, которые потребляют необычные виды топлив, использование которых не требует больших материальных затрат. Однако целью настоящей главы является выделение класса бестопливных энергоустановок, работающих по принципам Тесла на упорядоченной энергии окружающего нас пространства.

¹⁾ Термин «альтернаторы» в настоящее время относят лишь к одному классу «сверхединичных» устройств – магнитным моторам и генераторам. Мы будем употреблять его в более широком смысле.

6.1. Источники энергии альтернаторов. Топливо или эфир?

Известен ряд явлений, тепловыделение в которых превышает затраченную энергию. Такое «продуцирование» тепловой энергии наблюдается в кислород-водородных электролизерах на тяжелой и обычной воде (В. Филимоненко, 1957; С. Джонс, 1989); при мюонном катализе (Л. Альварец, 1957); при бомбардировке частицами твердых тел (С. Ушеренко, 1974, Б. Дерягин, 1986); в вихревых теплогенераторах (Ю. Потапов, 1992); при плазменном и плазмохимическом диализе (У. Лайн, 1996, А. Фролов, 1998, Ф. Канарев, 2001); при «сонолюминесценции» (Р. Талеярхан, 2002); при электровзрыве металлических фольг (Л. Уруцкоев и др., 2000, С. Адаменко и др., 2007) и т.д., и т.п. Хотя подобные явления были обнаружены давно, большинству людей о них стало известно лишь после того, как в 1989 г. ученые университета Юта (США) Стэнли Понс и Мартин Флейшман сообщили о результатах своего эксперимента, истолкованного ими как «холодный термоядерный синтез». Как выяснилось в дальнейшем, они просто воспроизвели результаты работ И.С. Филимоненко, доступ к которым имел С. Понс в период своей работы в СССР в качестве эксперта по новейшим ядерным установкам. Поэтому анализ таких установок мы начнем именно с установок «теплого ядерного синтеза» И.С. Филимоненко.

В 50-е годы прошлого столетия он обнаружил выделение избыточного тепла в гидролизной установке, осуществлявшей разложение тяжелой воды на кислород и дейтерий. Реакция гидролиза в его установке протекала при температуре всего 1150°C. Реактор представлял собой металлическую трубу длиной 700 мм и диаметром 41 мм из сплава, содержавшего несколько граммов палладия.

И.С. Филимоненко предположил, что источником избыточного тепла в этой установке является реакция ядерного синтеза, протекающая в палладии катода после растворения в нем дейтерия. По ходу экспериментов И.С. Филимоненко обнаружил, что его реактор испускает при работе какое-то излучение, которое резко сокращает период полураспада радиоактивных изотопов. Однако при этом отсутствовали как нейтронное излучение, так и радиоактивные отходы. На этом основании его заявка «Процесс и установка термоэмиссии» (1962) была отклонена. В 1990 г. он изготовил три установки мощностью по 12.5 кВт каждая, которые были сданы в опытную эксплуатацию (И.С. Филимоненко, 1992). В них

на каждый киловатт избыточной мощности, вырабатываемой установкой «теплого синтеза», приходилось всего 0,7 грамма палладия.

То же самое делали и С. Понс и М. Флейшман. Они электролитическим путем насыщали палладий и проводили электролиз в тяжелой воде с палладиевым катодом (рис.6.1). Для этого через раствор месяцами безостановочно пропускали постоянный ток, так что на аноде выделялся кислород, а на катоде — тяжелый водород. Вся установка была помещена в калориметр с водой для точного измерения потоков энергии, поступающих в установку и выделяющегося в ней. В ходе этих экспериментов Флейшман и Понс обнаружили, что температура электролита периодически возрастала на десятки градусов, а иногда и больше, хотя источник питания давал стабильную мощность. При этом также наблюдалось выделение избыточного тепла, рождение нейтронов, а также образование трития.

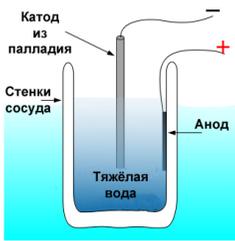


Рис.6.1. Установка Флейшмана и Понса

Понс и Флейшман вслед за И.С. Филимоненко предположили, что энергия вырабатывалась внутри палладиевых катодов в ходе ядерной реакции, в которой два дейтрона каким-то неизвестным пока образом объединялись в ^4He . Однако такой синтез должен был порождать большое число нейтронов вполне определенной энергии (около 2,45 МэВ). Их нетрудно обнаружить либо непосредственно (с помощью нейтронных детекторов), либо косвенно (поскольку при столкновении такого нейтрона с ядром тяжелого водорода должен возникнуть гамма-квант с энергией 2,22 МэВ, который также поддается регистрации). Поэтому гипотезу Флейшмана и Понса можно было бы подтвердить с помощью стандартной радиометрической аппаратуры. Однако наличие этих нейтронов не обнаруживали даже сверхчувствительные детекторы. Поиск гамма-лучей соответствующей энергии тоже обернулся неудачей. Поэтому их заявка на великое открытие подверглась сокрушительному разгрому на конференции Американского физического общества (АФО), которая состоялась в Балтиморе 1 мая того же года.

Не изменило этого отношения к холодному ядерному синтезу (ХЯС) и заявление в том же 1989 г. С. Джонса, который в ходе электрохимических реакций в тяжелой воде наблюдал реакцию дейтронного синтеза. Отношение научного сообщества к этому за-

явлению также было скептическим, так как соотношение сигнал/шум было незначительным, а теоретические соображения не позволяли считать эффект, на который Джонс делал упор, значимыми. Такими соображениями в настоящее время считаются:

- а). Невозможность преодоления кулоновского барьера;
- б). Предельно малые сечения таких процессов;
- в). Крайне малые вероятности многочастичных столкновений.

Из приведенных выше положений ядерной физики следует однозначный вывод: для того чтобы ХЯС из несбыточной мечты об источнике даровой энергии превратился в физическую реальность, необходимо, чтобы по каким-то причинам размеры атомов дейтерия и их ядер - дейтронов стали близки по порядку величины, или заряд дейтронов был практически полностью экранирован.

Поэтому сенсацией прозвучала в 2002 г. публикация престижнейшим научным журналом «Science» статьи о создании группой Р. Талеярхана (США) настольной термоядерной установки. В ней небольшой цилиндр с ацетоном, в котором ядра водорода замещены ядрами дейтерия, облучались мощным потоком звуковых волн одновременно с потоком нейтронов. Заявлялось, что ее действие основано на эффекте акустической кавитации, в ходе которой звуковые волны как следует «встряхивают» воду, образуя в ней множество пузырьков диаметром до 1 мм (много большим, чем обычно), которые затем захлопываются. При этом, по утверждению физиков, ацетон нагревается до таких температур, что начинается слияние ядер дейтерия. Нечто подобное было обнаружено еще в 1930-х гг.: некоторые вещества начинают светиться, если сквозь них пропускается ультразвук (это явление известно как «сонолюминесценция»). Установка Р. Талеярхана потребляла энергии намного больше, чем производила, и потому не относилась к «сверхединичным» устройствам. Тем не менее неприятности для исследователей начались сразу же. Журнал «Science», публикуя без проверки подобные сенсации, дал слово и другим исследователям, которые попытались повторить этот эксперимент. Последние тоже обнаружили нейтроны, но, как только они начали измерять их поток более сложным, чем в первоначальном эксперименте, детектором, эти частицы куда-то исчезали. Проверка сообщений Р.Талеярхана и его коллег о наблюдении

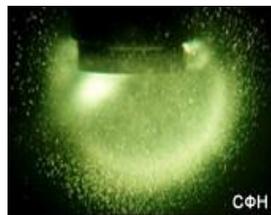


Рис.6.2.
Сонолюминесценция

нии положительного выхода нейтронов в экспериментах С. Самара и др. показала, что нейтронный сигнал, если он реален, должен быть в 10^4 меньше того сигнала, о котором сообщал Р.Талеярхан. Кроме того, не было никаких доказательств, что эти нейтроны имеют отношение к термоядерной реакции. В этом отношении весьма важно признание И.В.Курчатова, озвученное на эпохальной конференции в Харуэлле 25.04.1956 года. Он сообщил, что источником нейтронов и жестких рентгеновских лучей в водороде, дейтерии и гелии может стать импульсный разряд, который возникает даже при напряжении на разрядной трубке всего лишь 10 кВ. Это подтверждает выводы предыдущей главы, согласно которым источник энергии следует искать не внутри, а вне установки.

Несколько иной взгляд предложен доктором Р. Миллзом (R. Mills, США). Его идея не основана на ядерных реакциях. В электролитической ячейке Миллза использовалась «легкая» вода, и тем не менее, процесс генерации избыточной энергии продолжался многие месяцы. При этом ячейка, потребляющая 18 Вт электрической мощности, производила 50 Вт тепловой энергии. По представлению Р. Миллза, энергия в его ячейке высвобождается в результате каталитического процесса, при котором электрон водородного атома побуждается к переходу на более низкий энергетический уровень. Такие молекулы воды он назвал «гидрино». Однако и такая точка зрения противоречит квантовой физике и потому находит много противников.

В качестве аргумента в пользу того, что источником энергии в явлениях подобного рода является «холодный ядерный синтез», часто ссылаются на установку, получившую известность как «ячейка Паттерсона» (Patterson, США). Эта установка представляла собой электролитический элемент, в который засыпали мелкие пластмассовые бусинки, покрытые тончайшими слоями никеля. Последний, подобно палладию, способен собирать и удерживать тяжелые изотопы водорода. При пропускании тока на этих слоях возникают электрические заряды. Такое устройство, если верить выпускающей их фирме Patterson Power Cell (США), устойчиво выделяет 5 ватт тепловой мощности на каждые 1.5 ватта затрат. По мнению Паттерсона, «избыточное» тепло в его устройстве возникает вследствие холодного ядерного синтеза.

Действительно, науке известен мюонный катализ ядерных реакций синтеза в водороде и дейтерии, который сопровождается экспериментально обнаруженной ядерной трансмутацией (Л. Аль-

варец, 1957). Однако условия его протекания не соответствуют упомянутым выше. Более того, эффект аномального увеличения выхода нейтронов неоднократно наблюдался и в условиях, когда о ядерных превращениях, вообще говоря, не могло идти и речи. В 1986 году академик Б.В. Дерягин с сотрудниками опубликовал статью, в которой были приведены результаты серии экспериментов по разрушению мишеней из тяжелого льда с помощью металлического бойка. При выстреле в мишень из тяжелого льда D_2O при начальной скорости бойка до 200 м/с регистрировалось 0.4 ± 0.08 отсчета нейтронов, в то время как для обычного льда эта величина составляла 0.15 ± 0.06 .

Эффект трансмутации наблюдался также в экспериментах по электровзрыву в воде титановых фольг, не содержащих дейтерия (Л.И. Уруцкоев и др., 2000). При этом наблюдалось обилие линий (иногда более 1000), соответствующих множеству химических элементов. Основу плазмы составляли Ti, Fe, Cu, Zn, Cr, Ni, Ca, Na. Если присутствие в спектре линий Cu и Zn можно было еще объяснить скользящим разрядом по конструкционным элементам установки и подводным силовым кабелям, то присутствие остальных элементов в плазме не поддавалось интерпретации. Масс-спектрометрический состав проб воды с остатками титана показал, что в исходном титане после взрыва появилось множество «чужих» элементов (V, Ni, Ba, Pb, Mg, Al, Ca, Ag, K, Co, Fe и т.д.). То же обилие посторонних элементов наблюдалось и в вакууме при бомбардировке медных мишеней электронными пучками (С.Адаменко, 2007).

Еще отчетливее отсутствие связи потока нейтронов и явления трансмутации ядер с ХЯС прослеживается в эффекте С.Ушеренко (1998). В 1974 году он проводил эксперименты по упрочнению металла. На изделие (мишень), ставился пластмассовый стакан, в который засыпался кварцевый песок, над ним – стандартныекумулятивные заряды. При взрыве песок бомбардировал поверхность мишени, упрочняя ее. При этом скорость частиц песка достигала 10^3 м/с, чего по расчетам было достаточно, чтобы упрочнить поверхность металла на глубину 2...3 мм. Но когда Ушеренко разрезал мишень и сделал шлифы, он убедился, что длина нитевидного канала в стальной заготовке, прожигаемого частицей, достигала 200 мм и более. Это соответствовало кинетической энергии, в $10^2 \dots 10^4$ большей действительной, и значительно превосходило энергетическую область, относящуюся к химическим процессам. Проведение спектральных анализов позволило

обнаружить появление в мишени новых изотопов и элементов. Некоторые спектры оказались линейчатыми, что указывало на протекание высокоэнергетических физических процессов, которые характерны для физики элементарных частиц и атомного ядра. В мишенях, подвергшихся бомбардировке микрочастиц, было обнаружено также наличие газа радона, которого в исследуемых образцах изначально не было. Немаловажно, что подобные явления наблюдались и в продуктах сгорания межконтинентальных ракет, что было вызвано воздействием высоких температур на стенки камеры сгорания. Все это указывает на то, что *трансмутация элементов и радиация являются не причиной, а следствием других процессов, связанных с избыточным тепловыделением.*

За прошедшее время было опубликовано не менее трехсот статей и предложено до трех десятков теоретических моделей, интерпретирующих полученные результаты. В многочисленных статьях описаны эксперименты, в которых наблюдались изменения элементного состава вещества при таких слабых внешних воздействиях на вещество, что по современным представлениям теоретической физики не может быть и речи об объяснении наблюдавшихся явлений ядерными реакциями в конденсированных средах. Во многих из них выделяется тепло, регистрируется эмиссия нейтронов, трития и гелия, меняется элементный состав вещества. Однако эти факты могут подтвердить лишь немногочисленные счастливицы – те, кому повезло. Другим же экспериментаторам не удается получить каких-либо устойчивых результатов. Малейшие вариации параметров экспериментальной установки приводят к кардинальным изменениям результатов измерений. В экспериментах нет повторяемости, поэтому считается, что ахиллесовой пятой ХЯС и LENR является плохая воспроизводимость результатов.

