

УДК 168.521:528.8:536.7

ББК 15.1

И26

*Рекомендовано к печати  
Ученым советом факультета социологии  
Национального технического университета Украины  
“Киевский политехнический институт”  
(Протокол №3 от 22.06.2007)*

*Рецензенты*

А. Т. Лукьянов, канд. филос. наук, доц.

А. А. Андрийко, д-р хим. наук, проф.

Л. А. Гриффен, д-р техн. наук, проф.

*Ответственный редактор*

Б. В. Новиков, д-р филос. наук, проф.

**Игнатович В. Н.**

И 26 Введение в диалектико-материалистическое естествознание: Монография. — Киев: Издательство «ЭКМО», 2007. — 468 с.: ил. — Библиогр.: с.432-460.

ISBN 978-966-8555-78-7

В монографии раскрывается значение материалистической диалектики как мировоззрения, теории и метода познания для теоретических исследований в области естествознания. Даны примеры применения материалистической диалектики при решении конкретных проблем естествознания.

Для философов, физиков, химиков, инженеров, студентов, аспирантов — всех, кто хотел бы освоить научный метод познания истины.

**УДК 168.521:528.8:536.7**

**ББК 15.1**

ISBN 978-966-8555-78-7

© В. Н. Игнатович, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

### Глава седьмая

#### **АНАЛИЗ ЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ ГИПОТЕЗЫ ТЕПЛОЙ СМЕРТИ ВСЕЛЕННОЙ.**

#### **ВВЕДЕНИЕ В КРИТИКУ**

#### **КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ**

|                                                                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Предварительные замечания.....                                                                                        | 295        |
| О гипотезе тепловой смерти Вселенной .....                                                                            | 303        |
| Фридрих Энгельс о гипотезе тепловой смерти Вселенной.....                                                             | 306        |
| Энгельс о превращении форм движения .....                                                                             | 313        |
| Второй закон термодинамики – «закон деградации энергии»? .....                                                        | 318        |
| Физики против «деградации» энергии .....                                                                              | 324        |
| Об ограничениях на преобразования теплоты.....                                                                        | 329        |
| Обсуждение ограничений на преобразования теплоты.....                                                                 | 332        |
| Следует ли из теоремы Карно заключение о невозможности<br>полного преобразования теплоты в другие виды энергии? ..... | 340        |
| Можно ли теплоту преобразовывать в другие виды энергии<br>непрерывно?.....                                            | 346        |
| Теория теплорода как источник представлений о<br>«второсортности» теплоты как вида энергии.....                       | 353        |
| Когда КПД больше 100% .....                                                                                           | 364        |
| Сомнительные выводы из второго закона термодинамики,<br>касающиеся Вселенной .....                                    | 370        |
| Две части второго начала термодинамики. Принцип<br>существования энтропии.....                                        | 371        |
| Общее начало термодинамики.....                                                                                       | 376        |
| О принципе Ле-Шателье – Брауна .....                                                                                  | 380        |
| Второй закон термодинамики и направление природных<br>процессов .....                                                 | 383        |
| Следует ли заключение об эволюции Вселенной из закона<br>возрастания энтропии?.....                                   | 387        |
| Проблема доказательства существования энтропии.....                                                                   | 404        |
| К термодинамике без энтропии.....                                                                                     | 412        |
| К вопросу о необратимости природных процессов.....                                                                    | 416        |
| О вечных двигателях второго рода .....                                                                                | 426        |
| Заключение .....                                                                                                      | 426        |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>                                                                                         | <b>432</b> |
| Приложение 1. Письмо А. И. Вейнику.....                                                                               | 461        |

## Глава седьмая

# Анализ логических оснований гипотезы тепловой смерти Вселенной. Введение в критику классической термодинамики

### Предварительные замечания

В настоящей главе излагаются предварительные результаты применения материалистической диалектики к классической термодинамике. Почему предварительные – читателю станет ясным после прочтения главы.

Заняться исследованиями в области классической термодинамики автор решил после ознакомления с книгой «Термодинамика» [169] члена-корреспондента Академии наук Белорусской ССР доктора технических наук А. И. Вейника<sup>1</sup>. Книга впечатляла логичностью и грандиозностью содержания<sup>2</sup>. Изложенные в книге пять основных законов – сохранения, состояния, переноса, взаимности, диссипации и четыре части теории: статика, кинетика, статодинамика, динамика

---

<sup>1</sup> Недруги А. И. Вейника и разного рода распространители ложных слухов изображают его как лжеученого. В действительности А. И. Вейник был крупным ученым в области термодинамики, теплообмена, теории литья. «Специалисты литейного производства у нас и за рубежом заслуженно считают его основоположником тепловой теории литья...» [73]. Он автор более 20 монографий, более 150 статей, 29 изобретений (список трудов А. И. Вейника, многие его работы, воспоминания о нем представлены на сайте [www.veinik.ru](http://www.veinik.ru)). И тот факт, что под конец жизни А. И. Вейник стал верующим и написал книгу «Почему я верю в Бога» не может ни перечеркнуть, ни умалить его вклад в науку.

<sup>2</sup> Следует отметить, что автор не сразу оценил книгу А. И. Вейника по достоинству. Первое впечатление было резко отрицательным. Автор, наверное, как и все выпускники технических вузов, был воспитан в глубоком уважении к классической термодинамике. И когда прочитал первое предложение предисловия «Термодинамика – это вовсе не та наука, которую обычно привыкли понимать под этим словом» [169, с.5], то, имея начальное понятие о диалектике, прокомментировал это так: «Метафизик? Все ошибались и ошибаются?». И насторожился. Читая дальше, постоянно обращал внимание на ошибочные и неудачные выражения, такие как, например, «движение составляет неотъемлемую часть материи» [там же, с.13]. Крайне неприятное впечатление произвело на автора то, что в перечне элементарных форм движения, наряду с перемещательной, вращательной, химической и др. были названы «ощущательная зрительная», «слуховая», «осязательная», «вкусовая» [там же, с.49-51]. Но так как автор после этого продолжил просматривать книгу, то вскоре обнаружил в ней много такого, на фоне чего все эти неудачные места стоило не замечать.

— охватывали все явления природы и все существующие феноменологические теории <sup>1</sup>. Все физические законы в этой книге были представлены как следствия одного основного постулата теории, что, с одной стороны, демонстрировало мощь термодинамики, а с другой — заставляло задуматься над действительным содержанием этих законов. В курсе А. И. Вейника не было резких непреодолимых границ между теплотой и другими формами движения (тепловые явления описывались с помощью понятия термического заряда — аналога электрического заряда), между обратимыми и необратимыми процессами, которые отличались только количественно. В книге излагалась очень интересная теория термодинамической пары <sup>2</sup>, демонстрировалась ошибочность теории термопары В. Томсона. Идея, согласно которой любое свойство любой термодинамической системы является функцией всех обобщенных координат системы, позволяла предсказывать множество эффектов в различных системах без изучения механизмов протекающих в них процессов <sup>3</sup>. В книге сообщалось о множестве неизвестных автору фактов, эффектов. Наконец, в этой книге автор впервые встретил критику теории относительности.

---

<sup>1</sup> Краткое изложение основных идей этого курса дается в брошюре «Новая система термодинамики обратимых и необратимых процессов» [167], расширенное — в книге «Теория движения» [172].

<sup>2</sup> Термодинамическая пара — два родственных проводника, замкнутых в цепь, спаи которой находятся при различных значениях определенного потенциала [169, с.303]. Ознакомившись с теорией термодинамической пары, автор пришел к выводу, что процесс разряда литий-диоксидмарганцевого ХИТ следует рассматривать не как движение по замкнутой цепи электрического заряда, которое сопровождается химическими процессами на электродах, а как совокупность процессов распада атома лития на электрон и ион лития, перехода электрона по металлическому проводнику, иона по электролиту к диоксиду марганца и внедрение их в диоксид марганца. При этом понимании становится очевидной роль контактной разности потенциалов в образовании электродвижущей силы (ЭДС) цепи: поскольку токообразующий процесс включает переход электрона от одного электрода к другому, то ЭДС зависит от разности работ выхода электрона из материалов электродов.

<sup>3</sup> Основываясь на этой идее, автор решил, что перспективным направлением усовершенствования ХИТ системы литий — диоксид марганца является обработка диоксида марганца солями переходных металлов. Автор рассуждал так: известно, что на свойства диоксида марганца существенное влияние оказывает термическая обработка. Химическая обработка, как модифицирующая состав, может оказать влияние на свойства диоксида марганца не меньшее, чем термическая обработка. Поскольку диоксид марганца является нестехиометрическим соединением, полупроводником, введение в его состав каких-то ионов переходных металлов в незначительных количествах может заметно изменить его электрохимические и каталитические свойства. Как именно, априори неизвестно. Нужно провести обработку различными солями и затем применять те, которые окажут положительный эффект.

В то же время эта «Термодинамика» вопиюще противоречила обычным курсам – уже из-за отказа от понятия энтропии, играющего центральную роль в традиционном построении термодинамики.

Книга А. И. Вейника заставила серьезно задуматься. В вузе автор твердо усвоил, что классическая термодинамика является наиболее незыблемой частью теоретической физики, основные законы которой дошли до нас в неизменном виде с середины XIX века, несмотря на случившуюся в начале XX века революцию в физике. Самое точное соответствие теории и эксперимента в области физической химии или электрохимии имеется в измерениях термодинамических величин. Курсы термодинамики производят впечатление фундаментальности, логичности, основательности. Но ведь книга А. И. Вейника по своим основным положениям и построению ничуть не уступала традиционным курсам. Кроме того, из этой книги автор узнал о некоторых результатах исследований А. А. Гухмана в области оснований термодинамики, которые заставляли с недоверием отнестись к традиционным курсам.

Неизвестно, что было бы дальше, если бы к моменту знакомства с книгой А.И. Вейника автор не освоил в какой-то мере материалистическую диалектику. Возможно, отложил бы книгу в сторону и со временем забыл бы о ней.

Но так как автор не только познакомился с материалистической диалектикой, в которой увидел универсальный метод познания, но и желал применить этот метод, однако не встречал задач, в которых его можно было бы применить в полной мере, то после некоторых размышлений решил, что исследования в области термодинамики – хорошая область применения этого метода.

В июне 1985 г. автор написал А. И. Вейнику письмо (см. Приложение 1), в котором изложил важнейшие положения диалектико-материалистической теории познания, высказал мнение, что его теория нуждается в обосновании и в усовершенствовании, а также выразил готовность принять участие в этой работе. Однако после получения двух писем А. И. Вейника и состоявшегося полгода спустя 40-минутного разговора с ним, автор пришел к выводу, что доктор наук не воспринял молодого инженера серьезно <sup>1</sup>, и решил заняться исследованиями термодинамики самостоятельно, а общение с А. И. Вейником возобновить только после публикации серьезных результатов.

---

<sup>1</sup> Возможно, дело обстояло по-другому. В разговоре А. И. Вейник советовал автору не углубляться в термодинамику, сказал, что в свое время ему «надавали по темечку». Недавно автор узнал, что это означало. Спустя некоторое время после выхода третьего издания «Термодинамики» А. И. Вейника отстранили от преподавания и руководства аспирантами, а книгу изъяли из библиотек и книжных магазинов Белоруссии (см. [173]).

Разумеется, целью исследований не могло быть «философское» обоснование теории А. И. Вейника. Во-первых, автор всегда помнил слова Э. В. Ильенкова: «Превращенная в простое орудие доказательства заранее принятого (или заданного) тезиса, она (диалектика, диалектическая логика – В. И.) становится софистикой, лишь внешне похожей на диалектику, но пустой по существу» [288, с.7]. Во-вторых, обосновывать «философски» теорию А. И. Вейника автор не намеревался еще и потому, что видел не только ее достоинства, но и недостатки.

Так, критикуя понятие энтропии, А. И. Вейник оставил без рассмотрения химическую термодинамику, в которой энтропия играет важнейшую роль при расчетах химических равновесий, не показал, как нужно излагать химическую термодинамику, где вместо энтропии будет использоваться термический заряд. Перечисляя элементарные формы движения, А. И. Вейник назвал несколько механических (перемещательная, колебательная, вращательная и др.), однако все многообразие химических превращений обозначил одним термином – «химическая форма движения», хотя того, что можно назвать элементарными химическими формами движения, существует столько, сколько типов химических реакций. Объявив основным постулатом своей теории положение о существовании обобщенного заряда, А. И. Вейник как-то вскользь упомянул о том, что элементарные формы движения превращаются друг в друга, хотя, разумеется, взаимные превращения форм движения лежат в основе их связи и в основе основного постулата его теории. Наконец, А. И. Вейник утверждал, что элементарные формы движения существуют реально, а элементарные частицы рассматривал как ансамбли форм движения, тогда как реально существуют различные частицы, а электрический и другие заряды – это абстракции. Видел автор и другие недостатки теории А. И. Вейника.

Главным же недостатком этой теории было то, что она, как и традиционные курсы, излагалась аксиоматически, а не как результат критической переработки традиционной классической термодинамики. Теория Вейника выглядела как нечто стоящее рядом с традиционной системой термодинамики. Таким изложением А. И. Вейник словно говорил читателям: уверуйте в основной постулат моей теории, и вам откроется истина! То, что истина откроется, он демонстрировал едва ли не на каждой странице своей книги, выводя из основного постулата теории многочисленные законы физики и предсказывая новые эффекты. Но так как в его книге не было перехода от традиционной системы термодинамики к новой, так как использовалась новая терминология, то любой сторонник традиционной системы мог обвинить А. И. Вейника в том, что он излагает известные вещи новыми словами, и игнорировать его теорию.

В письме А. И. Вейнику автор писал:

«Ваша общая теория как раз делает переворот в физике как логике.