Казалось бы, все это должно было побудить исследователей изменить направление поиска и вернуться на путь, проторенный гением Н.Тесла. Его эксперименты наглядно показали, что источником энергии является эфир. В рассмотренных выше случаях причиной участия эфира в процессах избыточного тепловыделения является нарушение равновесия вещества с эфиром на уровне ядерных процессов. Однако в настоящее время *поиск их объяснения осуществляется в диаметрально противоположном направлении и продолжается с завидным упорством.*

В 2011 году физик-изобретатель из университета Болоньи Андреа Росси с профессором Серджио Фокарди продемонстрировали миру уникальное устройство «*E-Cat*» (энергетический катализатор) – доступный и производительный генератор энергии. Судя по

национальному патенту, главный элемент в установке – это металлическая трубочка, заполненная никелевым порошком, играющим роль проводника (рис.6.3). При этом используется не химически чистый никель, а легированный другими химическими элементами. Состав этих добавок и есть главный секрет этого устройства¹⁾. Трубка изолирована несколькими слоями воды, свинца, бора и стали. Через специальный клапан в неё подается легкий изотоп водорода под давлением порядка 80 атмосфер. Габариты установки составляют 0,5·0,5·1,0 м, масса ее не превышает 30 килограмм. При повышении температуры до нескольких сотен градусов посредством электрического нагревателя молекулы водорода вступают в самоподдерживающуюся реакцию с выделением тепла, количество которого в 6 и более раз превышает затраты энергии на осуществление реакции. Сами авторы объясняет его работу трансмутацией никеля в медь, и относят устройство к разряду низкоэнергетических ядерных реакций (LENR). По их представлениям, атом водорода при контакте с решеткой никеля переходит в нестабильное состояние и на очень короткое время (10^{-20} с) резко уменьшается в размере, что позволяет протону водорода без особенных затрат энергии проникнуть в ядро никеля.

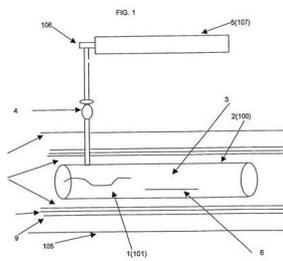


Рис.6.3. Схема генератора
Росси

Если верить А.Росси, на одном килограмме никеля реактор может беспрерывно выдавать 10 киловатт энергии в течение 10 тысяч часов, причем вырабатываемый им киловатт-час энергии будет стоить около цента. При испытаниях в 2011 г. А. Росси продемонстрировал миру установку, состоящую из 125 модулей мощностью по 10 кВт каждая. В течение шести часов генератор произвел 479 кВт энергии – достичь обещанного результата в 1 Мвт по неизвестным причинам не удалось. Те объяснения, которые приводят авторы установки, настолько сомнительны, что многие исследователи склонны называть их вслед за Р. Парком «voodoo science» (колдовской наукой). Поэтому представляют интерес анализ установок, в которых «избыточное тепловыделение» наблюдается в условиях, когда ядерный синтез исключен.

¹⁾ Малейшее отступление от этого набора катализаторов якобы приводит к прекращению выделения избыточного тепла.

6.2. Теплогенераторы на энергии эфира

Весьма сенсационными в этом отношении явились опыты по резонансному воздействию электростатического поля на молекулы воды, проведенные С. Мейером. В конце 1980-х он разработал и изготовил в домашних условиях (штат Огайо) «водяную топливную электрическую ячейку» (WFC). Она позволяет разделять обыкновенную водопроводную воду на водород и кислород с гораздо меньшей затратой энергии, чем требуется при обычном электролизе, притом в гораздо большем количестве, чем это могло ожидаться при простом электролизе (Патенты США № 4.936.961, № 4.826.581, № 4.798.661). В то время как обычный электролиз воды требует тока, измеряемого в амперах, ячейка Мейера производит тот же эффект при токах в сотые и даже тысячные доли ампер. Более того, обыкновенная водопроводная вода требует добавления электролита (например, серной кислоты) для увеличения проводимости. «Слаботочная» ячейка Мейера же действует на чистой воде, обеспечивая, однако, несравненно большую производительность. Зафиксированный выход газов был достаточным, чтобы образовать в горелке водородно-кислородное пламя, которое мгновенно плавало сталь.

Конструкция ячейки Мейера довольно проста (рис. 6.4). Ее электроды сделаны из пластин нержавеющей стали, которые располагаются либо параллельно, либо концентрически. Выход газа обратно пропорционален расстоянию между ними; хороший результат дает предлагаемое патентом расстояние в 1.5 мм. Значительные отличия от обычных электролизеров заключаются в питании ячейки. Мейер использует внешнюю индуктивность, которая образует колебательный контур с емкостью ячейки. Этот резонансный контур возбуждается мощным импульсным генератором, который вместе с емкостью ячейки и выпрямительным диодом составляет высокочастотную схему накачки. Устройство накачки ступенчато поднимает потенциал на электродах ячейки (до десятков киловольт), до точки, когда молекула воды распадается и возникает кратковременный импульс тока. Схема измерения тока питания выявляет этот скачок и запирает источник импульсов на некоторое время, позволяя воде восстановиться. В то время как обычный электролиз

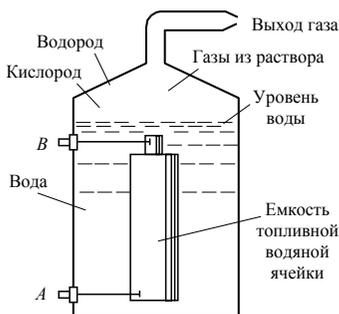


Рис. 6.4. Ячейка Мейера.

возбуждается мощным импульсным генератором, который вместе с емкостью ячейки и выпрямительным диодом составляет высокочастотную схему накачки. Устройство накачки ступенчато поднимает потенциал на электродах ячейки (до десятков киловольт), до точки, когда молекула воды распадается и возникает кратковременный импульс тока. Схема измерения тока питания выявляет этот скачок и запирает источник импульсов на некоторое время, позволяя воде восстановиться. В то время как обычный электролиз

воды требует тока, измеряемого в амперах, ячейка Мейера осуществляет его при токах в несколько миллиампер и напряжениях в один киловольт. Кроме того, если обыкновенная чистая вода требует добавления электролита для увеличения проводимости, ячейка Мейера действует при огромной производительности с чистой водой. Согласно свидетельствам очевидцев, самым поразительным аспектом клетки Мейера было то, что она оставалась холодной даже после нескольких часов производства газа. Не считая обильного выделения кислорода и водорода и минимального нагревания ячейки, удивительным было то, что вода внутри ячейки исчезает быстро, переходя в ее составные части в виде аэрозоли из огромного количества крошечных пузырей, покрывающих поверхность ячейки. Мейер заявил, что у него работает конвертер водородно-кислородной смеси в течение последних 4 лет, использующий цепочку из 6 цилиндрических ячеек.

Изобретатель объясняет работу ячейки поляризацией молекул воды под действием градиента электрического поля в пределах молекулы и резонанса, который усиливает эффект. Такое объяснение соответствует изложенному в предыдущей главе, если признать существование эфира и справедливость найденных там условий равновесия между эфиром и веществом. Отличие этого случая от предыдущего заключается лишь в различии структурного уровня вещества, на котором осуществляется резонанс с эфиром.

О том, что избыточное тепло, выделяющееся в процессе последующей релаксации рабочего тела, обусловлено именно подводом энергии из окружающей среды, подтверждает, в частности, установка У. Лайна (W. Lyne, 1996). Он еще в 1981 г. построил и провел испытания отопительной системы на атомарном водороде. Как и при обычной водородной сварке, водород в его установке пропускаться через электрическую дугу, которая разлагала его на «атомарный» водород. Затем атомарный водород рекомбинировал с выделением тепла. Таким образом, водород выступал в качестве «посредника», совершавшего круговой процесс, и расход электроэнергии на поддержание дуги рассматривался им как энергия «активации». «Недостающая» для диссоциации водорода энергия в этом случае извлекалась, по мнению У. Лайна, из «эфира».

Явление избыточного тепловыделения при рекомбинации атомов водорода было подтверждено при испытаниях теплогенераторов на атомарном водороде, проводившихся в России с 2003 г. А. Фроловым, основателем компании «Faraday Lab. Ltd. (ООО «ЛНТФ»)). В качестве основы конструкции им был выбран мощный электронно-вакуумный диод с вольфрамовым катодом прямого накала (рис. 6.5). Генератор включает в себя цилиндр с входным и вы-

ходным каналами, по которым водяной поток течет вокруг замкнутой внутренней камеры, наполненной водородом при давлении 0.1 атм. Вольфрамовая нить диода, диаметром 0.25 мм в центре

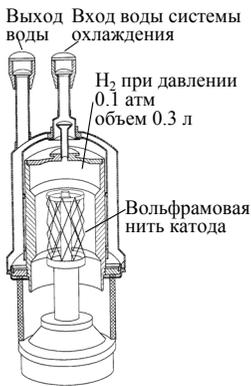


Рис. 6.5 Генератор
А. Фролова

устройства служит катодом, где водород переходит из молекулярного в атомарное состояние. Затем в процессе перехода от атомарного H к H₂ выделяется «избыточное» тепло, отводимое с охлаждающей водой. Водород при этом не потребляется. Чтобы получить «слаботочное» расщепление H₂ в H, между анодом и катодом создавалась разность потенциалов постоянного тока с импульсами в пределах от 200 до 300 В и частотой до 10 МГц. При использовании импульсного накала катода 12 В с частотой 51 Гц и соотношении импульса к паузе 5 % достигалось многократное превышение количества выделившегося тепла над затраченной электроэнергией.

Французский исследователь Жан Луис Нодин (J.L. Naudin) недавно улучшил режим работы этого генератора, заменив силовой агрегат батареей большой мощности с импульсным генератором на 10 МГц. Используя их, Нодин смог лучше сформировать импульс анодного напряжения, форма которого оказалась очень важна, и благодаря этому увеличил «выход тепла». Его «генератор с атомарным водородом» работал в течение часа с эффективностью более 2000 %, т.е. с 20-кратным превышением выхода тепла над затраченной электрической энергией. При этом им использовались два вида совершенно разного измерительного оборудования, подтвердившие надежность измерения входной мощности установки.

Одним из широко известных устройств, демонстрирующих «избыточное» тепловыделение, является «теплогенератор» Ю. Потапова (патент РФ № 2045715, 1993 г.). Он представляет собой вертикальную цилиндрическую трубу, в верхнюю часть которой насосом тангенциально вводится поток воды (рис. 6.6). Скорость воды такова, что в трубе наряду с интенсивной турбулизацией потока наблюдаются кавитационные явления, приводящие к быстрому нагреву воды. Эта вода

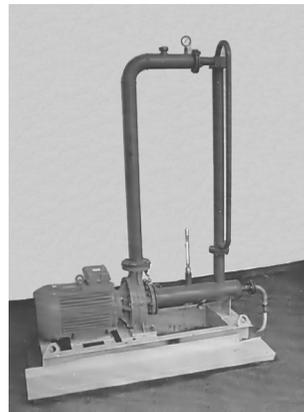


Рис. 6.6. Теплогенератор
Ю Потапова

отводится из зоны максимальной температуры и направляется на обычные отопительные приборы, откуда возвращается в нижнюю часть вихревой трубы и забирается обычным центробежным насосом. При этом по заявлению автора количество отведенного на отопление тепла оказывается большим, чем это следовало из баланса гидродинамических потерь на трение и кавитацию. По мнению Ю. Потапова, это избыточное тепловыделение в его установке объясняется в основном объединением молекул воды в «ассоциаты» под влиянием кавитации и в меньшей степени – реакциями холодного ядерного синтеза. В пользу такой точки зрения будто бы свидетельствовало обнаруженное в НПО «Энергия» увеличение в 1.5 раза дозы жесткого гамма-излучения (не ослабляемого стальным экраном) и наработку в установке трития, а при заправке ее антифризом – возникновение радиоактивных изотопов углерода. В то же время автор неоднократно подчеркивал, что вода в установке может не меняться несколько лет. Последнее означает, что эти явления являются скорее побочным результатом воздействия эфира, а вода или антифриз в этой установке являются только рабочим телом.