Нужно раскрыть сущность этого переворота. А для этого недостаточно показать, что общая теория в большинстве случаев соответствует традиционным теориям и не противоречит опытным данным. Для объяснения каждого факта в физике имеется добрый десяток разных теорий, и появление еще одной ничего не меняет. Нужно поэтому показать, что появление общей теории — не результат какой-то игры ума, а закономерный этап развития физики как логики.

Для этого необходимо то, что Вы показали в «Термодинамике», дополнить рассмотрением истории понятий физики, т.е. осуществить в общей теории единство логического и исторического, как того требует Логика. Только проследивая развитие понятий физики, можно доказать необходимость понятий обобщенного заряда, элементарной формы движения и других».

Соответственно, автор видел задачу в том, чтобы дополнить сделанное А. И. Вейником критикой традиционной системы классической термодинамики. Согласно диалектической логике эта критика должна быть имманентной, должна быть самокритикой классической термодинамики. Нужно было осуществить в теории **переход** от традиционной системы термодинамики к новой. А для этого следовало стать на позиции традиционной системы классической термодинамики, проанализировать эту систему, выявить в ней противоречия (в ней самой, действуя так, будто никакой системы Вейника не существует!), определить возможные пути их разрешения, выбрать из этих путей лучший и таким образом перейти к новой теории. Разумеется, нельзя гарантировать заранее, что этой новой теорией окажется теория А. И. Вейника

Какие же в термодинамике есть противоречия, демонстрирующие необходимость существенного изменения этой теории?

Первое, что бросается в глаза тому, кто знаком с диалектикой и начинает знакомиться с термодинамикой, — это противоречащая начальным положениям диалектики непреодолимая пропасть между теплотой и другими формами движения, которую утверждает термодинамика. Эта пропасть намечается уже в первом начале термодинамики, где говорится, что изменение внутренней энергии системы равно сумме подведенной к системе теплоты и совершенной системой работы. Далее, во многих курсах термодинамики можно прочитать, что все виды энергии легко и полностью превращаются в теплоту, в то время как обратное превращение, в соответствии со вторым законом термодинамики, подчиняется ряду ограничений, что тоже сомнительно с точки зрения диалектики. Согласно термодинамике, существует абсолютный нуль температуры, в то время как об абсолютных нулях других потенциалов никто не пишет. Наконец, согласно термодина-

мике в любой изолированной системе энтропия возрастает по мере приближения системы к равновесию и достигает максимума в состоянии равновесия, — получается, что максимум энтропии есть абсолютный критерий равновесия, что тоже сомнительно, если «всякое равновесие лишь *относительно и временно*» [10, с.562].

Однако было бы крайне легкомысленным основывать критику классической термодинамики на такого рода противоречиях. В конце концов, эти противоречия существуют много десятилетий, и никому до них нет дела.

И вот, размышляя, на чем основать критику классической термодинамики, автор обнаружил в «Диалектике природы» Энгельса фрагмент, который начинается так: «В каком бы виде ни выступало перед нами второе положение Клаузиуса и т.д., во всяком случае, согласно ему, энергия теряется, если не количественно, то качественно» [10, с.600], а заканчивается словами «Ad absurdum!»<sup>1</sup>, и сразу понял, как следует построить критику классической термодинамики. Ведь этот фрагмент можно было истолковать как опровержение второго начала термодинамики (в формулировке Клаузиуса) путем приведения его к абсурду.

В курсах философии, физики и термодинамики, издаваемых в СССР, часто писали о гипотезе тепловой смерти Вселенной, приводили аргументы в пользу ее несостоятельности, однако, знакомясь с этими аргументами, несложно было убедиться в том, что полной ясности в этом вопросе нет, в чем некоторые авторы признавались открыто. Всегда подчеркивалось, что гипотеза тепловой смерти Вселенной возникла вследствие того, что Р. Клаузиус ошибочно распространил второе начало термодинамики на всю Вселенную, а из второго начала термодинамики такой вывод не следует. Однако на основании процитированного фрагмента можно было заключить, что Энгельс — тот самый Энгельс, которого в Советском Союзе называли одним из классиков единственно научной философии диалектического материализма, — как и Клаузиус, выводил из второго начала термодинамики заключение о тепловой смерти Вселенной, из чего, однако, делал заключение о ложности «второго положения Клаузиуса!» В связи с этим можно было рассмотреть вопрос: может ли второе начало термодинамики служить основанием для заключения о грядущей тепловой смерти Вселенной?

Это существенно меняло ситуацию. Теперь уже критические исследования второго закона (начала) термодинамики выглядели не как придирки дилетанта к вещам, которых он не понимает, а как поиски решения существующей более ста лет нерешенной проблемы и, как тогда казалось автору, не могли вызывать возражений. Ведь для исследования вопроса о выводимости из второго закона термодинамики

---

<sup>1</sup> Полностью этот фрагмент приводится ниже.



ошибочных заключений, необходимо было проанализировать его содержание — не провозглашая целью опровержение этого закона.

Помня, что все развивается, что теория развивается в результате совместной деятельности множества теоретиков на протяжении многих лет, автор предпринял изучение работ по термодинамике — в первую очередь, классиков. Спустя некоторое время обнаружил, насколько прав был А. А. Любищев — множество критических замечаний, высказанных автором по поводу тех или иных положений термодинамики, он потом находил у того или иного классика. Разумеется, в этих случаях свои слова с удовольствием заменял соответствующими цитатами: одно дело, когда то или иное положение, которое приводится в современном курсе термодинамики в качестве истинного, критикует никому не известный автор, другое — классик науки Макс Планк.

Помня, что не только природа, но и теории развиваются по законам диалектики, автор руководствовался словами Энгельса: «...как в истории, как и в ее литературном отражении, развитие в общем и целом происходит также от простейших отношений к более сложным... С чего начинается история, с того же должен начинаться и ход мыслей...» [21, с.497]. Применительно к термодинамике автор сделал вывод: следует изучать развитие второго начала термодинамики от простейшей и наиболее ранней формулировки до позднейших.

Автор помнил и такие слова Энгельса, сказанные, правда, о действительности, но применимые и к развитию теорий: «...обнаруживаются противоречия, которые требуют разрешения. Но так как мы здесь рассматриваем не абстрактный процесс мышления, который происходит только в наших головах, а действительный процесс, некогда совершавшийся или все еще совершающийся, то и противоречия эти развиваются на практике и, вероятно, нашли свое разрешение. Мы проследим, каким образом они разрешались...» [21, с.498].

Применительно к развитию теорий эту мысль можно изложить так: анализируя термодинамику, можно обнаружить противоречия, которые требуют разрешения. Но так как мы не создаем новую теорию, анализируя факты, а рассматриваем историческое развитие классической термодинамики, то эти противоречия должны были быть обнаружены теоретиками, которые предложили их разрешение. Поскольку термодинамику излагают аксиоматически (и метафизически — как свод неизвестно откуда взявшихся истин), то принято умалчивать об этих противоречиях. Нужно выявить эти противоречия, выяснить, как они разрешались в истории науки, и представить современное состояние термодинамики как результат определенного диалектического развития.

Сознавая сложность задачи, автор не устанавливал себе никаких сроков в отношении завершения исследования. Только сразу твердо решил ничего не публиковать до тех, пока не разберется в проблеме до конца и пока не получит ученую степень кандидата наук. С одной

стороны, считал, что, прежде чем опубликовать критику классической науки, нужно быть абсолютно уверенным в истинности полученных результатов, с другой — полагал, что наличие ученой степени у автора придает любой статье большую убедительность.

Разумеется, начав с исследований логических оснований гипотезы тепловой смерти Вселенной, автор этим не ограничился, а исследовал обоснованность многих сомнительных с точки зрения диалектики положений термодинамики. В частности, поскольку А. И. Вейник в своем курсе отказался от понятия энтропии, автор много внимания уделял выяснению содержания понятия энтропии в классической термодинамике, его месте и его необходимости в этой теории.

В соответствии с принципом «Подвергай все сомнению!», автор пытался опровергать вроде бы бесспорные положения термодинамики. Однажды сделал расчет и убедился в том, что для машины Карно, у которой цилиндр имеет высоту один километр (и, соответственно, давление газа в цилиндре падает с высотой), величина  $\delta Q/T$  является полным дифференциалом. В другой раз, с целью опровержения теоремы Карно, начал рассматривать систему, в которой газ разделен на две части подвижной перегородкой, не проводящей тепла, однако оставил эту задачу<sup>1</sup>, не придя ни к какому определенному выводу. Однажды из-за элементарной ошибки пришел к выводу, что КПД цикла Карно с диссоциирующим газом превышает то значение, которое следует из теоремы Карно<sup>2</sup>. Ошибку обнаружил только через два года. Недавно утверждение о том, что, применяя диссоциирующий газ, можно повы-

---

<sup>1</sup> По-видимому, зря — см. [262, 263].

<sup>2</sup> К этому «открытию» автор пришел не сразу. Сначала прочитал, что КПД цикла Стирлинга равен КПД цикла Карно [300, с.111-112], затем, что КПД цикла Стирлинга повышается при применении диссоциирующего газа [581, с.156]. Решил рассчитать КПД цикла Карно для такого газа. Не умея рассчитывать адиабату для диссоциирующего газа, заменил адиабатическое расширение охлаждением при постоянном объеме и последующим изотермическим расширением — так, чтобы количество теплоты, выделившееся в первом процессе, равнялось количеству теплоты, поглощенной во втором. При этом допустил элементарнейшую ошибку — не учел, что теплота процесса зависит от пути перехода системы из начального состояния в конечное. Затем проверил, является ли величина  $\delta Q/T$  полным дифференциалом для смеси реагирующих газов. В преобразованиях больших формул снова допустил ошибку и получил, что  $\delta Q/T$  не является полным дифференциалом. После этого начал разрабатывать метод численного расчета цикла Карно для диссоциирующего газа. Прошло почти два года, прежде чем выполнил этот расчет (на программируемом микрокалькуляторе МК-56) для смеси  $N_2O_4$  с гелием. Получил, что для этой смеси КПД выше, чем следует из теоремы Карно. Повысил точность расчета. Разница стала меньше. Заподозрив неладное, проверил расчет дифференциала и получил, что для диссоциирующего газа  $\delta Q/T$  — полный дифференциал. Только после этого обнаружил ошибку, послужившую основой персонального ложного вывода.

силь КПД цикла Карно, прочитал в книге Е. И. Опарина [463, с.63-64] и молча порадовался, что в свое время не поспешил с обнародованием своего «открытия».

В ходе проведения исследований никогда не забывал правила, сформулированные Р. Декартом в «Рассуждении о методе», которые названы в третьей главе.

Помнил автор и главный вывод, который сделал из чтения статьи А.А. Любищева «Уроки самостоятельного мышления», – не доверять сочинениям по истории науки и по возможности обращаться к первоисточникам.

И, разумеется, занимаясь поиском противоречий и некорректностей в фундаментальных курсах и в сочинениях классиков физики, автор имел возможность неоднократно убедиться в том, насколько прав был Маркс, когда написал: «...у входа в науку, как и у входа в ад, должно быть выставлено требование: «Здесь нужно, чтоб душа была тверда, // Здесь страх не должен подавать совета» [4, с.9].

Заметим, вопреки тому, что пишут иные физики и философы, интуиция не играла никакой роли в проводимых автором исследованиях. Каждый шаг в исследовании автор совершал целенаправленно, руководствуясь теми или иными принципами диалектической логики.

## **О гипотезе тепловой смерти Вселенной**

О гипотезе тепловой смерти Вселенной и о том, почему она несостоятельна, сообщается едва ли не всех курсах философии, физики, термодинамики, изданных в СССР в 50–80-е гг. XX в., а также в энциклопедиях и книгах по истории физики (см. например [72, с.103-105; 101, с.83-84; 199, с.228-236, с.395-406; 211, с.156-158; 304, с.98-100; 307; 318, с.173-175, 233-240; 347, с.419-420; 369, с.45-46; 404, с.60-61; 502, с.651-658; 503, с.139-142; 545, с.88-92; 582, с.294-302; 590, с.744-745; 591, с.122-136; 597, с.224; 601, с.430; 655, с.200-202]).

«Тепловая смерть Вселенной – гипотетическое состояние мира, к которому якобы должно привести его развитие в результате превращения всех видов энергии в тепловую и равномерного распределения последней в пространстве; в таком случае Вселенная должна прийти в состояние однородного изотермич. равновесия, характеризуемого макс. энтропией. Допущение т.с.в. формулируется на основе абсолютизации второго начала термодинамики, согласно которому энтропия замкнутой системы может только возрастать» [597, с.224].

Доказывая несостоятельность гипотезы тепловой смерти Вселенной, большинство авторов учебников противопоставляют ей так называемую флуктуационную гипотезу Больцмана.

Но почитаем внимательно Больцмана.

«Можно представить себе Вселенную как механическую систему, состоящую из громадного числа составных частей, и с громадной продолжительностью существования...»

Тогда во Вселенной, которая в общем везде находится в тепловом равновесии, т.е. мертва (! – В. И.), то тут то там должны существовать сравнительно небольшие области протяженности звездного пространства..., которые в течение сравнительно короткого времени значительно отклоняются от теплового равновесия...» [129, с.328] (см. там же, с.320-321, с.421, с.461).

Таким образом, опровержение гипотезы тепловой смерти Вселенной, данное Больцманом, является очень своеобразным: Вселенная не стремится к состоянию тепловой смерти, поскольку всегда находится в этом состоянии. Думается, к этой гипотезе вполне применима оценка, которую Фридрих Энгельс дал теории Кювье: «Теория Кювье о претерпеваемых Землей революциях была революционна на словах и реакционна на деле. На место одного акта божественного творения она ставила целый ряд повторных актов творения и делала из чуда существенный рычаг природы» [10, с.352]. Ведь, по Больцману, материя изначально присуще стремление к тепловому равновесию, хаосу, а порядок, гармония возникает только благодаря случаю.<sup>1</sup>

Другие известные опровержения гипотезы тепловой смерти Вселенной тоже не лучше. Какого-либо абсолютно равновесного состояния у Вселенной не существует, поскольку «в нее входят структурные элементы все возрастающего порядка сложности» [597, с.224], поскольку «Вселенная не является изолированной системой» [72, с.104] и «состоит из бесконечного числа частиц» [там же, с.104-105]. «Возрастание энтропии во Вселенной не ведет к достижению ее термодинамического равновесия», если учесть «действие во Вселенной гравитационных полей» [72, с.105] (см. также [211, с.157; 369, с.46; 591, с.134-136; 597, с.224]).

Не составляет никакого труда продемонстрировать несостоятельность и этих опровержений.

Во-первых, гипотеза о тепловой смерти Вселенной вызывала решительные возражения материалистов потому, что под Вселенной понимается движущаяся материя, а сама гипотеза является отрицанием положения диалектического материализма о неуничтожимости движения как атрибута материи. Но так как «в мире нет ничего, кроме движущейся материи» (В. И. Ленин) [57, с.104], а изолированной в

---

<sup>1</sup> «Нужно сказать, что такая концепция жизни мира не может быть признана вполне удовлетворительной. Мы не можем примириться с мыслью, что процессы становления во Вселенной имеют характер мимолетных вспышек на фоне всеобщей смерти. Этой гипотезой исключается возможность циклического развития мира, который наделяется всеми признаками статистически равновесной системы, изредка испытывающей пространственно-временные флуктуации» [245, с.168].

термодинамике называется система, «не обменивающаяся с внешними телами ни энергией, ни веществом (в том числе и излучением)» [101, с.17], то ложным является утверждение, будто Вселенная не является изолированной системой<sup>1</sup>.

Во-вторых, понимая движение как атрибут материи, можно ли считать опровержением гипотезы тепловой смерти Вселенной тот вывод, что материя не придет в равновесие, молчаливо соглашаясь с тем, что она стремится к равновесию?

Наконец, главное: всякое опровержение является доказательством тезиса, противоречащего опровергаемому. Неужели для доказательства тезисов «материя немыслима без движения» [10, с.391], «движение несотворимо и неуничтожимо» [10, с.392] — а именно так в диалектическом материализме понимается неуничтожимость движения — достаточно указать, что во Вселенной есть гравитационные поля или что Вселенная состоит из бесконечного числа частиц?

Названные тезисы есть основополагающие положения диалектического материализма и, подобно тезису о материальном единстве мира, доказываются «не парой фокуснических фраз, а длинным и трудным развитием философии и естествознания» [14, с.43] — как вывод всей истории развития человеческого познания на основе всего фактического материала науки.

А чего стоят все существующие названные выше опровержения вывода о грядущей тепловой смерти Вселенной, видно по тому, что этот вывод под названием термодинамический парадокс в современной космологии преподносится как необходимое следствие второго закона термодинамики и используется для опровержения положения о Вселенной, движущейся в круговороте (см. предыдущую главу).

---

<sup>1</sup> Более того, «в термодинамике, когда мы говорим об изолированной системе, мы имеем в виду такую совокупность тел, на которую извне не производится механических и термических воздействий, но (это чрезвычайно важно и необходимо для хода доказательства) мы предполагаем, что при желании воздействия на систему могут быть произведены... Но мир представляет собой нечто целое; это «изолированная система» в философском, а не в термодинамическом смысле этого слова: это такая изолированная система, которая по самой сути своей никогда не может испытывать внешних воздействий, никогда не может ни отдавать, ни получать тепло» [503, с.140].

Высказывалось и противоположное мнение: «...гравитационное поле не может быть само включено в состав замкнутой системы (Вселенной — В.И.) **ввиду того, что при этом обратились бы в тождество законы сохранения, являющиеся... основой статистики. Благодаря этому в общей теории относительности мир как целое должен рассматриваться не как замкнутая система, а как система, находящаяся в переменном гравитационном поле...**» (выделено мной — В.И.) [369, с.46].

По этому поводу повторим вслед за Энгельсом: «...идеальная потребность математика весьма далека от того, чтобы быть принудительным законом для реального мира» [14, с.51].

На основе изложенного можно заключить, что, вопреки уверениям ряда советских философов, проблема тепловой смерти осталась нерешенной и в конце XX века.

Некоторые авторы признавали это открыто.

«Считая совершенно неверной приведенную формулировку второго закона («Энтропия мира стремится к максимуму» — В.И.) и выводы из нее с точки зрения материалистической философии, все-таки следует указать на незавершенность до настоящего времени физического решения проблемы» [237, с.214].

«...Эта пресловутая проблема оказалась не такой простой, как это думали некоторые физики и философы... Обилие различных гипотез, выдвигаемых для ее решения, показывает, что она отнюдь не тривиальна и еще далека от своего полного решения» [199, с.406].

Такое положение, на наш взгляд, в значительной мере обусловлено тем, что авторы, доказывавшие несостоятельность гипотезы тепловой смерти Вселенной, действовали так, будто никогда не читали работ Фридриха Энгельса.

## **Фридрих Энгельс о гипотезе тепловой смерти Вселенной**

В письме Марксу от 21 марта 1869 года Фридрих Энгельс писал:

«Превращение сил природы, особенно превращение теплоты в механическую силу и т.д., послужило в Германии поводом для нелепейшей теории, которая, впрочем, до известной степени неизбежно вытекает из старой Лапласовской гипотезы, но теперь доказывается, так сказать, математически, что мир становится все холоднее, что температура в пределах Вселенной все более выравнивается, и что в конце концов наступит момент, когда всякая жизнь станет невозможной, и весь мир будет состоять из замерзших, вращающихся один вокруг другого шаров. Я жду теперь, что попы ухватятся за эту теорию как за последнее слово материализма. Ничего глупее нельзя придумать. Так как, согласно этой теории, в существующем мире количество теплоты, которое должно превратиться в другие виды энергии, все более превышает количество других видов энергии, которые могут превратиться в теплоту, то естественно, что первоначальное горячее состояние, с которого начинается охлаждение, становится абсолютно необъяснимым и даже бессмысленным и предполагает поэтому существование бога. Первый толчок Ньютона превращается в первое нагревание. И все же теория эта считается тончайшим и высшим завершением материализма. А господа эти скорее сконструируют себе мир, который начинается нелепостью и нелепостью кончается, чем согласятся видеть в этих нелепых выводах доказательство того, что их так называемый закон природы известен им до сих пор лишь наполовину» [47, с.228-229].

В письме можно выделить две части. Сначала Энгельс сообщает о «нелепейшей теории», излагает выводы из нее (то, что «доказывается, так сказать, математически») и дает оценку, по-видимому, и теории, и выводам: «Ничего глупее нельзя придумать».

Вторая часть письма содержит следующее рассуждение: так как согласно упомянутой теории «в существующем мире количество теплоты... все более превышает количество других видов энергии», то, утверждает Энгельс, «естественно», что первоначальное состояние «становится абсолютно необъяснимым» и предполагает существование бога, первого толчка. Из этих «нелепых выводов» Энгельс заключает, что некий «так называемый закон природы» известен естествоиспытателям лишь наполовину.

Хотя этот закон и не назван, из контекста следует, что это — либо утверждение «в существующем мире количество теплоты... все более превышает количество других видов энергии», либо утверждение, которое называли законом природы, из которого логически следует предыдущее утверждение. Несомненно также, что, по мнению Энгельса, появление нелепых выводов обусловлено ошибочностью «так называемого закона природы». Следовательно, для опровержения вывода о тепловой смерти Вселенной необходимо опровергнуть те ложные положения, из которых этот вывод следует — положение о преобладании во Вселенной перехода всех видов энергии в тепловую над обратными процессами либо так называемый закон природы, логическим следствием которого является это положение.

В тех опровержениях гипотезы тепловой смерти Вселенной, о которых сообщает учебники и энциклопедии, вопрос о протекании во Вселенной превращения всех видов энергии в тепловую не обсуждается; второе начало термодинамики — физический закон, «на основе абсолютизации» [597, с.224] которого формулируется гипотеза тепловой смерти Вселенной, сомнению не подвергается. Таким образом, подходы к проблеме тепловой смерти Вселенной, представленные в учебниках, противоречат мнению Энгельса, высказанному им в письме Марксу. Не исключено, что вследствие этого советским философам не удалось найти решение проблемы тепловой смерти Вселенной. Любопытно, что ссылки на данное письмо в литературе встречаются крайне редко, хотя на русском языке оно впервые было опубликовано в 1931 г. — в 24 т. первого издания сочинений Маркса и Энгельса (см. [47, с.229]).

В 1875 году Энгельс написал следующую заметку:

«В каком бы виде ни выступало перед нами *второе положение Клаузиуса и т.д.*, во всяком случае, согласно ему, энергия теряется, если не количественно, то качественно. *Энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться.* Мировые часы сначала должны быть заведены, затем они идут, пока не придут в состояние рав-

новесия, и только чудо может вывести их из этого состояния и снова пустить в ход. Потраченная на завод часов энергия исчезла, по крайней мере в качественном отношении, и может быть восстановлена только путем *толчка извне*. Значит, толчок извне был необходим также и вначале; значит, количество имеющегося во Вселенной движения, или энергии, не всегда одинаково; значит, энергия должна была быть сотворена; значит, она сотворима; значит, она уничтожима. *Ad absurdum!*» [10, с.600].

По мнению ряда авторов, в этой заметке дается философская критика теории (гипотезы) тепловой смерти с позиций диалектического материализма (см. например [72, с.104; 199, с.232; 211, с.156; 655, с.200-201]). С таким мнением нельзя согласиться, если учесть, что в рассмотренном выше письме Марксу **философская критика** этой гипотезы выражается четырьмя словами: «Ничего глупее нельзя придумать». Маловероятно, чтобы шесть лет спустя Энгельс настолько усомнился в этом выводе, что **в написанной для себя заметке** стал вдруг проверять обоснованность своего заключения.

Некоторые авторы увидели в этой заметке критику попыток распространения второго начала термодинамики на всю Вселенную (см. [318, с.235; 545, с.89]). С такой оценкой можно было бы согласиться с некоторыми оговорками, если бы заметка начиналась предложением: «*Энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться*». Эта формулировка — не что иное как распространенный на все естественные процессы закон возрастания энтропии (который называется еще вторым началом термодинамики для необратимых процессов) [590, с.95; 322, с.282-286; 655, с.197-198]. В этом случае можно было бы сказать, что Энгельс получил абсурдный вывод о первом толчке, исходя из распространенного на всю Вселенную второго начала термодинамики (распространенного на все протекающие в природе процессы закона возрастания энтропии), из чего следует недопустимость такого распространения, т.е. ложность утверждения «энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться». Нужно однако учесть, что положение о возрастании энтропии непосредственно не используется в тех рассуждениях, которые следуют после него. Неочевидно, что из посылки «энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться» следует заключение о том, что мировые часы придут в состояние равновесия. Многие авторы (см. например [369, с.45-46; 590, с. 744-745; 591, с.122-136; 597, с.224; 601, с.430]) утверждают, что энтропия возрастает во всех естественных процессах, но Вселенная не придет в равновесие.

Однако перед формулировкой «*Энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться*» положения о возрастании энтропии Энгельс написал: «В каком бы виде ни выступало перед нами *второе положение Клаузиуса и т.д.*, во всяком случае, согласно ему, энергия теряется, если не количественно, то качественно» Если



учесть, что «неуничтожимость движения надо понимать не только в количественном, но и в качественном смысле» [10, с.360], то слова «согласно второму положению Клаузиуса энергия терется качественно» по сути означают, что второе положение Клаузиуса является ложными. Если предположить, что формулировка «энтропия не может уничтожаться естественным путем, но зато может создаваться» послужила Энгельсу основанием для утверждения «согласно второму положению Клаузиуса энергия терется качественно...», то можно увидеть, что в приведенной заметке дается опровержение путем приведения к абсурду (*reductio ad absurdum*) утверждения Клаузиуса, что энергия терется качественно (либо второго положения Клаузиуса, поскольку это положение утверждает, что энергия терется качественно). Допуская, что энергия терется качественно, Энгельс заключает, что в будущем энергия исчезнет в качественном отношении, что мир придет в равновесие, что когда-то был первый толчок, что энергия сотворима и уничтожима. Из этих абсурдных выводов следует ложность принятого допущения.

Теперь спросим: какое второе положение Клаузиуса имел в виду Энгельс? В курсах термодинамики приводится «второе начало термодинамики в формулировке Клаузиуса», которое является аксиомой и гласит: «Невозможен процесс, при котором теплота самопроизвольно переходила бы от холодных тел к телам нагретым» [590, с.95]; (см. также [294, с.66; 655, с.195]) (в несколько другой формулировке: «Невозможен процесс, единственным результатом которого был бы переход теплоты от холодного тела к телу нагретому»). Но в таком случае непонятными являются слова: «в каком бы виде ни выступало перед нами...». Вряд ли они были написаны по поводу двух немного отличающихся формулировок. Какие виды «второго положения Клаузиуса» имел в виду Энгельс?