По первоначальным заявлениям автора, его теплогенератор давал до 3...4 кВт тепла на 1 кВт затраченной электрической мощности. Однако при сравнительных испытаниях в НПО «Энергия» в 1996г. тепловыделение в устройстве Потапова оказалось всего на 23 % выше, чем в электродном котле на переменном трехфазном токе, и на 42 % выше, чем в электрических котлах со стандартными нагревательными элементами. Тем не менее уже несколько фирм: «Юсмар» (Кишинев), «Термовихрь», «Нотека», «Юрле» (Белоруссия), «Факел» (Калининград) и целый ряд других продают кавитационное нагревательное оборудование. Официальная наука на эту деятельность смотрит косо, тем более что данные независимой экспертной оценки избыточного тепловыделения в них отсутствуют. Однако рыночная выгода оказывается сильнее.

Специального рассмотрения требует вопрос о возможности создания автономных (самоподдерживающиеся) источников электрической энергии на базе теплогенераторов, описанных в этом и предыдущем параграфе. Для этого необходимо скомбинировать его с тепловой машиной, преобразующей полученную тепловую энергию Q в электрическую W . Согласно термодинамике, эффективность такой установки будет зависеть от средней температуры T выделяемого в теплогенераторах тепла Q . Если эта температура будет превышать температуру окружающей среды как теплоприемника $T_0 \approx 300$ К всего на 30 К (что соответствует допустимым по условиям безопасности температурам отопительных приборов), то даже идеальная машина Карно, построенная на этом источнике

тепла, будет иметь термический КПД $\eta_t = W/Q = 1 - T_0/T$ всего 9%. Это означает, что в реальности для восполнения затрат электрической энергии на электролиз и создания на базе теплогенераторов автономных источников упорядоченной энергии необходим примерно 20-кратный выход «избыточного тепла» по сравнению с затраченной работой. Экономическая целесообразность создания таких установок целиком определяется себестоимостью полученной электроэнергии, которая определяется всеми видами затрат на изготовление и эксплуатацию таких установок, включая вопросы их безопасности и надежности. Естественно, что такая автономная энергоустановка будет относиться не к категории «вечных двигателей», а к классу двигателей на возобновляемых источниках энергии. Тем не менее устранение подозрительного отношения официальной науки к описанным установкам позволит перевести проблему поиска альтернативных источников электрической или тепловой энергии в практическое русло.

6.3. Электродинамические конверторы энергии эфира

Еще Н.Тесла, проводя в 90-е гг. XIX в. эксперименты с высоковольтным трансформатором, обратил внимание на значительное увеличение отдаваемой устройством в окружающую среду мощности по сравнению с подводимой от генератора постоянного тока. Эту дополнительно привлекаемую мощность он назвал «радиантным электричеством», приписав его эфиру и противопоставив его обычному электрическому току в веществе как потоку электронов. Основанием для этого был открытый Тесла эффект «фракционирования» электричества. Этот эффект возникал, когда высоковольтный постоянный ток заряжал конденсатор и затем разряжался в искровом промежутке, помещенном между полюсами электромагнита. Эффект состоял в том, что электрический ток высокочастотного разряда конденсатора самопроизвольно разделялся в первичной обмотке трансформатора Тесла на два. Одним из них был обычный поток электронов, замыкавшийся практически накоротко на одном-двух витках первичной обмотки из толстого провода, в то время как другой, неизвестной природы, вырывался с их поверхности перпендикулярно её виткам и распространялся далее в виде «светоподобного» потока. Этот «радиантный» поток скользил по поверхности вторичной катушки трансформатора поперек витков, не проникая внутрь их и увеличивая свой потенциал пропорционально длине катушки до значений в миллионы вольт. Он порождал ударную волну, которая сво-

бодно проникала через металлические экраны и большинство диэлектриков и вызывала электрическое раздражение оператора, подобное «уколу». Однако эти импульсы при длительности менее 100 микросекунд были абсолютно безопасны для человека и не вызывали нагрева. За это свойство многие исследователи называют этот вид электричества «холодным». Амплитуда этих импульсов зависела от их длительности и напряжения на искровом разряднике. Они создавали световые эффекты в вакуумных трубках и вызывали «отклик» в металлах в виде накопления в них мощного электрического заряда. Их можно было передавать по одному проводу, в том числе грунтом. Это позволяло ему зажигать до 200 электрических ламп в радиусе 20 миль без заметного возрастания потребляемого от генератора тока. Словом, это было первое устройство, продемонстрировавшее возможность извлечения энергии непосредственно из окружающей среды и передачи её по «однопроводной» линии на большие расстояния. В его понимании природы основополагающим было понятие эфира – некой невидимой субстанции, заполняющей все пространство и передающей колебания со скоростью, во много раз превосходящей скорость света. В случайно сохранившемся дневнике Тесла имеются следующие строки: «Волны есть в воде, в воздухе... а радиоволны и свет - это волны в эфире. Я думаю, что звёзды, планеты и весь наш мир возникли из эфира...».

В 1931 году уже пожилой, но всё такой же неугомонный Никола Тесла вместе с инженерами автомобилестроительной фирмы Pierse-Agnow продемонстрировал публике новый феномен. С обыкновенного автомобиля сняли бензиновый двигатель и установили электромотор. Затем Тесла прикрепил под капот коробку размерами 60·30·15 см., из которой торчали два стерженька. Выдвинув их, Тесла сказал: "Так, теперь у нас есть энергия". После чего сел на место водителя, нажал на педаль, и машина поехала! Он ездил на ней неделю, пока ее тестировали специалисты. Никаких батарей или аккумуляторов на машине не было, однако машина развивала скорость до 150 км/час. На недоуменные вопросы журналистов и коллег-ученых Тесла невозмутимо отвечал "из эфира, который нас окружает". Когда за этим последовали слухи о его безумии, Тесла снял с машины волшебную коробочку и вернулся в лабораторию, навсегда похоронив тайну своего электромобиля.

Разгадать эту тайну пытались многие экспериментаторы - энтузиасты. Одним из них был Томас Генри Морей (Т. Moray, USA). Через 20 лет после Н.Тесла он нашел способ получения свободной энергии из эфира, используя германиевый диод с добавлением радиоактивных материалов. Его устройство было эффективнее, чем у Н.Тесла. Если Тесла строил специальные накопители для получения высоких напряжений, то Т. Г. Морей изобрел более простой способ, который давал возможность "напрямую" развивать избыточную мощность до 50КВт. Одно из его демонстрационных устройств было представлено экспертам для осмотра (за исключением маленькой коробочки, которую изобретатель предпочитал держать в нагрудном кармане). Оно состояло из конденсаторов, повышающего трансформатора, разрядника и панели с двумя радиолампами, а также постоянного магнита, переключателей и светильников мощностью 100 и 20 Вт в качестве нагрузки. Как видим, в этом устройстве было много сходных элементов с технологией Н.Тесла. Какие-либо батареи в устройстве отсутствовали, зато в устройство входили антенны длиной до 200 футов, поднятые на высоту около 80 футов, а также заземление глубиной до 7 футов. Это устройство испытывалось в течение достаточно длительного времени как в домашних условиях, так и в горах (вдали от линий электропередачи). Некоторые из устройств развивали в нагрузке мощность до 650 Вт при напряжении до 250 кВ.

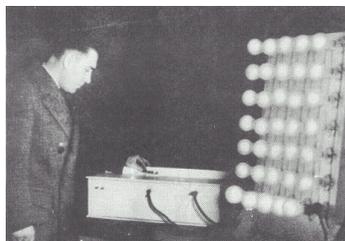


Рис. 6.7. Генератор Г.Морея

Его публичные демонстрации привлекли журналистов и учёных. Никто не мог объяснить принципа работы его устройства, но никому не удавалось найти доказательства того, что это был обман. Промышленники захотели купить ее. Морей отказался, и единственный рабочий экземпляр был уничтожен. Когда же Морей отказался прекратить свои исследования в области энергии эфира, его самого и семью застрелили. Преступники, естественно, не были найдены.

Из устройств, на которые сохранилась патентная информация, заслуживает внимания прежде всего установка Эдвина Грея (США). За период 1961–1986 гг. он построил и запатентовал несколько прототипов самоподдерживающихся устройств «ЕМА» (Electric Magnetic Association), способных производить электрическую энергию без использования топлива и обеспечивать энергией

жилой дом, машину, поезд или самолет (П. Линдемэн, 2000). Неоднократные демонстрации его технологии получили восторженные отклики в прессе, а сам Грей удостоился звания «Изобретатель года» (1976) и «Сертификата качества» от Р. Рейгана, в то время губернатора Калифорнии.

Как и у Тесла, генератор Грея питался постоянным током высокого напряжения. Однако вместо высоковольтного генератора постоянного тока у него использовалась батарея, выход которой прерывается мультивибратором. Импульсы от мультивибратора подавались на первичную обмотку обычного трансформатора, высоковольтная обмотка которого была присоединена к выпрямительному мосту. Как и у Тесла, высоковольтный источник постоянного тока периодически заряжал конденсатор большой емкости. Еще одним общим компонентом был искровой разрядник. Однако вместо трансформатора Тесла в устройстве Грея применялась компактная «конверсионная элементная переключающая трубка» (КЭПТ), которая состояла из резистора 30, искрового разрядника 32 и «зарядоприемных» сеток 34 (рис.6.7), т.е. объединяла три компонента устройства Тесла.

Именно КЭПТ была главным элементом установки Грея, в котором, по его мнению, возникал «взрывной электростатический эффект», названный им «электрорадиантным».

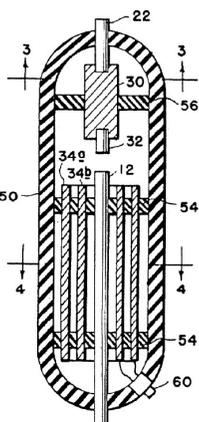


Рис.6.8. Конверсионная трубка Грея

Если у Тесла это были витки первичной и вторичной обмотки его трансформатора, то у Грея их роль выполняли стержень разрядника 12 и «зарядоприёмные сетки» 34. Длительность импульсов у Тесла регулировалась величиной зазора разрядника и электромагнитом, а у Грея - электронными лампами (обеспечивающими длительность импульса была менее 50 микросекунд). В обеих установках не было прямой (гальванической) связи между источником тока и «приёмным элементом», на котором и осуществлялось «фракционирование», т.е. появлялось «холодное электричество» (точнее, «радиантная» составляющая энергии эфира, которая затем и распространялась в нем в форме неэлектромагнитных колебаний).

Выходным элементом у Н.Тесла служила «поднятая уединённая ёмкость» E , заземленная через вторичную обмотку, у Грея – нагрузка, включающая двигатель на электромагнитах, телевизор, радио, лампочки накаливания и т.п. Таким образом, установка

Грэй представляла собой уже не трансформатор «радиантной» энергии, как у Тесла, а машину-двигатель, работающую по аналогии с прямыми циклами тепловых машин на этой энергии. При этом подпитка энергией эфира осуществлялось путем нарушения резонансного равновесия эфира с веществом на атомном уровне (его электронных оболочек).

Несмотря на то, что установка Грэя была достаточно компактной и недорогой, все попытки изобретателя заинтересовать правительство и сенат США не получили отклика. Не раз Э.Грэй под разными надуманными предложениями привлекался к суду, на его прототипы накладывался арест, а документы и устройства не возвращались. Однако в конце концов изобретатель был оправдан. В конце 1970-х гг. технологию Грэя скупила фирма «Зетех Инкорпорейтед», положив материалы «под сукно». Скончался Эдвин Винсент Грей в апреле 1989 г. в своей мастерской в Спарксе (Невада) в возрасте 64 лет при загадочных обстоятельствах.

Однако идеи не умирают бесследно, и в этом можно еще раз убедиться на примере генератора энергии «Тестатика», изобретенном Полом Бауманом и построенном в христианской общине «Methernita» (Швейцария). Несколько таких бестопливных генераторов поставляют уже в течение 30 лет электроэнергию в количестве 750 кВт, покрывающем потребности всей общины (включая и производственные мастерские, которые находятся там же). Как и в случае с Э.Греем, идею П.Бауману подсказало изучение молний. В отличие от Теслы и Грэя, для создания высоковольтного источника постоянного тока в машине Баумана применен генератор Вимшурста (Wimshurst, 1832–1903), использование которого практически прекратилось с внедрением электромагнитных генераторов. Генератор Вимшурста представлял собой два вращающихся в противоположном направлении диска с закрепленными на них стальными или алюминиевыми сегментами. Разделение зарядов на сегментах дисков было обусловлено трением щеток. Они же осуществляли съем заряда с сегментов диска, который затем стекал в лейденские банки и там накапливался. В «Тестатике» (рис. 6.9) высокое напряжение с этих конденсаторов подводится к верхней части больших металлических банок, а затем выводится из их нижней части на искровые разрядники. Характерно, что содержимое этих банок Бауман никому не показывал, и относительно них было много предположений, начиная от конденсаторов с урановыми добавками и заканчивая странным сочетанием кристаллов и магнитов). Рядом с разрядниками на рисунке мы видим два подковообразных электромагнита. Таким образом, и в генераторе Баумана применяются те же элементы для усиления искрообразования и прерывания

дуги, что и у Теслы. Особенность состоит лишь в том, что узел, в котором осуществляется «фракционирование» (т.е. конверсия энергии эфира) помещено перед разрядником.