Чтобы найти ответ на этот вопрос, автор обратился к работе Клаузиуса «Механическая теория тепла» [329, 661], ссылки на которую неоднократно встречаются в «Диалектике природы», и обнаружил, что там есть термин «Второе начало механической теории тепла», которым Клаузиус обозначает ряд теорем<sup>1</sup>: теорему, эквивалентную теореме Карно [329, с.136-138], принцип эквивалентности превращений [там же, с.144-157], теоремы, выражаемые так называемыми уравнением (равенством) и неравенством Клаузиуса [там же, с.155-156; 503, с.76-77; 590, с.904], и, наконец, знаменитое «энтропия мира стремится к максимуму» – «Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu» [661, S.42]. То, что сегодня называют вторым началом термодинамики

---

<sup>1</sup> Р. Клаузиус писал: «Чтобы иметь возможность вывести и доказать второе начало механической теории теплоты, мы будем исходить из рассмотрения одного кругового процесса особого рода, который мы проследим в отдельных его частях» [329, с.126].

в формулировке Клаузиуса, он сам называл «новым принципом, относящимся к теплоте» [329, с.133-134].

Во второй половине XIX века – начале XX века, если не все, то большинство авторов курсов термодинамики различали аксиому Клаузиуса и второй закон (второе начало) термодинамики. Например, Макс Планк писал: «Как известно, Клаузиус доказал второй закон термодинамики, основываясь на простом положении, гласящем, *что теплота не может сама по себе переходить от более холодного тела к более горячему телу*» [483, с.119]. (См. также [129, с.241; 570, с.167]). Таким образом, **слова «второе положение Клаузиуса» означают «второй закон термодинамики»**, а если учесть, что этот закон у самого Клаузиуса имеет множество формулировок, то слова «В каком бы виде ни выступало перед нами второе положение Клаузиуса» означают «второй закон термодинамики в любой формулировке».

Не следует думать, будто Энгельс написал обсуждаемую заметку экспромтом и дал в ней поспешную оценку этого закона. Во-первых, хотя заметка написана 6 лет спустя после письма Марксу, в ней выражена та же позиция, что и в письме: появление абсурдного вывода о первом толчке свидетельствует об ошибочности того положения современной Энгельсу физики, на котором строится рассуждение. Во-вторых, несколько ранее Энгельс написал другую заметку, которую можно рассматривать как набросок анализируемой заметки:

«Клаузиус – if correct (если я его правильно понимаю) – доказывает, что мир сотворен, следовательно, что материя сотворима, следовательно, что она уничтожима, следовательно, что и сила (resp. движение) сотворима и уничтожима, следовательно, что все учение о «сохранении силы» бессмыслица, – следовательно, что и все его выводы из этого учения тоже бессмыслица» [10, с.599-600].

Обратим внимание на оговорку «если я его правильно понимаю». Похоже, Энгельсу трудно было поверить в то, что известным физиком провозглашается абсурдное положение, и после некоторого размышления он написал заметку, в которой уже определенно показал, что источником ошибочных выводов Клаузиуса о тепловой смерти мира являются ложные положения его теории.

Неоднократно высказывалось мнение, будто «Ф.Энгельс со всей очевидностью показал, что второе начало, понимаемое как универсальный принцип, несовместимо с законом сохранения и превращения энергии, противоречит ему, так как, не требуя изменения энергии в количественном отношении, оно утверждает качественное вырождение энергии, потерю энергией основного ее свойства – способности к превращениям» [164, с.139] (см. также [294, с.71; 130, с.249]), из чего следует, что для решения проблемы тепловой смерти Вселенной необходимо опровергнуть второе начало термодинамики (противоречащие

друг другу суждения не могут быть одновременно истинными). Такое мнение, на наш взгляд, не отвечает действительности. Суждение «согласно второму положению Клаузиуса (второму началу термодинамики) энергия теряется качественно» не очевидно, и Энгельс его не доказал.

Если не делать поспешных выводов из сказанного, то на основании анализа процитированных письма и заметки Энгельса можно заключить:

1) не очевидно, что из второго закона термодинамики следует вывод о тепловой смерти Вселенной;

2) вывод о тепловой смерти Вселенной следует из посылок: «в существующем мире количество теплоты... все более превышает количество других видов энергии» [47, с.228], «энергия... теряется качественно» [10, с.600];

3) второе начало термодинамики (в частности, в форме закона возрастания энтропии) дает повод для заключения о грядущей тепловой смерти мира и подлежит критике постольку, поскольку из него следуют послылки, на которых основывается вывод о тепловой смерти Вселенной.

Эти на первый взгляд простые и очевидные заключения позволяют вывести решение проблемы тепловой смерти Вселенной из того тупика, в котором оно находилось более столетия.

До сих пор спор между материалистами и идеалистами относительно тепловой смерти Вселенной касался вопроса: наступит эта смерть или нет? Таким образом, с одной стороны, материалисты пытались несколькими аргументами, заимствованными из физики, доказать неуничтожимость движения, что, разумеется, было совершенно безнадежным делом, поскольку, как говорилось выше, неуничтожимость движения доказывается всей историей естествознания.

С другой стороны, спор касался события, которое если и произойдет, то в таком отдаленном будущем, когда не будет не только ни одного из участников спора, но и планеты, на которой он происходит, и даже Солнца, которое согревает эту планету.

При этом, если современный защитник религиозных мифов утверждал, что «из Второго начала термодинамики следует, что со временем наступит «смерть» Вселенной, если существующие процессы будут продолжаться» [432, с.22], то советский философ, академик Б.М. Кедров, был убежден, что перспектива тепловой смерти Вселенной «явилась следствием неправильного истолкования второго начала термодинамики; само же это начало, разумеется, не давало никакого повода выводить из него столь далеко идущие следствия» [318, с.235].

Разумеется, если оппоненты из одних и тех же посылок делают противоположные выводы, если опытным путем установить истину невозможно, то такая дискуссия может длиться веками.

Если же взять за исходный пункт выводы, которые мы сделали на основе анализа письма и заметки Энгельса, то для доказательства несостоятельности гипотезы тепловой смерти Вселенной необходимо опровергать не положения, относящиеся к бесконечно отдаленному будущему и «участи Вселенной», а утверждения, касающиеся процессов, протекающих во Вселенной сейчас, можно сказать, перед нашими глазами.

Чтобы решить проблему тепловой смерти Вселенной, следует рассмотреть следующие вопросы:

1) истинно ли то, что в процессах, протекающих в природе, энергия теряется качественно, и что процессы, в которых происходит превращение всех форм движения в теплоту, преобладают над процессами, в которых происходит превращение теплоты в другие формы движения?

2) следует ли из второго закона термодинамики заключение о том, что энергия теряется (может теряться) качественно и что процессы, в которых происходит превращение всех форм движения в теплоту, преобладают над обратными процессами?

3) следует ли из второго закона термодинамики заключение о том, что Вселенная стремится к равновесию?

Учитывая то, что Энгельс написал «в каком бы виде ни выступало перед нами второе положение Клаузиуса», выясняя связь ложных выводов со вторым началом термодинамики, необходимо рассмотреть по возможности все формулировки этого начала.

Теперь обратим внимание на то обстоятельство, что формулировки второго закона термодинамики, перечисленные выше, не эквивалентны, а представляют собой второй закон в развитии: если теорема Карно относится к тепловым машинам и выражается алгебраическим уравнением, то принцип существования энтропии — ко всем равновесным системам и выражается дифференциальным уравнением, принцип возрастания энтропии — к неравновесным системам. Наконец, формулировка «энтропия Вселенной стремится к максимуму» — относится ко Вселенной в целом. Учитывая диалектику относительной и абсолютной истины, можно предположить, что второе начало термодинамики, как его сформулировал Клаузиус, имеет ложную сторону, которая незаметна в начальных формулировках, однако становится очевидной в формулировке «энтропия мира стремится к максимуму».

Поэтому абсолютно ошибочным является господствовавший в советской литературе подход, когда критика направлялась на одну формулировку второго закона термодинамики, которая касалась энтропии Вселенной, а остальные рассматривались как истины в последней инстанции. С точки зрения диалектики, необходимо искать ложную сторону во всех формулировках.

Но прежде чем обсуждать вопрос о возможности качественной уничтожимости (неуничтожимости) движения, необходимо ясно представлять, что Энгельс понимал под качественной уничтожимостью (неуничтожимостью) движения.

### Энгельс о превращении форм движения

В работе «Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии» Энгельс назвал открытие превращения энергии одним из трех великих открытий, благодаря которым «познание взаимной связи процессов, совершающихся в природе, двинулось гигантскими шагами вперед» [18, с.303]. Это открытие показало, что «все бесчисленные действующие в природе причины, которые до сих пор вели какое-то таинственное, не поддававшееся объяснению существование в виде так называемых сил – механическая сила, теплота, излучение (свет и лучистая теплота), электричество, магнетизм, химическая сила соединения и разложения, – являются особыми формами, способами существования одной и той же энергии, т. е. движения» [10, с.511].

В «Диалектике природы» есть фрагмент «[О классификации суждений]» [10, с.538–540], содержащий чрезвычайно важные для термодинамики идеи относительно превращений форм движения (энергии). В этом фрагменте в качестве примера, подтверждающего рациональное содержание гегелевской диалектики, анализируется развитие познания человеком закономерностей превращения форм движения.

Вначале Энгельс приводит гегелевскую классификацию суждений: суждение наличного бытия, суждение рефлексии, суждение необходимости и суждение понятия. *«1-я группа – это единичное суждение, 2-я и 3-я – особенное суждение, 4-я – всеобщее суждение»* [10, с.538]. Далее Энгельс показывает, «какое глубокое основание эта группировка имеет не только в законах мышления, но также и в законах природы» [10, с.539], для чего рассматривает развитие закона превращения движения от формулировки «трение есть источник теплоты» до формулировки «всякое механическое движение способно посредством трения превращаться в теплоту» и, наконец – *«любая форма движения способна и вынуждена при определенных для каждого случая условиях превращаться, прямо или косвенно, в любую другую форму движения»* [10, с.539]<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> А. И. Вейник: «Эти слова Энгельса содержат наиболее полное и глубокое определение сущности закона сохранения и превращения энергии, данное до сих пор. В них непосредственно выражено то, что наиболее важно в законе сохранения и превращения энергии, – неограниченная возможность (и необходимость) взаимных превращений различных форм движения материи, а, следовательно, и *сохраняемость* движения при всех превращениях» [164, с.18–19].

По поводу последней формулировки Энгельс написал: «Это — суждение понятия, и притом аподиктическое, — наивысшая вообще форма суждения» [10, с.539]. Это — «суждение всеобщности... Дойдя до этой формы, закон достиг своего последнего выражения. Посредством новых открытий мы можем доставить ему новые подтверждения, дать ему новое, более богатое содержание. Но к самому закону, как он здесь выражен, мы не можем прибавить больше ничего. В своей всеобщности, в которой и форма и содержание одинаково всеобщны, он не способен ни к какому дальнейшему расширению: он есть абсолютный закон природы» [10, с.540].

Подчеркнем: закон превращения формы движения, согласно Энгельсу, является абсолютным не только по форме (к его формулировке нельзя ничего прибавить), но и, что следует отметить особо, по содержанию. Кроме прочего, это означает, что **его действие не может ограничиваться никаким иным законом**. Та же мысль была выражена Энгельсом несколько раньше в другой форме: «закон о смене форм движения является бесконечным, замыкающимся в себе» [10, с.552].

Согласно Энгельсу, закон превращения форм движения является суждением понятия, суждением всеобщности. Это означает, что способность к превращению в иные формы является атрибутом любой формы движения, внутренне присуща любой форме движения и не может быть уничтожена без уничтожения самой формы движения, что в отношении превращаемости в иные формы все формы движения совершенно «равноправны». Абсолютно невозможной, согласно Энгельсу, является ситуация, в которой какая-нибудь форма движения полностью утратила бы способность превращаться в качественно иные формы движения, перестала бы превращаться в иные формы движения.

Поскольку неограниченная превращаемость из одной формы в другую — атрибут движения, то «движение, которое потеряло способность превращаться в свойственные ему различные формы, хотя и обладает еще *dynamis* (возможностью — Ред.), но не обладает уже *energeia* (действительностью — Ред.)<sup>1</sup> и, таким образом, частично

---

<sup>1</sup> Для разъяснения: «...он (Аристотель — В.И.) называет платоновскую идею одной только *δύναμις* и утверждает в противовес этому, что идею... следует рассматривать как *ἐνέργεια*, т. е. как внутреннее, которое всецело проявляется вовне, и, следовательно, как единство внутреннего и внешнего или как действительность...» [193, с.314].

Соответственно, слова «движение обладает *dynamis*, но не обладает *energeia*» означают: движение является движением только в возможности, но не в действительности.

Для сравнения «Железная дорога, по которой не ездят, которая не используется, не потребляется, есть железная дорога только *δύναμις* (в возможности — Ред.), а не в действительности» [6, с.27].

уничтожено» [10, с.360-361] <sup>1</sup>. Но это, по мнению Энгельса, «немыслимо», поскольку «неуничтожимость движения надо понимать не только в количественном, но и в качественном смысле» [10, с.360].

То, что Энгельс написал в формулировке закона превращения форм движения и в комментариях, — это не философское обобщение достижений естествознания, а всего лишь адекватное выражение сути полученных естествознанием результатов. Именно благодаря открытию неограниченной взаимной превращаемости «различные физические силы — эти, так сказать, неизменные «виды» физики — превратились в различным образом дифференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи» [10, с.353]. Суждение «механическая сила, теплота, излучение... являются особыми формами, способами существования одной и той же энергии, т. е. движения» [10, с.511] получено не путем отыскания видимых общих признаков у всех этих «предметов мышления», а благодаря открытию превращений одних форм в другие.

«Когда мы подводим эти многообразные формы явлений под одно общее название движения, то дело тут отнюдь не в том только, что наш рассудок объединяет их вместе. Напротив, эти формы сами доказывают своим действием, что они являются формами одного и того же движения, ибо при известных обстоятельствах они переходят друг в друга» [10, с.399-400]. А что они действительно переходят друг в друга, доказывается тем, что эти переходы происходят «без какой бы то ни было потери силы» [10, с.353] «таким образом, что определенному количеству движения одной формы всегда соответствует точно определенное количество движения другой формы» [10, с.400].

Проиллюстрируем сказанное одной аналогией. Жидкая, кристаллизационная, адсорбционная вода, а также лед и пар есть виды, формы существования одной и той же субстанции — воды, H<sub>2</sub>O. Такое заключение было сделано не на основе сравнения их видимых признаков, а на том основании, что при известных условиях они превращаются друг в друга, причем количеству воды, исчезнувшей в одной форме, соответствует появление такого же количества другой формы

---

<sup>1</sup> Подобное мнение высказывал Э. Мах. «Если посмотреть на дело беспристрастно, то мы должны будем спросить себя, *имеет ли вообще какой-нибудь научный смысл и какую-либо цель* взгляд на теплоту, которую уже нельзя обратить в механическую работу (наприм., теплоту замкнутой и равномерно *темперированной* системы тел), как на *энергию*. Ясно, что в этом случае принцип сохранения энергии играет совершенно праздную роль, которая приписывается ему только по привычке. Если несмотря на *рассеяние* или уничтожение механической энергии, несмотря на усиление энтропии, мы будем держаться принципа сохранения *энергии*, то это значит, что мы дозволим себе ту же вольность, какую дозволял себе Блэк, когда смотрел на теплоту плавления, как на теплоту, продолжающую существовать, но только в *скрытом виде*» [433, с.123].

воды. Способность к превращению в иные формы, в частности, в пар, есть атрибут любой формы воды. Если после контакта с натрием вода не появляется в виде пара при нагревании продуктов реакции, то не потому, что она потеряла способность превращаться в пар, а потому, что произошла химическая реакция, и вода была уничтожена как таковая, исчезла в качестве воды. Вода уничтожима в качественном смысле в химических превращениях. Движение отличается от воды, кроме прочего, и тем, что, являясь атрибутом материи, не может стать не-движением, превратившись в нечто такое, которое не превращается в иные формы движения. Движение, потерявшее способность превращаться в иные формы (движение, не превращающееся в иные формы) в свете идей Энгельса — такая же нелепость, как четырехугольный треугольник <sup>1</sup>.

Поскольку способность к превращениям в другие формы в равной мере присуща всем формам движения, то в бесконечной Вселенной одновременно протекают процессы противоположно направленные, а в целом движение материи остается неизменным как качественно, так и количественно.

Если допустить, что какая-то форма движения во Вселенной вдруг утратила частично способность к превращению в другие формы, то это означает, что во Вселенной процессы превращения различных форм движения в эту форму преобладают над обратными, что во Вселенной началось постепенное преобразование первоначально бесконечно многообразного движения в одну эту форму, что многообразие движения материи теряется, — происходит деградация движения материи. Пределом такой деградации является смерть материи.

Обратим внимание на то, что «движение в применении к материи — это *изменение вообще*» <sup>2</sup> [10, с.563], в том числе жизнь, социальные процессы. Разумеется, формулировка «*всякая форма движения способна и вынуждена превращаться во всякую другую форму движения*» относится не ко всем формам движения, а к тем, с которыми имеет дело физика, т.е. к тем, которые Р.Майер называл «силами», «силами неживой природы» [399], А. И. Вейник — «элементарными формами движения» [169], а Б. М. Кедров — «формами энергии» [318, с.315-316]. По нашему мнению, эти формы лучше назвать **абстрактными формами движения**, чтобы отличать, с одной стороны, от высших, конкретных форм движения, примером которых являет-

---

<sup>1</sup> Такой же точки зрения придерживался Р. Ю. Майер: «понятие о мертвой или неподвижной силе есть *contradictio in adjecto*» [399, с.261].

<sup>2</sup> То положение, что движение — изменение вообще, восходит, по меньшей мере, к Аристотелю, который писал о трех видах движения: в отношении качества (качественное изменение), в отношении количества (рост и убыль) и в отношении места — перемещение (см. например [80, с.103-105, с.164-166]).



ся жизнь, а с другой — от физической величины, которая остается постоянной в ходе взаимных превращений абстрактных форм движения и называется энергией. Только абстрактные формы движения превращаются друг в друга. Конкретные формы движения являются атрибутами соответствующих форм материи (материальных систем) и развиваются в ходе развития материальных систем в соответствии с законами развития <sup>1</sup>.

Обратим внимание и на такие мысли Энгельса.

«Сохранение энергии. Количественное постоянство движения было высказано уже Декартом и почти в тех же выражениях, что и теперь... Зато превращение формы движения открыто только в 1842 г., и это, а не закон количественного постоянства, есть новое» [10, с.595].

«Если еще десять лет назад новооткрытый *основной закон движения принимался лишь как закон сохранения энергии*, лишь как выражение того, что движение не может быть создано, то есть понимался только с количественной стороны, то это узкое, *отрицательное выражение* все более вытесняется *положительным выражением в виде закона превращения энергии*, где впервые вступает в свои права качественное содержание процесса и стирается последнее воспоминание о внемировом творце. Теперь уже не нужно проповедовать как нечто новое, что количество движения (так называемой энергии) не изменяется, когда оно из кинетической энергии (так называемой механической силы) превращается в электричество, теплоту, потенциальную энергию положения и т. д., и обратно; мысль эта служит добытой раз навсегда основой гораздо более содержательного отныне исследования самого процесса превращения, того великого основного процесса, в познании которого находит свое обобщение все познание природы» (курсив мой, — В.И.)» [14, с.13].

Таким образом, Энгельс различал закон сохранения энергии (движения) и закон превращения энергии (движения), а также высказывал (в 1885 г.) мнение то, что мысль о сохранении энергии служит основой более содержательного исследования самого процесса превращения. Поэтому можно ожидать, что за более чем сто

---

<sup>1</sup> По этому поводу хорошо написал Б.М. Кедров: «...подобно тому, как в общем случае движение есть способ существования материи, так и в каждом частном случае специфическому виду материи отвечает строго определенная форма движения, выступающая как способ существования именно данного, а не какого-либо другого вида материи...»

Короче говоря, под формой движения материи подразумевается специфический способ существования каждого качественно определенного материального объекта...

Движение, рассматриваемое в самом общем его виде, есть изменение вообще... Специфичность каждой формы движения обусловлена особенностями того материального объекта, того вида материи (вещества, света и т.д.), который испытывает изменение, т.е. движется» [315, с.166-167].

лет после 1885 г. в исследовании этих процессов превращения достигнут заметный прогресс<sup>1</sup>.

Теперь мы можем приступить к выяснению вопросов, теряется ли энергия качественно в природных процессах и следует ли вывод о качественной потере энергии из второго закона термодинамики.

## **Второй закон термодинамики – «закон деградации энергии»?**

Имеется множество работ, авторы которых без тени сомнения говорят о качественной потере энергии и о связи этого утверждения со вторым законом термодинамики.

**Л. Больцман** (1886 г.): «Энергия может принимать три формы – форму видимого движения тел, теплоты, т.е. движения мельчайших частиц, наконец, работы, т.е. взаимного отдаления притягивающих друг друга тел или сближения тел отталкивающихся... Теплоту, видимую живую силу и работу можно было бы по желанию получать друг из друга и переводить из одной формы в другую, причем количество всегда было бы сохранено.

---

<sup>1</sup> Странное отношение к идеям Энгельса о превращении форм движения продемонстрировал С. Г. Кара-Мурза [303].

Он приводит фрагмент письма Энгельса Марксу от 21 марта 1869 г., отрывки из заметок Энгельса «Клаузиус... доказывает, что мир сотворен...», «В каком бы виде ни выступало перед нами второе положение Клаузиуса...» (вторая почему-то представлена как продолжение первой (см. [там же, с.167]), «Излучение теплоты в мировое пространство...» и делает вывод: «...идеология неограниченного прогресса не только заставила классиков марксизма отвергнуть главный вывод термодинамики (и создаваемую ею новую картину мира), но и пойти вспять, возродив веру в вечный двигатель второго рода» [там же, с.168].

Выше он написал: «Маркс очень быстро воспринял многие важные мысли Карно (например, методологический принцип представления идеального процесса как цикла; Маркс включил этот принцип в виде циклов воспроизводства)... Иной была реакция в отношении второго начала термодинамики, которое утверждало невозможность бесконечного использования энергии Вселенной, накладывало ограничения на саму идею прогресса» [там же, с.166].

Таким образом, С. Г. Кара-Мурза по сути осудил марксизм в лице Энгельса за неприятие гипотезы тепловой смерти Вселенной и отстаивание идеи вечности движения, которой придерживались философы, начиная с Гераклита. Но это полбеда. Беда в том, что он противопоставляет мысли Карно второму началу термодинамики, между тем как более полутора веков считается, что С. Карно открыл именно второе начало термодинамики. С. Г. Кара-Мурза пишет, что Маркс воспринял идеи Карно, но у нас нет данных о том, что Маркс был знаком с этими идеями: в «Капитале» нет ссылок на работу С. Карно, а имя С. Карно не встречается в письмах Маркса и Энгельса.

Думается, своими рассуждениями о марксизме и термодинамике С. Г. Кара-Мурза ярко продемонстрировал «то травмирующее действие, которое оказывает идеология на деятельность ученого» [там же, с.11], если он обличает классиков марксизма.

Наряду с этим общим принципом механическая теория тепла поставила второй, малоутешительным образом ограничивающий первый, – так называемый второй закон механической теории тепла. Это положение формулируется следующим образом: работа и видимая живая сила могут безусловно переходить одна в другую и без всяких ограничений превращаться в теплоту; наоборот, обратное превращение теплоты в работу или видимую живую силу или совсем невозможно, или возможно только отчасти... Энергия в форме тепла часто обозначается как рассеянная или деградированная энергия. Таким образом, второй закон констатирует непрерывный рост деградации энергии, пока наконец не прекратятся все видимые движения во Вселенной» [128, с.10-11].

**О. Д. Хвольсон (1923 г.):** «Тепловая энергия есть энергия движения неправильного, беспорядочного; это движение представляет крайнюю противоположность движению данного тела (системы молекул), как целого, при котором скорости всех частиц тесно связаны между собою...

Тепловое движение частиц есть движение наиболее вероятное. Всякое не-тепловое движение материи должно иметь стремление к переходу в движение тепловое. Такой переход вызывается малейшими причинами, расстраивающими не-тепловое, т. е. более или менее упорядоченное движение. Иначе:

Не-тепловая энергия движения материи имеет стремление перейти в энергию тепловую. Такой переход мы наблюдаем при всяком ударе, при трении и т. д. Энергия тепловая лишь при исключительных условиях, так сказать, искусственно, может быть преобразована в не-тепловую энергию движения материи» [616, с.2-3].

**Н. В. Кашин (1925 г.):** «Условием возможности всякого преобразования энергии является качественное ухудшение (деградация) части энергии, которое понимаем, как понижение способности этой части энергии к дальнейшим превращениям» [311, с.414].

**Б. М. Гессен (1928 г.):** «...В фундаменте современного естествознания лежит не только закон сохранения энергии, но и закон рассеяния энергии» [204, с.15-16].

**И. А. Каблуков (1934 г.):** «Все виды энергии могут совершенно свободно и сполна превращаться в тепловую, последняя же только в известных случаях может целиком переходить в химическую, при переходе же ее в механическую или электрическую энергию часть ее остается в виде тепла, падая только с более высокой температуры на более низкую. Вследствие этого происходит непрерывное увеличение теплового движения за счет других форм энергии и постепенный переход теплоты от тел высокой температуры к телам более низкой температуры» [298, с.238].

**К. А. Путилов (1939 г.):** «В качестве первого и второго начал термодинамики приняты два главенствующих закона физики, смыкающие физику с общими вопросами философии – закон сохранения энергии и закон деградации энергии» [503, с.38].

**П. Лаберенн** (1953 г.): «...Теплота должна рассматриваться как низшая или деградированная форма энергии; она не может целиком превращаться в механическую работу» [364, с.153].

**Г. Н. Алексеев** (1966 г.): «Таким образом, качество энергии характеризуется степенью упорядоченности и степенью концентрации ее. Чем более упорядочена и чем более концентрирована энергия, тем, естественно, выше возможность ее применения, ибо перейти от упорядоченности к беспорядку и от высокой концентрации к низкой ничего не стоит, обратный же переход может быть осуществлен только при затрате энергии.

Однако все виды энергии постепенно деградируют — их упорядоченность и особенно концентрация уменьшается и постепенно сходит на нет. Деградация всех видов энергии происходит одним, единственным путем — превращением их в тепловую хаотическую и рассеяния последней (т.е. уменьшением концентрации до концентрации тепла в окружающей среде на Земле — воде океанов, морей и в атмосфере» [70, с.45].

**Д. П. Гохштейн** (1963 г.): «Энергия бывает разной ценности. Два количества энергии могут быть равны между собой по количеству калорий, но разными по пригодности к преобразованию в другие виды» [213, с.15].

«Деградация энергии сопровождается любой реальный процесс» [там же, с.13]. «Позволяя нам использовать тепло для получения работы, природа как бы налагает на нас «налог» в виде отдачи обесцененной энергии окружающей среде... Между ростом количества обесцененной энергии и энтропией системы имеется четко установленная прямая связь. Если выбрать изолированную от других систему, то легко представить, что протекание необратимых (т.е. реальных) процессов в ней будет вызывать рост ее энтропии, который прекратится тогда, когда исчезнет всякая возможность использования энергии и последняя станет полностью обесцененной, т.е. непревратимой в другие виды. При этом энтропия достигнет своего максимума, а систему постигнет «тепловая смерть» [там же, с.16].