Рис. 6.9. Генератор «Тестатика».

Самовращение дисков машины Баумана после начального толчка обеспечивается взаимным отталкиванием сегментов двух колес за счет сил электромагнитного взаимодействия. Они возникают из-за того, что вращающийся наэлектризованный диск генератора образует с внешней цепью замкнутый виток мощного тока, текущего в дисках в противоположном направлении¹⁾. Настройка вращения осуществляется относительным смещением щеток. Прототип такой машины с диаметром дисков 20 см производил около 200 Вт мощности. Машины же «Тестатика» имеют диски диаметром 2 метра и мощность свыше 30 кВт. Специальный диодный модуль и лейденские банки обеспечивают регулировку частоты. В конструкцию входит также устройство, понижающее напряжение со 100 кВ (и более) до 220 В.

То, что эта машина существует и работает, подтверждают отчеты 12-ти компетентных ученых, в разное время приезжавших в общину для обследования и проверки работоспособности «Тестатики» (включая проф. С. Маринова, который воспроизвел затем две рабочие модели этого генератора и в конце концов погибшего при загадочных обстоятельствах). Однако все эти отчеты сходятся во мнении, что принципы действия «Тестатики» остаются неясными.

Одна из новейших разработок альтернаторов этого типа – эфирорезонансный генератор грузинского изобретателя Тариэла Капанадзе. Упрощенная принципиальная схема этого устройства показана на рис.6.10. Как считает изобретатель, установка основана на идеях Н.Теслы. В ней используется высоковольтный источник питания напряжением в 1..3 кВ, вы-

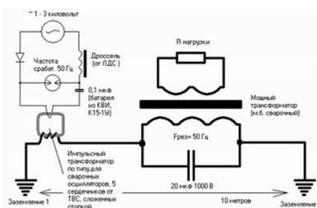


Рис.6.10. Схема генератора Т Капанадзе.

¹⁾ Возможно также участие сил электростатического отталкивания.

прямитель для создания однонаправленных импульсов тока, разрядник и конденсатор для создания импульсов с крутым фронтом. Эти импульсы подаются на первичную катушку повышающего трансформатора типа используемых в импульсных сварочных трансформаторах в качестве осциллятора. Его магнитопровод изготовлен из 5 сложенных стопкой ферритовых сердечников от выходных строчных трансформаторов (ТВС) стандартных телевизоров. Усиленные импульсы с частотой 50 Гц поступают в колебательный контур, образованный первичной обмоткой мощного трансформатора (типа сварочного), шунтированного конденсатором большой емкости. Активная или индуктивная нагрузка, рассчитанная на питание переменным током с частотой 50 Гц, подключена ко вторичной обмотке сварочного трансформатора. Особенностью конструкции является наличие двух заземлений, удаленных на определенном расстоянии и рассчитанных,



Рис.6.11. Генератор Капанадзе в сборе

по-видимому, на определенное сопротивление контура заземления. В результате вторичная обмотка трансформатора – осциллятора оказывается включенной последовательно с силовым трансформатором и заземлением. В демонстрационных моделях генератора иногда в качестве двойного заземления используется водопроводная и отопительная сеть.

Изобретатель построил ряд таких установок с мощностью от 3 до 100 кВт. Внешний вид одной из них мощностью 3 кВт показан на рис.6.11. Эта установка запускается от аккумулятора или даже 2-х батареек типа «Крона» и весьма компактен, что делает все устройство крайне привлекательным. Более подробные данные о принципах работы и особенностях конструкции генератора отсутствуют.

Таким образом, все описанные здесь устройства основаны на технологии «холодного электричества» Н.Тесла, а по существу – на выделении из спектра частот эфира так называемой «радиантной» составляющей, взаимодействующей со свободными электронами и подпитывающей устройство при нарушении их равновесия в быстротекущих процессах электрического разряда. Ее участие объясняет работу описанных выше устройств без нарушения каких-либо законов физики или привлечения «экзотических» теорий.

6.4. Магнитодинамические конверторы энергии эфира

Среди устройств, которые ошибочно относят к категории «вечных двигателей», наиболее многочисленным и разнообразным является класс двигателей, использующих постоянные магниты. Способность постоянных магнитов совершать полезную внешнюю работу (например, поднимать металлические предметы) была известна еще несколько веков назад. Столько же времени предпринимаются и усилия одиночек-энтузиастов в направлении их использования. Первый магнитный двигатель был предложен еще семь веков назад П. Пилигримом. В XVI в. созданием магнитного «перпетуум-мобиле» занимался иезуитский священник Й. Тайснеиус (J. Taisneius). В последующем число таких проектов лавинообразно нарастало, и к настоящему времени достигло такой величины, что можно вводить разветвленную классификацию таких устройств по различным признакам. Официальным подтверждением работоспособности некоторых из них явилась выдача специфической категории патентов США, требующей представления действующей модели устройства. Поэтому представляет интерес показать, что эта разновидность альтернаторов также не нарушает никаких законов физики и отнесение их к разряду «сверхединичным» устройств является недоразумением.

Магнетизм веществ обусловлен, как известно, в основном орбитальным и спиновым движением электронов. При этом у каждого магнита есть определенный запас «магнитной упорядоченной энергии», т.е. как бы «энергоемкость», измеряемая работой, которую может произвести магнит до своего «истощения». Наиболее значительна она у сравнительно дорогих редкоземельных магнитов и существенно меньше – у магнитов из сплава «Алнико».

То обстоятельство, что в огромном числе случаев магниты, совершая работу, не утрачивают своих свойств, можно объяснить только «подпиткой» их со стороны внешней среды. Установлено, что если постоянные магниты изолировать от внешней среды магнитным экраном, то при работе под нагрузкой они «истощаются» значительно раньше. Ниже это будет подтверждено на основании испытаний магнитных двигателей фирмы «Perendev». В отсутствие же нагрузки, как показали долговременные исследования, коэрцитивная сила постоянных магнитов изменяется крайне незначительно (в пределах от нуля для магнитов из редкоземельных материалов до 3% для магнитов «Алнико» за 10^4 часов испытаний). Это дает основание считать, что если постоянный магнит хранится вдалеке от линий питания, других магни-

тов, высоких температур и других факторов, которые неблагоприятно на него влияют, он навсегда сохранит свои магнитные свойства. Удары же и вибрация не влияют на современные магнитные материалы до тех пор, пока не причиняют материалу физического ущерба.

О нарушении равновесия между эфиром и постоянными магнитами при их работе под нагрузкой однозначно свидетельствует понижение температуры последних. Этот эффект был обнаружен во всех без исключения действующих установках на постоянных магнитах. В генераторе Флойда это понижение температуры достигало 20 °С. Разумеется, энергообмен постоянных магнитов с внешней средой отнюдь не ограничивается теплообменом, в чем легко убедиться путем расчета теплообмена между ними. Более того, температура большинства таких двигателей при работе под нагрузкой даже выше температуры окружающей среды. Нарушение равновесия между веществом и эфиром происходит здесь на уровне доменов вещества, так что лучистая энергия эфира воспринимается в данном случае отнюдь не на уровне хаотического колебательного движения кристаллической решетки вещества. О том, что лучистая энергия может восприниматься телами не только как теплота, но и как совершенная над ними работа, свидетельствуют процессы диссоциации, ионизации, фотоэффект, фотосинтез, фотохимические, фотоядерные и т.п. явления.

Известно также, что магнитная энергия может не только убывать в процессе совершения постоянным магнитом работы, но и восстанавливаться при увеличении площади, «ометаемой» электронами в их орбитальном движении, т.е. их энергии. И произойти это может не только за счет электромагнитной индукции, но и в процессах взаимодействия вещества с эфиром на частотах, характерных для электромагнитных явлений.

Принципиально важно, что источником энергии, восстанавливающим магнитные свойства используемых материалов, не может быть ни холодный ядерный синтез, ни трансмутация химических элементов, ни мюонный катализ. Им может быть только эфир как всепроникающей среда, напряженное состояние которой и обуславливает существование силовых (в том числе электромагнитных) полей. Им не может быть и квантовый аналог эфира – физический вакуум, поскольку механизм взаимодействия его «виртуальных» частиц с носителями энергии постоянных магнитов современной науке не известен. Напротив, законы взаимодействия эфира с веществом, изложенные в главе 5, вполне укладываются в рамки конвенциональной науки. Поэтому к ним применимы обычные методы термодинамического анализа

циклических машин, обобщенные на случай недеформируемых рабочих тел.

Согласно термодинамическому тождеству (1.5.5), член, ответственный за преобразование в работу магнитной энергии, имеет вид:

$$W_{ц} = \oint \mathbf{X}_M \cdot d\mathbf{Z}_M, \quad (6.4.1)$$

где $\mathbf{X}_M = \mathbf{B}$, \mathbf{Z}_M – соответственно магнитная индукция и намагниченность магнита в целом.

Перейдем, как и прежде, к скалярным величинам X_M и Z_M и разделим круговой процесс на два участка, 1–2 и 2–1, в пределах которых изменение Z_M имеет один и тот же знак ($dZ_M > 0$ или $dZ_M < 0$). Тогда, обозначая X_M на «прямом» и «обратном» участке соответственно одним и двумя штрихами и учитывая, что $dZ_M'' = -dZ_M'$, вместо (6.4.1) можем написать:

$$W_{ц} = \int_1^2 (B'' - B') \cdot dZ'_M. \quad (6.4.2)$$

Отсюда следует, что если средняя магнитная индукция материала будет одинаковой как в процессе восстановления намагниченности материала (B''), так и при совершении им работы (B'), то работа в цикле не будет совершаться. Сказанное иллюстрируется рисунком 6.12, на котором изображен произвольный цикл магнитного двигателя, напоминающий непердельную петлю гистерезиса. Работа этого цикла определяется его площадью. Следовательно, необходимо каким-либо образом изменять характер «прямого» 1–2 и «обратного» 2–1 процессов с тем, чтобы площадь цикла стала отличной от нуля. Неравенство сил на различных участках цикла может быть обеспечено путем временного экранирования магнитного поля в зазоре между ротором и статором на участке максимального сближения магнитов, временным размагничиванием одного из магнитов электрическим импульсом в момент их противостояния, изменением характера пути и конфигурации поля в процессах сближения и удаления магнитов ротора и статора, изменением магнитной индукции в роторе или статоре путем временного изменения их температуры (вблизи точки фа-

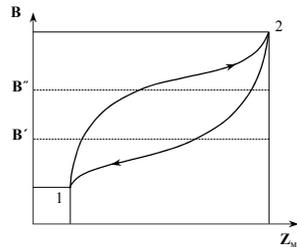


Рис. 6.12.

Цикл магнитного двигателя

зового перехода) и т.п. В дальнейшем мы увидим, что именно к этим средствам прибегают изобретатели тех устройств на постоянных магнитах, реальность которых не вызывает сомнений. Одним из первых устройств такого типа является «генератор Грамма» (З.Т.Грамм, 1869 г.). В нем в полюсах неподвижного постоянного магнита размещался вращающийся кольцевой ротор с тороидальной обмоткой, которая касалась двух диаметрально расположенных контактных щеток. «Асимметрия» процессов намагничивания и размагничивания кольцевого ротора достигалась смещением момента подачи напряжения на тороидальную обмотку. Позднее, в 1996 г. российский инженер А. Фролов модернизировал генератор Грамма. В его конструкции неподвижным было кольцо с обмотками, а в качестве источника переменного магнитного поля использовалась еще одна обмотка в центре (рис. 6.13). При этом два магнитных потока от двух катушек нагрузки взаимно компенсировались, и, таким образом, в первичной цепи реакция отсутствовала. Эта конструктивная идея стала популярной (О.Беренс, Швеция; Д.Хофманн, США; В.Германа, ФРГ; С.Хартман, США, и др.). Одна из конструкций, основанная на этой идее и названная авторами «генератором Фролова», показана на рис. 6.13. В ней центральный постоянный магнит приводился во вращение небольшим электродвигателем. Для сглаживания пульсаций скорости применялся массивный маховик.

В августе 1999 г. группе В.Германа из Германии при испытаниях этого типа генератора удалось получить более 1200 ватт в нагрузке. Вслед за этим С.Хартман (S.Hartman, 2003) сконструировал тороидальный генератор на базе стандартного 10-киловаттного генератора, питающийся от автомобильной батареи (рис.6.14). Ток на входе генератора составил 0.8 А при напряжении 12.92 В; на выходе – 40 А при напряжении 6.5 В. Таким образом, он развивал 25-кратную мощность.

Другой способ создания «асимметрии» был предложен Дж.Эклиным в 1975 г. (патент США № 3879622 от 22.04.75). Его двигатель использует попеременное экранирование и открывание магнитного поля и включает в себя два постоянных подковообразных магнита, мотор, вращающий «окна» – магнитные экраны, и якорь из

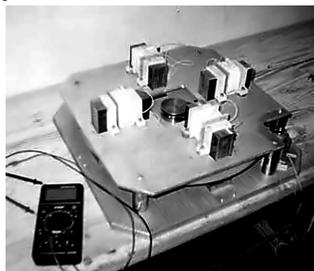


Рис. 6.13. Генератор Фролова.

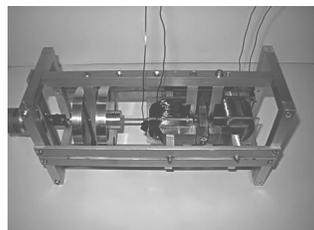


Рис. 6.14. Мотор Германа.

магнитного материала, который попеременно притягивается к одному из магнитов, не экранированному в данный момент времени. Колебания якоря превращаются во вращательное движение с помощью кривошипно-шатунного механизма. В патенте отмечается, что при соответствующем подборе силы полей, формы магнитов, их материалов и т.п. энергия, получаемая за счет возвратно-поступательного движения якоря, может превышать энергию, необходимую для открытия и закрытия «окон». Эклину не удалось сконструировать «самозапускающуюся» машину, однако его идея послужила основой для целого ряда патентов.

Особое внимание привлекают генераторы тока, основанные на использовании эффекта «самоподдерживающегося вращения» Дж. Серла (Mortimer, Berkshire). В 1950-х гг. он обнаружил, что добавление небольшой компоненты переменного тока (~100 мА) радиочастоты (~10 МГц) в процессе изготовления постоянных ферритовых магнитов придает им новые и неожиданные свойства. Они заключались в необычном взаимодействии постоянного магнита с магнитными роликами, расположенными на его поверхности, выражающемся в самопроизвольном качении роликов после придания одному из них небольшого импульса.

В России эффект Серла исследовался в Институте высоких температур РАН. Сотрудники этого института В.Рошин и С.Годин в 1992 г. построили подобный серловскому генератор, который они назвали «магнитодинамическим конвертером». Он представлял собой статор с секторными постоянными магнитами 1 и кольцевой ротор с вращающимися магнитными роликами 2 (рис. 6.15). Диаметр ротора – 1 м, его масса – 500 кг. Сегменты ротора выполнены на основе редкоземельных магнитов с остаточной индукцией 0.85 Тл. Они намагничивались разрядом батареи конденсаторов через индуктор. В отличие от диска Серла в установке В.Рошина и С.Година высокочастотное подмагничивание не применялось. «Зацепление» роликов с кольцевым магнитом ротора осуществлялось по принципу шестерен, размещением в статоре и роликах поперечных магнитных вставок из NdFeB с остаточной индукцией 1.2 Тл. Между поверхностью статора и роликами был оставлен воздушный зазор 1 мм. Элементы магнитной системы были собраны в единую конструкцию на платформе из немагнитных сплавов. Эта платформа была снабжена пружинами, амортизаторами и имела возможность вертикального перемещения по трем направляющим, что измерялось индукционным датчиком 14. Статор 1 был укреплен неподвижно, а ролики 2 были укреплены на общем подвижном сепараторе 3 с помощью динамических воздушных подшипников. Сепаратор был жестко связан с валом 4 и посредством фрикционных обгонных муфт 5 – с пусковым двигателем 6 и с

электродинамическим генератором 7. Вдоль ротора были расположены электромагнитные преобразователи 8 с разомкнутыми магнитопроводами 9. Нагрузка 10 была выполнена в виде ламп накаливания.

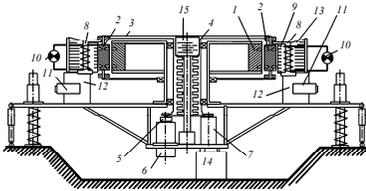


Рис.6.15.

Генератор Рощина-Година

Установка запускалась в действие раскруткой ротора с помощью электродвигателя. При скорости ~ 550 об/мин обороты ротора самопроизвольно начинали возрастать, несмотря на отключение электродвигателя и присоединение к валу электродинамического генератора. Для удержания оборотов к генератору ступенчато подключалась нагрузка в виде набора обыкновенных ТЭНов. Максимальная отводимая мощность в установке составила 7 кВт.

Помимо генерирования «избыточной мощности», в установке наблюдался целый ряд необычных эффектов: уменьшение веса платформы (которое достигло 35% от первоначального веса); коронный разряд в виде голубовато-розового свечения; вертикальные концентрические зоны повышенной напряженности магнитного поля порядка 0.05 Тл и аномальное падение температуры (на $6...8^{\circ}\text{C}$) в непосредственной близости от конвертера. Невозможность объяснить весь этот комплекс эффектов свидетельствует о серьезном отставании теории.

Интересный вариант устройства с переключаемым магнитным сопротивлением, получивший широкое признание как один из наиболее удачных двигателей на «свободной энергии», предложил Роберт Адамс (Новая Зеландия, 1977). В мотор-генераторе Адамса (рис. 6.16) ротор с радиально ориентированными одинаковым полюсом наружу постоянными магнитами вращается, создавая индукционные токи в катушках статора, расположенных вокруг ротора в плоскости вращения. С точки зрения традиционной электротехники, мотор-генератор без замкнутого магнитопровода (сердечники катушек имеют форму бруска) неэффективен. Но именно открытый магнитопровод позволяет генерировать мощность без торможения ротора. Здесь нет явления электромагнитной индукции в полном смысле, есть только магнитная индукция, то есть намагничивание и размагничивание сердечника статора в поле постоянного магнита ротора. При этом наблюдается полная аналогия с явлением электрической индукции, то есть «электри-

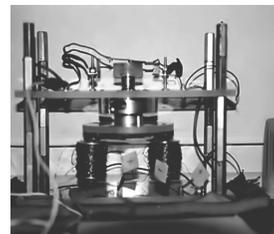


Рис. 6.16. Мотор

зацией влиянием», как говорили раньше. «Намагничивание влиянием» отличается от электромагнитной индукции тем, что создаваемое в обмотке генератора вторичное магнитное поле не тормозит ротор и не взаимодействует с первичным полем. Роберт Адамс работает совместно с Г. Аспденом над патентованием своей системы. Характерно, что работа этой машины может быть полностью объяснена законом Фарадея.

Еще более привлекательным для воспроизведения двигателем на вращающихся магнитах является колесо К. Минато (патент США № 5594289, 1997). В нем на роторе (представляющем собой велосипедное колесо, вращающееся на горизонтальной оси) закреплено множество постоянных магнитов, расположенных одинаковыми полюсами в направлении вращения ротора, а также стабилизаторы, предназначенные для уравнивания ротора (рис. 6.17). Каждый из закрепленных на роторе постоянных магнитов расположен под углом относительно радиуса колеса. Возле внешней окружности ротора вплотную к нему расположен электромагнит, в

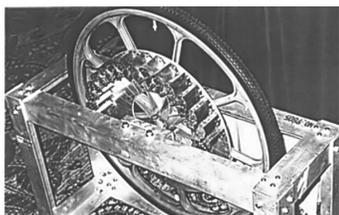


Рис. 6.17. Колесо Минато.

котором, в зависимости от вращения ротора, периодически возбуждается электрический ток. Эрик Вогелс (Швеция, 1997 г.) повторил и улучшил результаты Минато, расщепив дорожку магнитов на множество маленьких дорожек.

Создавать электродвижущую силу при вращении металлического ротора способен также известный со времен Фарадея эффект униполярной индукции. Одна из практических разработок этого класса альтернаторов – униполярный генератор де Палма (1991). Результаты тестов этого генератора (рис. 6.18) показывают, что в нем торможение ротора за счет обратной ЭДС проявляется в меньшей степени, чем в традиционных генераторах. Поэтому мощность на выходе системы превосходит мощность, необходимую для вращения ротора.

Создание альтернаторов перешло уже в стадию практических разработок. Так, совсем недавно швейцарская фирма SEG объявила о намерении выпустить на рынок генератор, работающий на эффекте Серла. Устройством, выпуск которого

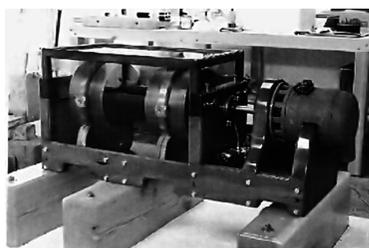


Рис. 6.18. Генератор де Палма

запланирован в первую очередь, станет компактный генератор на 15 кВт с размерами примерно 46×61×12 см), который можно настроить для выработки постоянного или переменного тока различного напряжения в диапазоне от 12 до 240 В.

Каждый такой генератор способен выработать 60 МВт/ч энергии, прежде чем встанет необходимость в его перемагничивании.



Рис. 6.19. Генератор Сёбла «SEG»

Предлагаемая модель генератора «D15AP», изображена на рис. 6.19. Он состоит из трех четырехслойных концентрических колец, каждое из которых изготовлено из композита. Эти кольца расположены по отношению друг к другу концентрически и прикреплены к основанию. Вокруг каждого кольца свободно вращаются ролики в количестве 10 штук вокруг первого кольца, 25 – вокруг второго и 35 – вокруг третьего. За роликами, расположенными по диаметру внешнего кольца, находятся катушки,

соединенные различными способами, что дает возможность вырабатывать либо постоянный, либо переменный ток различного напряжения. Выходные катушки должны быть рассчитаны таким образом, чтобы напряжение тока на выходе составляло 240 В. Генератор представляет собой своего рода набор свободных от трения подшипников и одновременно систему из трех вращающихся трансформаторов в одном корпусе.

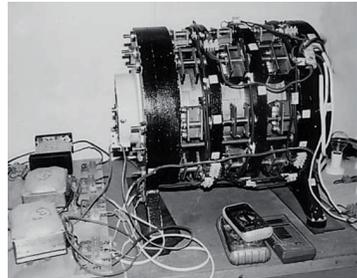


Рис. 6.20. Генератор LUTEC.

Простота этого двигателя обеспечивается расположением переключаемых катушек на статоре, а постоянного магнита – на роторе. При этом постоянный ток, подводимый к катушкам статора, вызывает силу магнитного отталкивания и является единственным током, необходимым для создания «совокупного движения» (рис. 6.19).

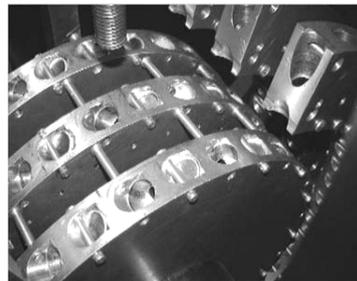


Рис. 6.21. Магнитный двигатель «Perendev».

В настоящее время ряд частных предприятий принимают заказы на

промышленные образцы двигателей-генераторов на постоянных магнитах. В частности, фирма GMC Holding Corporation, г. Орландо, штат Флорида, США, объявила о том, что после 12 лет исследований ею создано устройство на постоянных магнитах «LUTEC», способное дать решение мировых экономических проблем в области энергетики (рис.6.20). Еще одна компания, «Perendev» (сокращение от «perpetuum energy device»), заявляет, что изготавливаемый ею магнитный мотор мощностью 30 кВт готов к выводу на рынок (рис. 6.21). Примерная стоимость первых устройств – около 8500 евро. Правда, К. Андерсон (Kieth Anderson), чья фирма была приглашена на тестирование мотора «Perendev» и построила два его работающих аналога, заявляет, что все они истощали свои магниты в нагрузке.

Следовательно, необходимы дальнейшие исследования по выявлению условий баланса отдаваемой магнитами внутренней энергии и их подпитки из окружающей среды. Основная проблема конструкций с постоянными магнитами состоит в расчете распределения магнитного потока в магнитной цепи, которая может включать постоянные магниты, воздушные зазоры, элементы высокой магнитной проницаемости и электрические токи. Точные решения магнитных полей требуют сложного анализа многих факторов, хотя возможны и приблизительные решения. Для получения оптимальной конструкции с постоянными магнитами часто требуется опыт и компромиссы. А пока же компания «Perendev» принимает заказы от тех, в ком жив авантюрный дух, и кто понимает риски этой ранней стадии.

Другая разновидность магнитного двигателя, названная «Cyclone»² (рис. 6.22), была создана недавно на средства американской компании в Австралии. Действующий опытный образец этого двигателя для автомобиля показывался по телевидению.

Совершенно очевидно, что при оценке перспективности таких устройств недопустимо считать, что магнитная энергия является «дармовой» – ее себестоимость требует такого же учета затрат, как и для любых других энергоустановок на возобновляемых источниках энергии. Эти затраты зависят от класса



Рис.6.22.
Двигатель «Cyclone»

² Название отражает сочетание в двигателе циклического движения с «клонированием» магнитного поля.