«Химическая, механическая и электрическая энергия могут целиком переходить в другие виды энергии (в том числе и в тепло); тепло же не в состоянии полностью перейти в другие виды энергии. А тепло, попавшее в окружающую среду, не может даже частично перейти в другие виды энергии» [там же, с.40]. «Невозможность полного перехода тепла в другие виды энергии и составляет ту специфичность тепла, которая ему присуща» [там же, с.41].

**П. Шамбадаль** (1967 г.) «Работа может быть преобразована в тепло без остатка..., тогда как обратное превращение может быть только частичным. ...Работа представляет собой как бы более «благородную форму энергии, чем тепло» [630, с.28-29].

**И. Пригожин, И. Стенгерс** (1984 г.): «Тепло и механическая энергия эквивалентны с точки зрения сохранения энергии..., но отнюдь не второго начала... Коротко говоря, механическая энергия более «высокого сорта» (более когерентна), чем тепло и всегда может быть превращена в тепло. Обратное неверно» [496, с.354].

Эти и другие высказывания такого рода можно резюмировать следующим образом.

1. Закон превращения форм движения не является абсолютным: условия и направление превращений энергии устанавливаются вторым законом термодинамики [114, с.84-86, с.101-103; 429, с.44; 442, с.15-16; 464, с.87-88; 465, с.177; 473, с.85; 559, с.35; 657, с.96].

2. Формы движения (виды энергии) различаются по своей способности к превращению в другие формы, причем тепловая энергия – это энергия низшего (второго) сорта, малоэффективная, неполноценная, деградированная форма энергии; она не способна полностью <sup>1</sup> превращаться в другие формы энергии [87, с.36-37; 108, с.24; 114, с.84-86, с.101-103; 128, с.10-11; 137, с.154-159; 213, с.12-16, с.40-41; 246, с.118; 298, с.238-239; 357, с.194; 496, с.354, 567, с.40; 652, с.258; 657, с.96].

3. Деградация (рассеяние, диссипация) энергии происходит во всех реальных (природных) процессах и означает превращение части энергии в тепловую [70, с.45; 176, с.218; 213, с.13, с.88; 505, с.73].

4. В некоторых условиях энергия полностью теряет способность к дальнейшим превращениям [195, с.15-16, с.88; 213, с.12]. «Энергия может быть и *неработоспособной*» [140, с.123], «покоющейся» [464, с.87-88; 465, с.187], а теплота – «совершенно неработоспособной» [140, с.157].

5. Ограничения на превращение тепла в иные формы энергии накладывает второй закон термодинамики [195, с. 15-16; 205, с.109; 321, с.163-164; 321, с.163-164; 322, с.286; 442, с.15-16; 484, с.84; 488, с.453; 527, с.15; 546, с.135; 588, с.32; 630, с.26].

6. Вывод о качественной потере, т.е. деградации, рассеянии, диссипации энергии не просто следует из второго закона термодинамики, для многих авторов второй закон термодинамики – это закон деградации (рассеяния, рассеивания, диссипации) энергии (см. например [137, с.154-160; 165, с.155-161; 166, с.175-176; 168, с.70; 291, с.47; 357, с.194-195; 503, с.38; 500, с.235, 504, с.101-103; 567, с.40-41]) <sup>2</sup>.

Таким образом, можно утверждать, что в термодинамике, этой науке «о закономерностях превращения энергии» [326, с.4], на протяжении полутора веков господствуют воззрения, противоречащие идеям Энгельса о превращении форм движения, господствуют воззрения, на основе которых Энгельс делал заключение о грядущей тепловой смерти Вселенной.

На основе этих представлений ряд авторов утверждал, что во Вселенной происходит увеличение доли тепла за счет других видов энер-

---

<sup>1</sup> Явным преувеличением является утверждение: «Не было известно естественного, природного пути превращения теплоты в другие формы движения» [576, с.101]

<sup>2</sup> А лауреат Нобелевской премии Л. Купер назвал одну из глав своей книги «Тепловая смерть (Второе начало термодинамики)» [361, с.368].

гии, что со временем вся энергия превратится в тепловую, а Вселенную постигнет тепловая смерть (см. [87, с.36-37; 128, с.10-11; 190, с.377-378; 195, с. 15-16, с.88, 428, с.65]).

Следует отметить, что философы в СССР, которые часто выступали против гипотезы тепловой смерти Вселенной, редко критиковали положения о деградации (рассеянии, диссипации) энергии, хотя, как было показано выше, эти положения резко противоречат воззрениям Энгельса. Одним из немногих исключений является доклад, который в 1952 г., сделал И. В. Кузнецов в Институте философии АН СССР, где есть слова:

«Сутью антинаучной «теории» тепловой смерти Вселенной является утверждение, будто энергия, количественно сохраняясь, постепенно «деградирует», теряя свою способность к превращениям, и все процессы во Вселенной якобы в конце концов останавливаются, и мир «умирает». Эта «теория» деградации энергии имеет своим логическим следствием не только признание «конца мира», но и его «начала», его «творения»: «часы Вселенной, прежде чем остановиться, должны были кем-то быть «заведены», – а это и есть чудо божественного творения» [355, с.238].

И. В. Кузнецов привел ряд цитат, в частности, из курса физики Н. В. Кашина: «При реальных процессах преобразование энергии всегда сопровождается рассеянием (деградацией) части энергии, которое понимаем, как понижение способности этой части энергии к дальнейшим превращениям» [312, с.414], и охарактеризовал такие взгляды как «порочные», «антинаучные, непримиримо противоречащие основам диалектико-материалистического мировоззрения»<sup>1</sup> [355, с.239].

Однако позже в сочинениях советских философов можно было прочитать, что второе начало термодинамики «выражает собой только то, что все процессы природы имеют определенную направленность, поскольку все они идут в сторону постепенного рассеяния энергии»<sup>2</sup> [318, с.234]; что «в нашем непосредственном окружении направление времени, поскольку речь идет о его физических основах, определяется... переходом энергии от форм с высокой лабильностью и способностью превращаться в другие формы в направлении к тепловой форме движения материи» [407, с.236] (иначе говоря, потеря энергией способности к превращениям столь же неотвратима, как движение от прошлого к будущему).

Множество других советских философов повторяли высказывания физиков о деградации (рассеянии, качественной потере) энергии,

---

<sup>1</sup> Ранее И. В. Кузнецов уже критиковал в печати этот курс физики [354].

<sup>2</sup> Надо полагать, учтя критику, Н. В. Кашин в третьем издании своего курса процитированное выше предложение изменил: «При реальных процессах *преобразования энергии* всегда сопровождаются рассеянием части энергии в форме теплоты, которое является причиной необратимости процессов» [313, с.328],

«второсортности» тепла как формы энергии (см. например [72, с.103-105; 211, с.156-158; 318, с.173-175, с.233-240; 407, с.236; 429, с.44-45; 582, с.294-302; 591, с.122-136]), однако – в противоположность Энгельсу – не делали из этого заключения о грядущей тепловой смерти Вселенной. Из этого можно сделать вывод, что советские философы перестали рассматривать положение о деградации (рассеянии, качественной потере, деградации) энергии как несовместимое с диалектическим материализмом. Думается, такой подход – попытка усидеть меж двух стульев, продиктованная нежеланием вступать в спор с физиками.

Философов можно понять. Ведь высказывания физиков о меньшей способности тепловой энергии к превращениям, или о деградации энергии, – не просто философски некорректные истолкования фактов, не оказывающие влияния ни на физику, ни на практику – вроде нашумевшего в начале XX века «материя исчезла».

В термодинамике введены физические величины, позволяющие дать количественную оценку этой способности (или неспособности) в том или ином случае. Эти величины, в отличие, например, от радиуса или возраста Вселенной, используются не кабинетными учеными в схоластических спорах, а инженерами в технических расчетах.

Одной из таких величин является энтропия – «понятие, впервые введенное в *термодинамике* для определения меры необратимого рассеяния энергии» [590, с.903-904] (см. также [87, с.33; 198, с.89; 280, с.44-45; 318, с.234; 587, с.282]). «Чем больше рассеивается, деградирует энергия, тем больше растет величина энтропии» [71, с.6-7] (см. также [213, с.16; 429, с.44; 591, с.125]).

В термодинамических расчетах применяются также величины свободная и связанная энергия, введенные впервые Г. Гельмгольцем, который писал: «Для химических процессов следует принять разделение сил сродства на две части, из которых одна способна свободно превращаться в иные формы работы, а другая превращается лишь в теплоту. Поэтому я позволю себе в последующем для краткости называть обе эти части энергии свободной и связанной энергией» (цит. по [512, с.88-89]) (см. также [298, с.254]). Эти величины связаны с энтропией. Математически связанная энергия выражается произведением энтропии тела на его абсолютную температуру.

Для анализа процессов преобразования энергии в энергетических установках применяются величины эксергии (максимальной полезной работы, работоспособности) и анергии (см. например [246, с.158-163; 294, с.110-119; 326, с.94-96]).

«Всякий энергетический ресурс окажется состоящим из двух слагаемых: первое, названное эксергией, даст предельную работу, какую можно произвести в идеальном случае, второе определит оставшуюся принципиально не превращенной в работу часть энергетического ресурса. Для этого второго слагаемого предложен термин *анергия*» [246, с.159].

Соответственно, критикуя положения о деградации энергии и «второсортности» теплоты как формы движения, нельзя не обойтись без критического рассмотрения «мер рассеяния» энергии и критериев ее «работоспособности».

Но прежде чем приступать к критике сомнительных с точки зрения диалектики положений термодинамики, касающихся закономерностей превращения энергии, следует выяснить, не критиковались ли они раньше. Классическая термодинамика существует полтора века. Если положения такого рода, как утверждение о деградации энергии, являются ошибочными, то в литературе должна быть их критика.

### **Физики против «деградации» энергии**

Положение о рассеянии (обесценении) энергии на протяжении многих лет критиковалось Максом Планком, который был не только одним из основателей квантовой физики, но и внес заметный вклад в развитие классической термодинамики.

В одной из статей Макс Планк писал:

«Но что я категорически отрицаю и против чего я всегда боролся, это положение, сформулированное г-ном Хевисайдом по поводу универсального рассеяния энергии. Если верно, что энергия идеального газа зависит только от температуры, но не от объема, тогда энергия смеси газов по окончании процесса их взаимной диффузии должна остаться в точности такой, какой она была до начала диффузии. Где же здесь рассеяние энергии? Этот пример, во всяком случае, требует пояснения.

Я прекрасно понимаю, что в целях сохранения положения о рассеянии энергии можно ввести понятие «доступной» или «свободной» энергии, как это было сделано лордом Рэлеем и Гельмгольцем. Но действительно ли закон «потери доступности энергии» является универсально верным законом? Ни в коем случае, ибо он справедлив только для изотермических процессов (т.е. процессов, протекающих при постоянной температуре, — В. И.). Когда изменяется температура, свободная энергия может увеличиваться в такой же мере, как и уменьшаться, при условии, разумеется, что мы придерживаемся одного и того же определения свободной энергии, а не вводим для каждого специального рода процессов новое определение, как это иногда фактически делалось» [483, с.109-110].

В курсах термодинамики и теоретической физики М. Планка есть такое рассуждение:

«Сущность второго начала пытаются иногда еще и теперь видеть в тенденции процессов природы к «обесценению» энергии. Согласно этому воззрению, механическая энергия может быть превращена в теплоту полностью, теплота же в механическую энергию, напротив, только частично; превращение некоторого количества теплоты в механическую энергию всегда сопровождается другим превращением, например: переходом неко-



того другого количества теплоты от более высокой температуры к более низкой; это второе превращение служит компенсацией первого.

Такое представление, пригодное в некоторых частных случаях, нисколько, однако, не передает сущности дела. Это можно показать на следующем простом примере. Пусть мы имеем некоторый газ. Дадим ему расширяться и производить работу и будем в то же время поддерживать его температуру постоянной, заимствуя для этого тепло из резервуара, находящегося при более высокой температуре.

В этом случае можно сказать, что тепло, отдаваемое резервуаром, полностью превращается в работу, так как температура газа, а вместе с ней и его энергия остаются постоянными и никаких других превращений энергии при этом не происходит.

Против этого утверждения нельзя привести никаких фактических данных» [480, с.44]. (См. также [479, с.89-90]).

Эту точку зрения разделял А.Зоммерфельд:

«Планк возразил (конечно, правильно) против мнения энергетиков, что сущность второго начала термодинамики заключается в тенденции энергии к «обесцениванию». Правда, во многих случаях увеличение энтропии означает уменьшение имеющегося температурного перепада и, следовательно, также уменьшение работы, которую можно получить за счет передачи тепла. Однако Планк приводит сам собой напрашивающийся пример полного превращения тепла в работу, а именно изотермическое расширение газа с подведением тепла от источника с высокой температурой при полном использовании давления газа для совершения работы. В этом процессе энергия не будет «обесцениваться», а, наоборот, будет становиться «ценнее» (тепло полностью превращается в работу» [266, с.56-57].

Таким образом, либо авторы, которые пишут о невозможности полного превращения тепла в работу, а также о невозможности превращения тепла в работу при постоянной температуре, не знакомы с курсами термодинамики Планка или Зоммерфельда, либо утверждение о возможности полного превращения тепла является ошибочным.