магнитов.

Новейшим добавлением к ранее известным ферритовым (керамическим) и алюминий-никель-кобальтовым (типа «Алнико») магнитным материалам являются спеченные из редкоземельных элементов самарий-кобальтовые (SmCo) и неодимовые (NdFeB) магниты. В них достигается уровень магнитной энергии до 45–50 МГсЭ. Этому способствовали недавние разработки в области изготовления магнитов. Именно они открыли новые захватывающие горизонты усовершенствования технологий двигателей на постоянных магнитах. Кроме затрат на их изготовление следует учитывать и затраты на разработку действующих конструкций и на теоретические исследования, поскольку невозможность объяснить всю совокупность эффектов, проявляющихся при работе альтернаторов, свидетельствует о серьезном отставании теории от эксперимента. Тем не менее мы вправе ожидать появления на рынке малогабаритных энергетических установок, способных обеспечить электроэнергией небольшие офисы, дома и фермы, удаленные от линий электропередач.

В заключение хочется сказать, что хотя в работе альтернаторов многое еще остается неясным, имеются достаточные основания для поиска наиболее удачных технических решений по созданию преобразователей нового поколения, использующих практически неисчерпаемую энергию окружающей нас среды.

6.5. Конверторы гравитационной энергии

С изложенных позиций становится более понятной работа преобразователей гравитационной энергии, с которых, собственно, и начиналась история создания «perpetuum mobile». Поиск вечно движущихся технических устройств уходит своими корнями в философию Древнего Востока и идею вечного движения во Вселенной. Оттуда же исходят и первые документальные свидетельства о создании двигателей, использующих силу тяжести. Таково, в частности, «самовращающееся колесо» Бахаскара (Индия) с тангенциально-расположенными трубами, до половины заполненными водой, которое демонстрировалось в середине XII в. В Европе первые проекты такого рода механических «вечных двигателей» относятся к XIII в. (колесо с семью грузами В. Оннекура (V. de Honnecourt, Франция, 1245, Франция); аналогичное колесо В. Марикура (V. Maricourt, 1269, Франция). Ряд чертежей устройств такого типа, где падающие вертикально вниз грузики или вода вращают ко-

лесо, производя полезную работу, оставил Leonardo da Vinci. В Италии в 1438 г. М. Жакопо построил систему из восьми стержней, радиально расположенных в плоскости вращения и сгибающихся в одном направлении. Благодаря этому левая половина системы отличается по весу от правой, обеспечивая вращение системы. В 1610 г. (предположительно) создал перпетуум-мобиле К. Дребель (Cornelis Drebbel), алхимик и маг. Большое количество устройств такого типа к 1630 г. разработал Р. Флад (Robert Fludd). Позднее, в 1870 г., многие пытались получить патенты на различные вариации устройства Фладда. В 1664 г. в Германии разработал «шариковый» перпетуум-мобиле У. Карнах (Ulrich von Carnach). В 1667–1748 гг. проект устройства флюидной энергии представил известный ученый Ж. Бернулли (Jean Bernoulli). В 1686 г. Боклер (Bockler) сконструировал «самовращающиеся мельницы», используя различные варианты винтов Архимеда.

В Англии первый патент на перпетуум–мобиле был выдан в 1635 г. на четырехметровое колесо Э. Сомерсета (E. Somerset) с 14-ю грузами по 25 кг. Испытания машины с блеском прошли в Лондоне в присутствии короля Карла, о чем имеется запись в архивах. Одно из таких колес Е. Сомерсет демонстрировал в 1638 г. королю Франции. Характерно, что к 1903 г. в Англии было выдано уже 600 патентов на подобные устройства.

Наибольшую известность в начале XVIII века приобрело колесо Ж. Бесслера (J. Bessler), более известного как Орфериус (Orffyreus). На протяжении нескольких десятков лет он публично демонстрировал различные модели своего колеса, приводившегося в движение грузами внутри колеса, создававшими ассиметричный момент сил при его вращении. Последняя из его конструкций имела 6 футов в диаметре, 12 дюймов толщиной и вращалась со скоростью 42 об/мин. Это колесо не только поддерживало непрерывное вращение, но и позволяло совершать полезную работу, например, поднимать груз массой 16 кг на высоту 1.5 метра. Его работу неоднократно проверяли известные ученые и официальные лица, а немецкий принц Карл, посвященный в его устройство, выдал Орфериусу сертификат на «Вечный двигатель». Под контролем компетентной комиссии из 11 человек (среди членов которой был профессор Грависант, близкий друг Ньютона) в 1717 г. колесо сорок дней проработало в замкнутом опечатанном помещении и при внезапной проверке было обнаружено по-прежнему вращающимся со скоростью 26 об/мин. Опыты многократно повторялись, при этом комиссией тщательно проверялась возможность существования скрытых приводов (для чего колесо меняло местоположение).

Как видим, созданием вечных двигателей занимались отнюдь не шарлатаны. Поэтому вовсе не к чести одной из наиболее авторитетных в то время Парижской Академии Наук следует отнести ее решение в 1775 г. (т.е. задолго до открытия закона сохранения энергии) «раз и навсегда» не рассматривать такие проекты. Не лишне отметить, что ранее та же Академия отказалась рассматривать существование метеоритов, считая абсурдным возможность падения камней с неба. Всем известно, каким конфузом это обернулось. Вполне вероятно, что если бы французские академики не отмахнулись от внимательного и объективного рассмотрения подобных устройств, пути развития энергетики и науки в целом были бы иными. Однако в реальной жизни наблюдалась обратная картина: когда публично демонстрировалось работающее устройство, выдававшееся за «perpetuum mobile», обоснованного опровержения не следовало, и обычно дело заканчивалось, как и в случае с колесом Орфериуса, журнальным памфлетом.

Казалось бы, отношение к проблеме вечного двигателя должно было поменяться после установления закона сохранения энергии, когда стало ясно, что полезная (упорядоченная) работа – это лишь количественная мера процесса превращения энергии из одной формы в другую при сохранении ее в системе как целом. При таком понимании вопрос о каких-либо «затратах» энергии при совершении работы должен был отпасть сам собой, поскольку становилось ясным, что количество «затраченной» энергии всегда будет равно сумме полезной и диссипативной работ, сопровождающих этот процесс. В таком случае научный и технический интерес представляет не столько природа преобразуемой формы энергии, сколько соотношение этих работ, т.е. зависящий от конструкции машины и протекающих в ней процессов относительный КПД этих машин. Следует отметить, что в этом отношении основоположник термодинамики С. Карно был значительно ближе к излагаемой позиции, чем его «последователи», поскольку теплота в его понимании была неуничтожимым флюидом (теплородом), и вопрос о ее «расходе» в процессе совершения работы не мог даже возникнуть. Более правильным было и его понимание возможности использования «живой силы» тепла окружающей среды, которую он выразил словами: «повсюду, где имеется перепад температур, может возникнуть и живая сила» (С. Карно, 1824). Он же указал и на пути достижения наилучшего соотношения между полезной и диссипативной (в теперешнем понимании) работой.

Именно эту цель поставила перед собой энергодинамика, обосновавшая единство законов преобразования любых форм энергии и развившая на этой основе теорию подобия и теорию

производительности тепловых и нетепловых, циклических и нециклических, прямых и обратных машин (В.Эткин, 2008). Эти теории осуществили дальнейшее обобщение и синтез термодинамики, теории энергообмена и экономики, показав, что суть дела состоит не в форме преобразуемой энергии, а в организации процесса её преобразования. Это имеет непосредственное отношение к гравитационной энергии, порожденной неравномерным распределением в эфире вещества (массы).

Запрет на преобразование гравитационной энергии и отнесение таких преобразователей к разряду «вечных двигателей» основано на законе тяготения И.Ньютона, который обычно записывается в виде:

$$\mathbf{F}_g = G_g \mathbf{r} m M / r^3, \quad (6.5.1)$$

где G_g – гравитационная постоянная; M , m – масса «полеобразующего» и «пробного» тела; r – расстояние между их центрами.

Этому выражению соответствует гравитационный потенциал

$$\psi_g = G_g M / r. \quad (6.5.2)$$

Если теперь представить себе произвольную циклически действующую машину, совершающую работу W_g за счет энергии гравитационного поля, то в соответствии с выражением (2.1.2) она будет равна нулю независимо от характера кругового процесса

$$W_g = -\oint m d\psi_g = G_g m M \oint r^{-2} dr = 0, \quad (6.5.3)$$

поскольку пробное тело в этом процессе всегда возвращается в исходное положение.

Совершенно иным будет положение дел, если подойти к этому вопросу с позиций системного подхода и рассмотреть ту же задачу в условиях произвольного распределения масс в эфире. В таком случае гравитационный потенциал определяется выражением:

$$\psi_g = -G_g \int (\rho/r) dV + C, \quad (6.5.4)$$

где \mathbf{r} — расстояние между элементом объёма dV и точкой, в которой определяется потенциал φ ; C — произвольная постоянная.

В частном случае произвольного расположения k тел с массами M_k и $r = r_k$ этот потенциал выражается суммой

$$\psi_g = -\sum_k G_g M_k / r_k + C, \quad (6.5.5)$$

Таким образом, если в ходе циклического процесса рабочего тела массой m происходит малейшее изменение взаимного расположения полеобразующих тел с массами M_k , то даже в случае восстановления положения этого тела с одним из них (например, с Землей) потенциал ψ_g претерпит изменение, и работа W_g станет отличной от нуля. На этом принципе и работают приливные электростанции, где подъем воды во время прилива обусловлен взаимодействием Земли с Луной и сопровождается некоторым смещением центра тяжести нашей планеты относительно неё и других небесных тел. Поскольку этот процесс носит необратимый характер, т.е. сопровождается потерями на трение и превращением части гравитационной энергии в технически пригодные её формы, подобные изменения постепенно накапливаются. Отсюда следует, что и этот источник энергии не является «вечным».

С этих позиций становится более очевидным, что и в этом случае Парижская академия наук поспешила объявить любые проекты такого рода «вне закона».

Полагая, что задача истинной науки — отнюдь не сохранение давно устаревшей парадигмы, рассмотрим с позиций энергодинамики работу одного из таких устройств, например, колесо Фрага

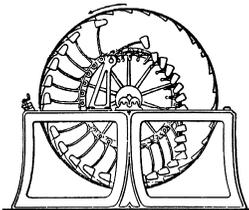


Рис. 6.23. Колесо Фрага.

(Куба, патент США IL 60915, 1987). Это устройство представляет собой самовращающееся колесо с несбалансированными грузами, закрепленными на конце рычагов (рис. 6.23). Противоположные концы рычагов имеют подвижные шарниры, позволяющие рычагам «опрокидываться» при переходе через точку неустойчивого равновесия. Колесо имеет ряд выступов, удерживающих грузы с рычагами в положении с

максимально возможным вращающим моментом (левая часть коле-

са). Напротив, в правой части колеса грузы находятся все время в положении с минимальным крутящим моментом. Устройство приходит в устойчивое вращение после небольшого толчка.

Описание работы этого колеса облегчается, если применить к нему основное тождество энергодинамики (3.1.1), содержащее крутящие моменты. Работа вращения, совершаемая колесом Фрага, описывается его третьей суммой, и в циклическом процессе равна

$$W_{\text{ц}} = \oint \mathbf{M}_g \cdot d\boldsymbol{\varphi}_g. \quad (6.5.6)$$

Разобьем круговой интеграл (6.5.6) на участки 1–2 и 2–1, в пределах которых угол φ изменяется от 0 до 180° и от 180° до 0. Для простоты изложения представим подынтегральное выражение (6.5.6) через скалярные величины M и φ , и обозначим крутящий момент и угол поворота на этих участках цикла соответственно одним и двумя штрихами (M' , φ' и M'' , φ''). Тогда вместо (6.5.6) с учетом противоположного знака крутящих моментов на этих участках ($M'' = -M'$) можем написать:

$$W_{\text{ц}} = \int_1^2 (M' - M'') \cdot d\varphi'. \quad (6.5.7)$$

Цикл такой установки в диаграмме $M-\varphi$ показан на рис. 6.24.

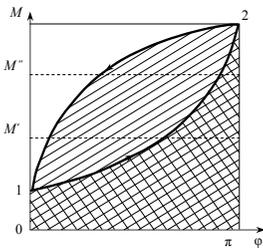


Рис. 6.24.

Цикл несбалансированного колеса в гравитационном поле

Предположим, что в начальный момент этот груз занимал крайнее нижнее положение (угол φ с вертикалью составляет 0°). Приложив внешнее усилие, повернем колесо против часовой стрелки на угол 180° так, чтобы плечо груза R_g' и крутящий момент $M' = F_g' R_g'$ оставались минимальными (процесс 1–2). При этом будет затрачена работа, выражаемая дважды заштрихованной площадкой. По достижении крайнего верхнего положения произойдет «переброска» груза, и

дальнейшее вращение колеса будет происходить самопроизвольно (процесс 2–1). Совершаемая при этом работа, выражаемая заштрихованной площадкой под кривой 2–1, будет больше затраченной ввиду увеличения R_g'' и соответствующего ему среднего значения

крутящего момента $M'' = F_g'' R_g''$. В дальнейшем подъем грузов в процессе 1–2 будет осуществляться без вмешательства извне, поскольку среднее значение противодействующего момента M'' будет меньшим. Естественно, что при $R_g' = R_g''$, т.е. при отсутствии «разбаланса» мощность установки станет равной нулю в полном соответствии с теорией и опытом. В этом и состоит принцип действия самовращающихся колес, которые, таким образом, не нарушают никаких законов физики.

Нетрудно видеть, что описанный эффект проявляется тем сильнее, чем больше масса рабочего тела m . Отсюда стремление изобретателей-энтузиастов увеличить массу экспериментальной установки.

Одно из наиболее внушительных устройств такого рода (рис.6.25) построил А. Коста (патент Франции №95/12421, 1995). Его 18-метровое несбалансированное колесо лучше всяких слов свидетельствует о серьезности подхода и об уверенности изобретателя в работоспособности создаваемой им конструкции. Это колесо работает на том же принципе и содержит 236 подвижных элементов, обеспечивающих его вращение. Оно может вращаться как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки. Как отмечает изобретатель, главная трудность его изготовления состояла в том, чтобы получить изменение положения масс «в нужном месте и в нужное время».

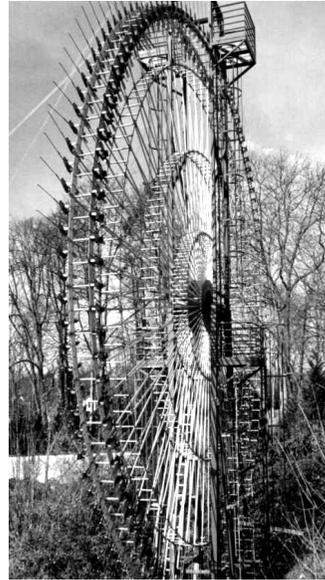


Рис.6.25. Колесо А. Коста

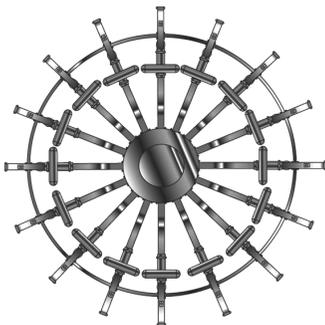


Рис. 6.26. Колесо «Warannlinc».

В 2006 г. энергетическая компания «Envignon» объявила о готовности к выпуску на рынок генератора SPEGG, производящего электроэнергию без затрат топлива. Генератор представляет собой самовращающееся колесо «Warannlinc», рис. 6.26, которое присоединяется к генератору тока и имеет 16 спиц, 8 из них содержат грузики, движущиеся поступательно и сжимающие при этом пружины. Колесо устроено так, что оно

всегда тяжелее с одной стороны. Это нарушает равновесие колеса в поле тяжести, вынуждая его вращаться. Разумеется, мощность таких конверторов чрезвычайно мала в связи с малой плотностью гравитационной энергии. Поэтому экономические показатели таких установок (в расчете на единицу их массы) делают их в большинстве случаев неконкурентоспособными. Однако это, как видим, не останавливает энтузиастов. Таким образом, великая идея Н.Тесла начинает воплощаться.

Основные обозначения

\mathcal{E}, ε	– полная (Дж), и удельная (Дж/кг), энергия системы.
E, ε	– полная (Дж) и удельная (Дж/кг) упорядоченная энергия.
U, u	– полная (Дж), и удельная (Дж/кг) неупорядоченная энергия.
H, h	– полная (Дж) и удельная (Дж/кг) энтальпии.
G, G	– энергия Гиббса и Гельмгольца (Дж).
$\mathbf{F}_i, \mathbf{M}_i$	– i -я результирующая сила (Н), и её крутящий момент (Н·м)
$\mathbf{X}_i, \mathbf{x}_i$	– i -я термодинамическая сила i -го векторного процесса и её локальная величина.
Θ_i, θ_i	– полная и удельная обобщенная координата i -го скалярного процесса.
Ψ_i, ψ_i	– обобщенный потенциал i -го скалярного процесса и его локальное значение;
$\mathbf{Z}_i, \mathbf{z}_i$	– полное и удельное значение момента распределения Θ_i .
$\mathbf{J}_i, \mathbf{j}_i$	– поток i -го энергоносителя и его плотность.
$\mathbf{J}_i^c, \mathbf{j}_i^c$	– поток смещения i -го энергоносителя и его плотность.
\mathbf{v}, v	– абсолютная скорость и её модуль (м/с).
\mathbf{R}_i, R_i	– вектор смещения величины Θ_i и его модуль.
dQ, dW	– элементарные количества теплоты и работы (Дж).
Q, q	– полная (Дж) и удельная (Дж/кг) теплота процесса.
W_i, w_i	– полная (Дж), и удельная (Дж/кг) работа i -го процесса.
W^e, W^u, W^d	– упорядоченная, неупорядоченная и диссипативная работа, Дж.
N, N^d	– полезная и диссипативная мощность процесса (Вт).

M, M_k	– масса системы и k -го вещества в ней, кг.
T, T_m	– локальная и среднемассовая абсолютные температуры, К.
\bar{T}_1, \bar{T}_2	– среднетермодинамические температуры подвода и отвода тепла, К.
p, ρ	– абсолютное давление, Н/м ² и плотность системы, кг/м ³ .
V, v	– полный, м ³ , и удельный, м ³ /кг, объемы системы.
S, s	– полная, Дж/К, и удельная, Дж/кг·К, энтропии системы.
μ_k, ζ_k, ζ_k	– химический, диффузионный и осмотический потенциал k -го вещества.
c_k, \bar{c}_k	– массовая доля k -го компонента (кг/кг) в текущем и равновесном состоянии.
φ, Ψ_g	– электрический и гравитационный потенциал.
η, η_N	– термический и мощностью кпд.
R_{ij}, L_{ij}	– коэффициенты сопротивления i -му потоку \mathbf{J}_i со стороны j -х сил \mathbf{X}_j . и обратные им (феноменологические) коэффициенты проводимости.
A_r, ξ_r	– сродство (максимальная работа) и степень полноты r -й химической реакции, Дж/кг.
N_{kr}, ν_{kr}	– числа молей и стехиометрические коэффициенты k -х веществ в r -й реакции.
ω, Ω	– угловая скорость вращательного и прецессионного движения, 1/с.
\mathbf{E}, \mathbf{H} ;	– напряженность электрического (В/м) и магнитного (А/м) поля.
\mathbf{w}, w	– относительная скорость и её модуль, м/с
\mathbf{P}, \mathbf{D}	– векторы поляризации и электрического смещения, Кл/м ² .
Ex, ex	– полная (Дж) и удельная (Дж/кг) эксергия
t	– время, с.

ЛИТЕРАТУРА

Агапов А.С., Уруцкоев Л.И. и др. Обнаружение «странного» излучения и изотопного искажения титана при испытаниях промышленного электротехнического оборудования. // Прикладная физика, 2007. №1. С.37–46/

Андрющенко А.И. Основы технической термодинамики реальных процессов. – М. : Высш. школа, 1975.

Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика.- М. Энергоатомиздат, 1990г.

Базаров И.П. Термодинамика. Изд. 4-е. М.: Высшая школа, 1991.

Балакирев, В.В. Крымский. Низкотемпературная трансмутация химических элементов с выделением энергии при электромагнитных воздействиях. // Известия Челябинского научного центра, вып. 4 (21), 2003.

Больцман Л. О связи между вторым началом механической теории теплоты и теорией вероятностей в теоремах о тепловом равновесии // Избр. труды, М., Наука, 1984. – С.190–235.

Бродянский В.М. Вечный двигатель – прежде и теперь. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

Булатов Н.К., Лундин А.Б. Термодинамика необратимых физико-химических процессов. – М.: Химия, 1984, 334 с.

Вавилов С.И. Эфир, свет и вещество в физике Ньютона // Сб. статей Исаак Ньютон / Под ред. С.И. Вавилова. М.-Л. Изд-во АН СССР, 1943.

Вернадский В. И. Биосфера.- Ленинград, 1926.

Вейник А.И. Термодинамика реальных процессов. – Минск, 1991.

Вукалович М.П., Новиков И.И. Техническая термодинамика. – М.: Энергия, 1968.

Галилей Г. Механика // Избр. Труды. – М., Наука, 1964. –Т.1. – С. 5...175.

-
- Гельмгольц Г.* О сохранении силы. – Л., Гостехиздат, 1934.
- Гельфер Я.М.* История и методология термодинамики и статистической физики. Изд.2–е. – М.: Высшая школа, 1981.
- Герц Г.* Об основных уравнениях электродинамики движущихся тел., 1890. / В кн. У.И. Франкфурт, А.М. Френк «Оптика движущихся тел», Наука, М., 1972, стр. 185.
- Герштейн С.С., Петров Ю.В., Пономарев Л.И.* Мюонный катализ и ядерный бридинг// УФН. **160.** вып. 8. (1990) с.3-46/
- Гиббс Дж.В.* Термодинамические работы. Ч.3. О равновесии гетерогенных веществ.: Пер. с англ. – М. –Л.: Гостехиздат, 1950.
- Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: Мир, 1973, 280 с.
- Гурвич А.А.* Теория биологического поля. М.: Советская наука, 1944.
- Гухман А.А.* Об основаниях термодинамики. –М.: Энергоатомиздат, 1986.
- Денбиг К.* Термодинамика стационарных необратимых процессов. – М.: Изд–во иностр. лит., 1954, 119 с.
- Де Гроот С.Р., Мазур Р.* Неравновесная термодинамика. – М.:Мир, 1964, 456 с.
- Дерягин Б.В. и др.* О возможности ядерных реакций при разрушении твердых тел. // Коллоидный журнал. 1986. т.48, №1. с.12-14.
- Дубров А.П., Пушкин В.Н.* Парапсихология и современное естествознание. М.: Соваминко,1989, 280 с.
- Дирак П.* Пути физики. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 88 с.
- Каратеодори К.* Об основах термодинамики // Развитие современной физики. – М.: Наука, 1964. – С.188...223.
- Карно С.* Размышления о движущей силе огня и машинах, способных развивать эту силу // Второе начало термодинамики. //М.: Гостехиздат, 1934. – С. 17...62.
- Кириллин В., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.* Техническая термодинамика. – М.: Наука,1979.
- Клаузиус Р.* Механическая теория теплоты. // Второе начало термодинамики. – М.: Гостехиздат, 1934. – С.63...99.

Коган И. Обобщение и систематизация физических величин. – Хайфа, 2006.- 207 с.

Козырев Н.А. Избранные труды. – Л.: ЛГУ, 1991. С. 385-400).

Конюшая Ю.П. Открытия советских ученых. М., 1979, 688 с.

Крауфорд Ф. Волны – М.: Наука, 1974.

Кубо Р. Термодинамика. – М., Мир, 1970.

Лагранж Ж. Аналитическая механика. – М. – Л.: Гонти, 1938.

Лаврентьев ММ., Еганова ИЛ. и др //ДАН, 1990, т.314, №2.

Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Изд. 5–е. – М.: Физмашлит, 2004.

Лоренц Г.А. Теории и модели эфира: Пер. с англ./ Под ред. А.К. Тимирязева. М.-Л.: ОНТИ, 1936.

Лойтянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978.

Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло–и массопереноса. – М.: ГЭИ, 1963.

Максвелл Дж. К. Трактат по электричеству и магнетизму. – М.: Наука, 1989, Т.1,2.

Маринов С. Божественная электродинамика, 1993.

Менделеев Д. И. Попытка химического понимания мирового эфира. 2 изд., С.-П., 1910.

Мигдал А.Б. Квантовая физика для больших и маленьких. – М.: Наука, 1989.- 144 с.

Мучник Г.Ф., Рубашов И.Б. Методы теории теплообмена. – М.: Высшая школа, 1974. – Т.1–3.

Ньютон И. Математические начала натуральной философии. Пер. с лат. А.Н. Крылова, Петроград, 1916.

Опарин Е.Г. Физические основы бестопливной энергетики. Ограниченность второго начала термодинамики, М., «Едиториал УРСС», 2003. – 136 с.

Пархомов А.Г. Наблюдение телескопами космического излучения неэлектромагнитной природы. М., 1994. 26 с.

Планк М. Единство физической картины мира. – М.: Наука, 1966. 287 с.

Поливанов К.М. Электродинамика движущихся тел. М.: Энергоиздат, 1982. 192 с.

Потапов Ю.С., Фоминский Л.П. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиций теории движения. – Кишинёв, - 2000.

Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960, 128 с.

Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986.

Пуанкаре А. Избранные труды. - М.: Наука, 1974. Т.3.-С.521, 557-558.

Путилов К.А. Термодинамика. – М.: «Наука», 1971.

Рант З. Эксергия - новый термин для обозначения "технической работоспособности" // Вопросы термодинамического анализа (эксергетический метод) / Пер. - М.: Мир, 1965. - С.11-14.