Если многие авторы утверждали, что в природе процесс превращения всех видов энергии в теплоту преобладает над обратным, то К. А. Путилов писал:

«...Как известно, процесс превращения тепла в работу и в природе, и в технике происходит весьма часто. Было бы ошибочным считать, что он имеет меньшую распространенность, чем процесс превращения работы в тепло. Напротив, превращение тепла в работу в природе встречается *столь же часто*, как и переход работы в теплоту. На поверхности земного шара ветры, дожди, реки, водопады производят непрерывно работу за счет теплоты, которую доставляет Солнце. Поэтому нельзя рассматривать процессы перехода работы в теплоту как правило, а процессы превращения тепла в работу как исключение. Выражаясь фигурально, природа имеет одинаковую склонность как к тем, так и к другим процессам» [503, с.61].

Интересно отметить, что А. И. Вейник одно время, по сути, признавал положение о рассеянии энергии, а потом переименовал свою точку зрения. В первом и втором изданиях своего курса термодинамики в параграфах под названием «Теплота диссипации» [165, с.155-161] и «Закон диссипации» [166, с.175-176] А. И. Вейник писал:

«Преобразование форм движения материи, связанное с эффектом внутреннего трения, всегда происходит в одном направлении (все другие формы движения превращаются в термическую форму движения) и никогда — в обратном. Из-за этого обесцениваются другие формы движения, происходит как бы их «рассеяние» в окружающей среде через посредство термической формы движения» [165, с.160-161; 166, с.175-176] (см. также [168, с.70]).

Если не обращать внимания на слова «как бы», то перед нами одна из формулировок положения о деградации (рассеянии) энергии, из которой можно вывести заключение о тепловой смерти Вселенной. Однако в третьем издании этого же курса в главе «Закон диссипации» утверждается иное:

«Эффект диссипации представляет собой своеобразный вид взаимодействия различных форм движения материи. Это своеобразие состоит в том, что формы движения в процессе распространения характеризующих их зарядов превращаются только в одну — термическую, — или эта термическая форма движения превращается во все остальные. Назовем рассматриваемый вид превращений (и соответственно рассматриваемый вид движения) диссипативным» [169, с.202].

В указанных превращениях теплота может «в равной мере как выделяться, так и поглощаться» [170, с.91]. Разумеется, при таком понимании диссипации от диссипации остается только название: из множества процессов взаимного превращения форм движения те, в которых появляется или исчезает теплота, названы эффектом диссипации. Думается, такое название здесь совершенно неуместно, эти процессы лучше назвать процессами превращений теплоты, убрав из названия даже воспоминания о диссипации (деградации) энергии<sup>1</sup>.

В монографии «Термодинамическая пара» А. И. Вейник писал:

«Парадокс тепловой смерти мира, или деградации Вселенной, заключается в том, что, по Клаузиусу, в природе возможны процессы только одного направления — с выделением теплоты трения, возрастанием энтропии, установлением равновесия. В результате все элаты (элементарные формы движения (виды энергии), — В. И.) рано или поздно превратятся в термическую и в ней найдут свою смерть, т.е. наступит всеобщее равновесие, абсолютный покой. Но, согласно общей теории, в природе не ме-

---

<sup>1</sup> В монографии «Термодинамическая пара» А. И. Вейник сделал следующий шаг на пути отказа от положения о диссипации энергии: закон диссипации здесь называется «законом экранирования (диссипации)» [170, с.86-96].

нее распространены процессы прямо противоположного направления — с уничтожением теплоты трения, т.е. с нарушением равновесия. Поэтому тепловой смерти мира быть не может» [170, с.267].

Разумеется, трудно поверить в то, что «фактически человек сталкивается с поглощением теплоты диссипации на каждом шагу» [170, с.91], однако при рассмотрении вопроса о судьбах Вселенной нужно принимать во внимание не только повседневный опыт. Если учесть, что против господствующих воззрений о деградации энергии высказался зрелый ученый, первоначально разделявший эти воззрения, то это еще один повод усомниться в истинности этих воззрений.

Нельзя не сказать о том, что за последние полвека опубликовано довольно много статей и книг (см. например [171, с.447-479; 264; 395; 462; 463; 469, с.188-294; 538; 539]), где не только отрицаются ограничения на преобразования энергии, вытекающие из второго закона термодинамики, но и делаются намного более сильные выводы, а именно — о возможности преобразования в электрическую и механическую энергию теплоты, рассеянной в окружающей среде, т.е. о возможности создания устройств (машин), в которых осуществляется процесс, обратный «рассеянию» энергии, процесс, названный П. К. Ощепковым [469] процессом концентрации энергии, соответственно, о возможности создания так называемых вечных двигателей второго рода <sup>1</sup>.

Эти работы вызывали резкую критику со стороны специалистов в области энергетики (см. например [140, 554, 641]).

Таким образом, выступая против деградации энергии, автор должен рассмотреть и споры о возможности создания вечных двигателей второго рода, коль скоро в них затрагивается вопрос о существовании ограничений на превращение теплоты в другие формы движения.

Как бы то ни было, по вопросам деградации (рассеяния) энергии, «второсортности» теплоты как формы энергии, возможности обращения процесса рассеяния энергии в литературе имеются противоречивые высказывания. Чтобы разрешить эти противоречия, необходимо обращаться к анализу фактов.

Возникает вопрос: каких фактов? Всех. В том числе и тех, о которых сообщают изобретатели вечных двигателей второго рода. Но в последнюю очередь. Ведь за полтора века, которые прошли с тех пор, как был сформулирован второй закон термодинамики, физики и инженеры много сил и времени уделили изучению преобразований и преобразователей теплоты. Надо полагать, за это время почти все факты, касающиеся теплоты, во всяком случае, ее превращений в технических устройствах, стали известны. И если сегодня специалисты утвер-

---

<sup>1</sup> Одна из формулировок второго закона термодинамики (которую в свое время предложил В. Оствальд) гласит: вечный двигатель второго рода невозможен (см. например [503, с.62]).

ждают, что теплота (тепловая энергия) есть энергия второго сорта, что она не может полностью превратиться в другие формы энергии, то вряд ли такой вывод можно опровергнуть на основании каких-то новых фактов, полученных в каких-то экзотических устройствах, вроде вечных двигателей второго рода. Имея в виду проверку истинности господствующих воззрений на закономерности превращения теплоты в другие формы движения, можно утверждать, что «...здесь эмпирические методы оказываются бессильными, здесь может оказать помощь только теоретическое мышление» [10, с.367], здесь именно тот редкий случай, когда рассуждения нельзя заменить никакими опытами.

Ведь, по мнению подавляющего большинства специалистов, «неполноценность» тепловой энергии, невозможность ее полного превращения в другие виды энергии есть существенное свойство теплоты. Можно сказать, что суждения «теплота есть деградированная энергия», «теплота неспособна полностью превращаться в другие формы энергии», по мнению специалистов, есть **суждения понятия**. А такие суждения нельзя опровергнуть, просто сославшись на какие-то факты.

Опровергнуть такого рода суждения можно одним способом. Необходимо показать, что сомнительные, в свете воззрений Энгельса, положения о закономерностях преобразования теплоты в другие формы движения из известных фактов **не следуют**, что при получении такого рода утверждений были допущены ошибки.

Неужели возможно, спросит читатель, чтобы классики термодинамики допустили, а специалисты допускают сегодня серьезные ошибки в рассуждениях по поводу закономерностей преобразования теплоты?

Да. Энгельс указывал: «точное представление о вселенной ... может быть получено только диалектическим путем» [14, с.22]. Между тем специалисты в области термодинамики, как и подавляющее большинство физиков и инженеров, не знают как следует и не применяют сознательно материалистическую диалектику в своих исследованиях. Поэтому нельзя исключать того, что они ошиблись при анализе фактов и своей практики и сделали ошибочные выводы в отношении закономерностей превращений теплоты <sup>1</sup>.

Чтобы найти эти ошибки, приступим к анализу рассуждений, в которых появляются заключения о «второсортности» теплоты как формы энергии, о невозможности полного превращения теплоты в другие формы движения и т. п.

---

<sup>1</sup> У Энгельса есть весьма критичные замечания по поводу мышления классиков термодинамики. Он писал: «Но Гельмгольц, каким бы отличным экспериментатором он ни был, в качестве мыслителя не имеет, конечно, ни малейших преимуществ перед Дюрингом» [55, с.216]. Об одной книге В. Томсона и П. Г. Тейта Энгельс высказался так: «В книге этих двух шотландцев мышление запрещено; здесь разрешается лишь производить вычисления» [10, с.413].

## Об ограничениях на преобразования теплоты

Ограничения, которые второй закон термодинамики накладывает на преобразования теплоты (тепловой энергии)<sup>1</sup> в другие виды энергии, рассматриваются во всех курсах термодинамики. Эти ограничения сжато и ясно рассмотрены в статье «Второй закон термодинамики и энергетика» [118], во вводном разделе которой сказано:

«Коэффициент полезного действия тепловых электростанций не превышает 40%. Еще ниже к. п. д. атомных электростанций...

Чем же объяснить столь низкий к. п. д. современных электростанций и каковы возможности его повышения? ...

Схема любой электростанции предусматривает цепь последовательных преобразований энергии. Так, на ТЭС в процессе сжигания топлива химическая энергия превращается в тепловую. Далее тепловая энергия преобразуется в механическую, а последняя — в электрическую. На АЭС

---

<sup>1</sup> Автор, как и подавляющее большинство физиков, как и классики термодинамики — Р. Клаузиус, В. Томсон, М. Планк, Л. Больцман и др.), теплотой называет ту форму движения материи, «которая обнаруживается для наших чувств в качестве теплоты» [10, с.441], которую в литературе называют еще «тепловой энергией», «теплом», «тепловым движением».

Между тем, в современных курсах термодинамики можно прочитать, что теплота — это не вид энергии, а одна из двух **форм передачи энергии** от одного тела к другому. Теплота «представляет собой микрофизическую форму передачи энергии от одного тела к другому, путем непосредственного молекулярного взаимодействия, т. е. посредством обмена энергией между хаотически движущимися частицами обоих тел. Работа в отличие от теплоты представляет собой макроскопическую упорядоченную форму передачи энергии путем взаимного действия тел друг на друга» [101, с.26]. По-видимому, пионером в таком понимании теплоты был К. А. Путилов (см. [503, с.40-54]), за что в свое время подвергался критике [643]. Странники такого толкования термина «теплота» почему-то не задают простой вопрос: если теплота — форма передачи энергии, имеющая место при контакте в различной степени нагретых тел, то что означает термин «теплопередача»? Если работа — это макроскопическая форма передачи энергии, то какие макроскопические движения происходят, когда совершается **химическая работа**?

Понятие работы обсуждалось нами в гл.2. Чтобы не повторяться, приведем правильное определение работы, которое еще не цитировали: «Процесс перетворения энергии, переходу одной формы в другую форму называется работой» [249, с.87] (Процесс превращения энергии, перехода одной формы движения в другую форму называется работой — укр.). Соответственно, теплота может совершать работу, превращаясь в другую форму движения, но не может превращаться в работу.

Но так как в курсах термодинамики превращение теплоты в механическое движение называют превращением теплоты в работу, а обратный процесс превращением работы в теплоту, автор употребляет выражения «превращение теплоты в работу» и «превращение работы в теплоту», обозначая ими взаимные превращения тепловой и механической энергии.

ядерная энергия также сначала преобразуется в тепловую и лишь затем в механическую и далее в электрическую... **Объективные закономерности, отражающие особые свойства тепловой энергии, нашли свое отражение во втором законе термодинамики. Именно этот закон накладывает определенные ограничения на процессы преобразования тепловой энергии и в конечном итоге обуславливает относительно низкий к. п. д. электростанций**» (выделено мной – В.И.) [118, с.33].

Далее, в разделе «Второй закон термодинамики и преобразование тепловой энергии» говорится:

«В энергетике нас интересует в первую очередь преобразование тепловой энергии в механическую. Рассмотрим простейшее устройство, предназначенное для этой цели.

Пусть имеется некий резервуар тепловой энергии (нагреватель), находящийся при температуре  $T_1$ , а также цилиндр с поршнем, заполненный газом – рабочим телом. Последнее, получая тепло от нагревателя и расширяясь, превращает тепловую энергию в механическую. Наибольшая работа расширения (при заданном изменении объема) будет получена, если давление и тем самым температура рабочего тела в процессе расширения также будут наибольшими. Эти требования соответствуют изотермическому расширению при температуре рабочего тела  $T$ , предельно близкой к  $T_1$ ...

Рассмотренное устройство допускает лишь одноразовое превращение тепловой энергии в механическую и поэтому не является тепловой машиной. Для многократного повторения процесса, т. е. обеспечения циклического действия, необходимо после расширения предусмотреть сжатие рабочего тела до первоначального объема, что потребует затраты механической энергии. Если сжатие будет производиться при той же температуре  $T$ , то результирующей полезной работы мы не получим. Затраты на сжатие будут тем меньше, чем ниже температура сжимаемого рабочего тела. Следовательно, последнее перед сжатием необходимо охладить и отбирать от него тепло во время сжатия. Для этого требуется третье тело (холодильник) с температурой  $T_2 < T_1$ , которому придется отдать часть тепла, полученного от нагревателя. Тем самым показано, что тепловая машина не может превратить все полученное тепло в механическую энергию. **Для обеспечения цикличности действия машины часть тепла обязательно должна быть отдана третьему телу – холодильнику**<sup>1</sup>. Это положение является одной из частных формулировок второго зако-

---

<sup>1</sup> Некоторые авторы вместо слов «для обеспечения цикличности действия» пишут «чтобы двигатель работал непрерывно» или «чтобы процесс преобразования теплоты в работу происходил непрерывно», демонстрируя тем самым весьма своеобразное представление о непрерывности. Они называют непрерывным процесс преобразования теплоты в работу, состоящий – в случае цикла Карно – из четырех процессов, из которых собственно преобразованием теплоты в работу является только один процесс, происходящий при изотермическом расширении рабочего тела (более подробно см. ниже). Если такой процесс можно назвать непрерывным, тогда Солнце освещает Киев (и Москву) непрерывно.