Ратис Г.Ю., Зубрилин А.М. Топливо для энергетических реакторов управляемого холодного ядерного синтеза. Приоритетная справка №062433 от 04.12.2008.

Седов Л.И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1979. – Т.1.

Сычев В.В. Сложные термодинамические системы. – М.: Энергия, 1970.

Тесла Н. Лекции и статьи. - М., 2003.

Трайбус М. Термостатика и термодинамика. – М.: Энергия, 1970.

Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. М., 2001.- 512 с.

Умов А.И. Избранные сочинения. М. – Л., 1950. – С.203.

Утияма Р. К чему пришла физика. (От теории относительности к теории калибровочных полей). М., Знание, 1986, 224 с.

Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству: Пер. с англ./ Под ред. Т.П. Кравца. М.: Изд-во АН СССР. Т.1. 1947; Т. 2. 1951; Т. 3. 1959.

Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, Т. 1, 1974. С.73; Т. 3, 1976.

Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Мир, 1968.

Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1984. С.903.

Филимоненко И.С. Приоритетная справка № 717239/38 от 27.07.1962.

Филимоненко И.С. Демонстрационная термоэмиссионная установка для ядерного синтеза. // Материалы III научного симпозиума «Перестройка Естествознания»-92, Волгодонск, Россия, 17.04. 1992.

Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – Москва: Наука, 1990. – 288 с.

Форд Р. Загадка вечного двигателя. – М.: Мир, 1987.

Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. – М.: Мир, 1967, 544с.

Чижевский А.Л. К истории аэроионизации. М., 1930 г.

Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.

Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. – М.: Энергия, 1968.

Эйнштейн А. К электродинамике движущегося тела // Собр. науч. тр. – М.: Наука, 1966.

Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики // Собр. науч. тр. – М.: Наука, 1976. – Т.4. – С.357...544.

Эйнштейн А. Творческая биография // Физика и реальность. – М.: Наука, 1985. – С. 131...166.

Эксергетические расчеты технических систем. //Под ред. А.А. Долинского и В.М. Бродянского. – Киев: Наукова думка, 1991.

Энгельс Ф. Электричество. // Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1961. Т. 20. С. 433-485.

Эткин В.А. Феноменологический вывод соотношений взаимности термодинамики необратимых процессов. //Химическая термодинамика и термохимия. – М.: Наука, 1979. – С.8...13.

Эткин В.А. О максимальном КПД нетепловых двигателей //Теплотехника. – М.: Высшая шк., 1980. – Вып.3. – С. 43...51.

Эткин В.А. К термодинамической теории нелинейных необратимых процессов. //Журн. физ. химии, 1985. –Т.59. –№3. – С.560.

Эткин В.А. Метод нахождения координат технических работ. // Изв. вузов. Энергетика, 1985. – №6. –С.86...95.

Эткин В.А. К решению проблемы термодинамических неравенств // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. техн. наук., 1988. – №15. – Вып.4. – С.34...39.

Эткин В.А. Теплота и работа в необратимых процессах //Изв. вузов. Энергетика, 1988. –№4 . –С. 118...122.

Эткин В.А. Об основном уравнении неравновесной термодинамики. //Журн. физ. Химии, 1988– Т.62. –№8. – С.2246...2249.

Эткин В.А. О единственности движущих сил необратимых процессов. // Журн. физ. химии, 1989.- Т.63. –С.1660.

Эткин В.А. К неравновесной термодинамике энергопреобразующих систем // Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук, 1990. – Вып.6. –С.120...125.

Эткин В.А. Метод исследования линейных и нелинейных необратимых процессов. // Журн. физ. химии, 1991. –Т.65. – №3. – С.642.

Эткин В.А. Техническая работоспособность неравновесных систем //Сибирский физико–технич. журнал, 1991. – Вып.6. – С.72...76.

Эткин В.А. Термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии. – Саратов: Изд. –во СГУ, 1991, 168с.

Эткин В.А. Эксергия как критерий эволюции, равновесия и устойчивости термодинамических систем. // ЖФХ, 1992. – Т.66. –№5. – С. 1205...1212.

Эткин В.А. Соотношения взаимности обратимых процессов. //Сиб. Физ. –техн. Журн., 1993. – Вып.1. – С. 2117...2121.

Эткин В.А. Общая мера упорядоченности биологических систем. // Биофизика,1994. –Т.39. –Вып.4. – С.751...753.

Эткин В.А. О форме законов многокомпонентной диффузии. // Журн. физ. химии, 1994. –Т.68. –№12. – С.2115...2119.

Эткин В.А. К неравновесной термодинамике биологических систем. // Биофизика, 1995. –Т.40. – Вып. 3. – С.668...676.

Эткин В.А. Синтез и новые приложения теорий переноса и преобразования энергии: Дисс. ...д–ра техн. наук. М., 1998. – 213 с.

Эткин В.А. О форме законов многокомпонентной диффузии. // Журн. физ. химии, 1994. –Т.68. –№12. – С.2115...2119.

Эткин В.А. Термокинетика (термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии). Гольягти, 1999, 228 с.

Эткин В.А. К термодинамической теории производительности технических систем. // Изв. АН СССР. Энергетика, 2000. – №1. – С.99...106.

Эткин В.А. Условия достижения максимальной мощности в циклах АЭС. // Теплоэнергетика, 2000. – №3. – С. 48...51;

Эткин В.А. Свободная энергия биологических систем // Биофизика, 2003. – Т.48. – № 4. – С.740...746.

Эткин В.А. Энергия и анергия. //Вестник Дома ученых Хайфы, 2006. Т.9. –С.30–38.

Эткин В.А. Нетривиальные следствия системного подхода в физике. // Системные исследования и управление открытыми системами, 2006. – Вып.2. – С.39–44.

Эткин В.А. Многоликая энтропия. //Вестник Дома ученых Хайфы, 2007. –Т.11. – С.15-20.

Эткин В.А. Энергодинамика. Синтез теорий переноса и преобразования энергии.- С.-Петербург, Наука, 2008. 409 с.

Эткин В.А. О потенциале и движущей силе лучистого энергообмена / Вестник Дома Ученых Хайфы, 2010.-Т.2, с.2-6.

Эткин В.А. О законе излучения Планка. / Вестник Дома Ученых Хайфы, 2008.-Т.16, с.12-17.

Ушеренко С.М. Сверхглубокое проникание частиц в преграды и создание композиционных материалов. - Минск: НИИ импульсных процессов, 1998, - 210 с.

Яворский В. Энергия «из ниоткуда». Наука и жизнь, 1998, №10,-С.78-79.

Adamenko S. Controlled Nucleosynthesis. Breakthroughs in Experiment and Theory. Springer, 2007.

Alvarez L.W. Phys. Rev. **105**, 1127 (1957).

Bearden T. Extracting and Using Electromagnetic Energy from the Active Vacuum. Alabama, 2000.

Blondlot M.R. Sur de nouvelles sources de radiations susceptibles de traverser les metaux, les bois. // Academie des sciences, 1903, P.1127.

Clausius R. Die mechanische Warmethorie. Braunschweig, 1876. Bd.1,2.

Dircks H. Perpetuum Mobile , 1870.

Fleishmann M., Pons S. and Hawkins M. Electrochemical Induced Nuclear Fusion of Deuterium// J. Electroanal. Chem., **261**. p.301-308 (1989).

Frolov A.V. On history of cold nuclear fusion in Russia of 1960-s. «New Energy Technologies», Russia, Issue № 3(3), 2001

Etkin V. To the similarity theory of power plants. //Atti del 49o Congresso Nat. ATI.-Perugia, 1994. –V.4. –P.433...443.

Etkin V. Thermokinetics. Synthesis of Heat Engineering Theoreticfl Grounds. – Haifa, 2010. 334 p.

Etkin V. Energodynamics (Thermodynamic Fundamentals of Syn-ergetics) – New York, 2011. 479 p.

Fourier J.B. Theorie analytique de la chaleur. Paris, 1822.

Fick A. Uber Diffusion. Berlin, 1855.

Gibbs J.W. //Trans. Connecticut Academy, 1875. –V.3. – P.108...248.

Gibbs J.W. The Scientific Papers, New York, 1906. – V.1.

Gyarmati I. Introduction to Irreversible Thermodynamics. – Buda-pest, 1960.

Joule J. The Scientific Papers, 1884. –V.1.

Kapanadze T. Energy Transformer, WO 2008/103130, 2008.

Moray T.H., .Moray J.E. The Sea of Energy. Cospray Research In-stitute, 1978.

Lyne W. Occult Ether Physics. - New Mexico, 1996.

Lindemann P.A. Tesla's Radiant Energy, N.Y., 2000.

Lorenz G.A. Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Korpern. Leiden, 1895.

Maxswell J.K. *Treatise on Electricity and Magnetism.* London, 1873.

Mesmer F. Memoire sur la decouverte du magnetisme animal. Paris, 1779.

Moriyam H. Further studies on X-agent. // Shonan Hygiene Institute, Japan, 1975, P.119.

Onsager L. Reciprocal relations in irreversible processes. //Phys. Rev., 1931. – **237**(14). – P.405...426; **238**(12). – P.2265...2279.

Ohm G.S. Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet. –Berlin, 1827.

Pagot J. Radiethese et emission de forme. Paris: Malonit, 1978, 277 p.

Prigogine I. Etude Thermodynamique des Phenomenes Irreversibles. – Liege, 1947, 143 p.

Prigogine I. Order and Haos, Man's new dialog with Nature. – London, 1984.

Ratis Yu.L. Physics of Particles and Nuclei Letters. vol. 2. №6 (129). LNR. Dubna. 2005. pp.374-383.

Sabbata De, S. Fifth Force as Manifestation of Torsion. // Intern. J. Theor. Phys., 1990, №1, P.1.

Taleyarkhan R.P., Nigmatulin R.I. and others. Nuclear Emissions During Self-Nucleated Cavitation. Physical Review Letters, **96**, 034301, 2006.

Tesla, N. Experiments with Alternate Currents of High Potential and High Frequency,» IEE, London, Feb. 1892. (Reproduced in N. Tesla: Lectures * Patents * Articles). –Beograd, 1956, p. L-105.

Thomson W. On a Gyrostatic Construction for Ether. Math. and Phys. Paper, 1890. Vol.1. P.100.

Umov N.A. Albeitung der Bewegungsgleichungen der Energie in kontinuierlichen Kurpern. //Zeitschrift für Mathematik und Physik, Bd. XIX, 1874, H.5.

Vassilatov G. Secrets of Cold War Technology. -Adventures Unlimited Press, 1996 r.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Устранение неопределенности понятия энергия	4
1.1. Причина утраты энергией её изначального смысла	5
1.2. Безуспешность попыток выделить работоспособную часть энергии	7
1.3. Неоднозначность деления энергообмена на теплообмен и работу..	10
1.4. Придание энергии близкого к изначальному смысла	13
1.5. Энергия как наиболее общая функция состояния.....	18
Глава 2. Виды энергии и степень их превратимости	21
2.1. Понятие парциальной энергии и ее аналитическое выражение ...	22
2.2. Параметры основных форм парциальной энергии.....	24
2.3. Упорядоченная и неупорядоченная часть энергии.....	31
2.4. Энергоперенос и энергопревращение, их количественные меры... 33	
2.5. Степень упорядоченности системы и критерии ее эволюции.....	40
Глава 3. Процессы переноса энергии и её носителей	43
3.1. Понятие потока энергии и энергоносителей.....	43
3.2. Феноменологические законы процессов переноса.....	47
3.3. Термодинамическая форма уравнений взаимосвязанных процессов переноса.....	53
3.4. Соотношения взаимности в процессах переноса.....	55
3.5. Эффекты «наложения» в процессах переноса.....	60
Глава 4. Упорядоченная энергия окружающей среды	66
4.1. Эфир, электромагнитное поле или физический вакуум?.....	67
4.2. Описывают ли уравнения Максвелла электромагнитное поле?.....	71
4.3. Обнаружение Н.Тесла различия между электромагнитной и радиантной энергией.....	78
4.4. Экспериментальные подтверждения неэлектромагнитной природы света.....	81
4.5. Силовые поля как напряженное состояние эфира.....	86
Глава 5. Единство законов переноса энергии в веществе и эфире ..	91
5.1. Эфир как источник свободной энергии.....	92
5.2. Движущая сила лучистого энергопереноса	95
5.3. Соответствие закона излучения Планка волновой природе лучистой энергии.....	99

5.4	Силовая природа взаимодействия излучения с веществом.....	103
5.5	Условия равновесия эфира с веществом и причины его нарушения.....	107
Глава 6. Теоретические предпосылки создания альтернаторов...		110
6.1.	Источники энергии альтернаторов. Топливо или эфир?.....	111
6.2.	Теплогенераторы на энергии эфира.....	118
6.3.	Электродинамические конверторы энергии эфира.....	123
6.4.	Магнитодинамические конверторы энергии эфира.....	130
6.5.	Конверторы гравитационной энергии.....	139
Основные обозначения.....		147
Литература.....		149
Содержание.....		158