на термодинамики, предложенных применительно к теории тепловых машин» (выделено мной – В.И.) [118, с.37].

Подобные рассуждения, только более подробные, есть в курсе «Молекулярная физика» А. К. Кикоина и И. К. Кикоина, в параграфе «Преобразование теплоты в механическую работу» [322, с.254-257].

Ограничения на преобразование теплоты в работу детально рассмотрены А. А. Гухманом [222], в главе «Проблема теплового двигателя», в которой, в частности, сказано:

«...одной из важнейших особенностей циклических изменений состояния системы является неразделимость двух следствий ее взаимодействия с окружающей средой – преобразования теплоты в работу и переноса теплоты с более высокого температурного уровня на более низкий. Это означает, что количество теплоты, получаемое системой из окружающей среды, возвращается в окружающую среду частично в виде работы и частично в виде теплоты более низкой температуры. Таким образом, уравнение, определяющее конечный результат действия системы, представится в виде

$$Q' = L + Q'', \text{ или } L = Q' - Q''.$$

Здесь  $Q'$  и  $Q''$ , как и раньше, – количества теплоты, полученной системой из окружающей среды и отданной в окружающую среду соответственно. ...Количество теплоты  $Q''$ , возвращаемой в процессе преобразования окружающей среде в виде теплоты, должно быть оценено как чистая потеря – потеря неустранимая, обусловленная самой структурой процесса. Но ценой потери преобразующая система освобождается от ограничения длительности ее действия. В этом смысле можно сказать, что количество теплоты  $Q''$  есть плата за возможность создать условия, необходимые для непрерывного сколь угодно длительного действия системы.

...Основной вывод из сказанного заключается в том, что в тепловом двигателе может быть полезно использована – превращена в работу – только часть того количества теплоты, которое заимствуется им из теплового источника» (выделено мной – В. И.) [там же, с.185-186].

Коротко изложим основные положения процитированных фрагментов. Простейшее устройство, с помощью которого можно преобразовать теплоту (тепловую энергию) в механическое движение – цилиндр с поршнем, заполненный рабочим телом – газом. При изотермическом расширении (идеального) газа подводимая к нему теплота полностью превращается в работу (механическое движение). Однако расширение газа не может продолжаться сколь угодно долго (бесконечно)<sup>1</sup>. Чтобы тепловой двигатель работал неограниченно долго, после расширения газа в каких-то пределах необходимо вернуть поршень в исходное положение и повторить расширение. Чтобы вернуть поршень в исходное положение, газ необходимо сжать. Если газ сжимать при той же температуре, при которой он расширялся, на сжатие

---

<sup>1</sup> Кроме того, в земных условиях давление газа в цилиндре должно превышать атмосферное.

будет затрачено (в идеальном случае) столько работы (механической энергии), сколько было получено при расширении и после возврата системы в исходное состояние полезный эффект (работа, полученная в круговом процессе) будет равен нулю.

Чтобы после возвращения рабочего тела в исходное состояние работа отличалась от нуля, сжатие необходимо производить при более низкой температуре, чем расширение, соответственно, при более низком давлении. Но так как давление газа не может равняться нулю, на сжатие затрачивается часть работы, полученной на первой стадии цикла – в ходе расширения газа. Эта работа превращается в теплоту, которая поглощается холодильником. Поскольку в работу превращается не вся теплота, заимствованная от нагревателя, коэффициент полезного действия теплового двигателя всегда ниже 100%.

## **Обсуждение ограничений на преобразование теплоты**

Основываясь на изложенном выше анализе процессов превращения теплоты (тепловой энергии) в механическое движение (в работу), в тепловом двигателе, прежде всего следует сделать заключение об ошибочности следующих положений, которые часто встречаются в литературе:

- теплота превращается в работу только при наличии двух тел с различной температурой (для получения работы из теплоты нужен не только источник теплоты (нагреватель), но и холодильник);
- теплота не может полностью превратиться в работу;
- необходимым условием превращения теплоты в работу является переход части теплоты к холодильнику.

**Все эти ограничения касаются преобразования теплоты (тепловой энергии) в работу (механическую энергию) в тепловых двигателях, в которых осуществляются круговые процессы (циклические изменения состояния рабочего тела).** Если преобразование тепловой энергии в механическую происходит не в круговом процессе все названные ограничения недействительны. В частности, при изотермическом расширении идеального газа холодильника нет, двух тел с различной температурой нет, перехода теплоты к холодильнику нет, теплота, которую отдает нагреватель, превращается в работу полностью, на что в свое время обратил внимание М. Планк. Соответственно, те авторы, которые «забыли» сообщить читателям, что перечисленные выше ограничения касаются преобразования теплоты в работу при помощи круговых процессов (например [140, с.119-124; 149, с.50-51; 292, с.89; 367, с.207; 321, с.163-165; 545, с.24; 614, с.28; 651, с.62; 652, с.258]), вольно или невольно вводят читателей в заблуждение.



Имея в виду то обстоятельство, что на основании особенностей превращения теплоты в другие формы энергии делали вывод о грядущей тепловой смерти Вселенной, заметим, что в природе преобразование тепловой энергии в другие формы энергии происходит не в тепловых двигателях и не в круговых процессах. Соответственно, названные ограничения на преобразование тепловой энергии недействительны для природных процессов.

Помня о существовании названных ограничений на превращение теплоты в другие формы движения и забывая о том, что они касаются круговых процессов, многие авторы пишут примерно так: «все виды энергии легко превращаются в тепловую, обратный же процесс связан с определенными трудностями и требует дополнительной затраты энергии» [88, с.39], подчинен ряду ограничений.

Автор предлагает тем, кто так считает, превратить полностью в теплоту потенциальную энергию кирпича, находящегося на высоте 100 м. Если кирпич просто сбросить с такой высоты, то часть его потенциальной энергии при ударе о твердую поверхность превратится в звук, часть уйдет на разрушение кирпича. Чтобы потенциальная энергия кирпича полностью превратилась в теплоту, придется делать специальное устройство. Проще, чем тепловой двигатель, но все же демонстрирующее, что полностью превратить механическую энергию в тепло не всегда просто. Еще труднее превратить полностью в теплоту кинетическую энергию тела, движущегося со скоростью нескольких километров в секунду...

Кстати, К. Э. Циолковский отмечал:

«Но и последняя (т. е. механическая работа) никогда на практике целиком не переходит в одно тепло, одно электричество, свет и проч. Возьмем, например, механическое трение. Тут кроме тепла обязательно получается электричество; может, конечно, получиться и свет» (цит. по [191, с.25]).

У многих авторов можно встретить рассуждение вроде следующего:

«...Существуют определенные ограничения при превращении теплоты в работу. Если бы этого не было, то можно было бы построить машину, которая смогла бы путем охлаждения окружающих тел превращать взятую из окружающей среды теплоту в работу.

Так как запас тепловой энергии, содержащийся в земле, воде и атмосфере, практически неограничен, то такая машина была бы для всех практических целей эквивалентна *perpetuum mobile*. Такую гипотетическую машину называют *perpetuum mobile* второго рода.

Второй закон термодинамики исключает возможность построения *perpetuum mobile* второго рода» [588, с.32] (см. также [292, с.88-89]).

При этом почему-то упускают из виду то, что Земля обладает не только практически неограниченным запасом тепловой энергии океанов и атмосферы. Имея массу  $6 \cdot 10^{24}$  кг и двигаясь по орбите вокруг

Солнца со скоростью 30 км/с, Земля обладает кинетической энергией  $2,7 \cdot 10^{33}$  Дж. Почему бы не использовать на благо человечества маленькую долю этой механической энергии? Ведь механическая энергия – энергия высокого качества и легко может быть преобразована в другие формы! Сегодня потребляемая человечеством мощность равна примерно  $1,3 \cdot 10^{13}$  Вт. Если эту энергию получать за счет кинетической энергии земного шара, то после тысячи лет использования этой энергии скорость Земли уменьшится на одну тысячную! Чем не механический вечный двигатель второго рода?

Однако, по мнению автора, кинетическую энергию земного шара превратить в другие формы без затрат не удастся <sup>1</sup>. Более того, насколько автор может судить, невозможно без затрат энергии осуществить превращение, скажем, в теплоту, кинетической энергии какого-нибудь небесного тела Солнечной системы (если оно само не столкнется с другим телом) или космического аппарата, находящегося на орбите. Ведь для этого нужно направить навстречу заданному небесному телу (космическому аппарату) другое небесное тело или космический аппарат. А чтобы направить, нужно сообщить небесному телу (космическому аппарату) некоторую энергию.

Таким образом, по мнению автора, есть основания, в дополнение к закону «вечный двигатель второго рода (тепловой) невозможен», провозгласить новый закон: механический вечный двигатель второго рода невозможен. А если серьезно, то следует признать, что утверждения о легкости превращения механического движения в теплоту и трудностях обратного превращения сохранилось в науке исключительно в результате их бездумного повторения в течение полутора веков <sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> «В механике мы привыкли, что кинетическая энергия тела может быть целиком превращена в работу» [541, с.47]. Эта привычка, по-видимому восходит к Аристотелю и Птолемею, считавших Землю неподвижным центром мира. Но Земля вращается вокруг своей оси и движется по орбите вокруг Солнца, которое движется вокруг центра Галактики, которая движется... Соответственно, пора привыкнуть, что кинетическую энергию тела невозможно целиком превратить в работу.

«Надо иметь также в виду, что полный переход теплоты системы в другую форму движения означал бы достижение системой абсолютного нуля...» [429, с.44]. Но почему тогда полный переход кинетической энергии тела в другую форму движения не означает достижения абсолютного нуля скорости?

<sup>2</sup> Если вспомнить, что всякая теория отражает не просто природу, а природу, преобразуемую практически, соответственно, является отражением некоторой практики, то можно предположить, что в положении «механическая энергия легко превращается в теплоту, а обратное превращение затруднено» нашла отражение практика фабричного механика XIX в., который знал, что превращение механического движения в теплоту происходит везде, где трущиеся детали плохо смазаны, а теплоты в механическое движение – только в паровой машине, зачастую, единственной на фабрике.

В главе «Преобразование энергии оптического излучения при взаимодействии с различными приемниками» учебника «Основы светотехники» читаем:

«...В разреженном газе... тепловое действие поглощенного излучения практически не наблюдается. Поглощаемая в этом случае энергия излучения превращается в энергию фотолуминесценции, химическую и др.» [414, с.253].

Знают ли об этом те, кто заявляет: «Все виды энергии легко и полностью превращаются в теплоту»? В разреженном газе излучение превращается в какие угодно формы движения, но не в теплоту! А если учесть, что во Вселенной объем межзвездного и межгалактического пространства, занимаемого разреженными газами, на несколько порядков больше объема, занимаемого звездами и планетами, то можно твердо заявить, что в огромных пространствах космоса условия для превращения излучения (а также механического движения) в теплоту крайне неблагоприятны <sup>1</sup>. Похоже, положение о легкости превращения всех видов движения в теплоту является истинным только для условий, окружающих человека на Земле.

Многие авторы сообщают о том, что в любых всех процессах превращения и передачи энергии, часть ее превращается в тепловую, из чего делают вывод об особых свойствах теплоты. Разумеется, все эти авторы знают о тепловом расширении тел. Но тепловое расширение тел, которое происходит всегда (если не приняты специальные меры), когда телу сообщается теплота, есть не что иное, как механическое движение. Всем известно также о том, что при нагревании газов и жидкостей в них возникают конвективные потоки, которые тоже есть не что иное, как механическое движение. Таким образом, положение о невозможности передачи энергию от одного тела к другому без того, чтобы часть ее не превратилась в теплоту, следует дополнить положением, согласно которому невозможно передать теплоту от одного тела к другому, без того, чтобы часть ее не превратилась в механическое движение (а также — в электрическое, химическое...).

К. А. Путилов в качестве простейшей формулировки второго начала термодинамики называет следующую: «*невозможен процесс, имеющий единственным своим результатом превращение тепла в работу*» [503, с.60] (см. также [588, с.33]) и дает такой комментарий:

---

<sup>1</sup> Этот пример не может окончательно опровергнуть то положение, что во Вселенной процессы преобразования всех форм движения в теплоту преобладают над обратными. Но он демонстрирует, что заключение о существовании каких-то тенденций в превращениях энергии во Вселенной нельзя обосновывать ссылкой на очевидные, всем известные факты, как это обычно делается. Подобное заключение может быть получено только на основе длительных исследований процессов превращения форм движения во Вселенной.

«Смысл приведенной формулировки второго начала термодинамики заключается в том, что невозможен процесс превращения тепла  $Q$  в работу  $A$ , если в итоге этого процесса состояние рабочего тела становится таким же, каковым было в начале процесса... ..Когда происходит преобразование работы в теплоту, дело может ограничиться изменением термодинамического состояния одного лишь теплополучающего тела (например, при нагревании путем трения); в противоположность этому всегда, когда происходит преобразование теплоты в работу, наряду с охлаждением теплоотдающего тела непременно происходит изменение термодинамического состояния еще одного или нескольких тел. В термодинамике это изменение термодинамического состояния рабочего тела или других привлекаемых к участию в процессе тел, называется *компенсацией* превращения тепла в работу. Указанный термин позволяет выразить второе начало следующим утверждением (вторая формулировка): *«невозможно превращение тепла в работу без компенсации»*.

Мы вправе были бы различать компенсацию двух родов. Будем говорить, что происходит *компенсация первого рода*, если в итоге процесса, когда теплота  $Q$  превращается в работу  $A$ , имеет место изменение термодинамического состояния рабочего тела. Пример – изотермическое расширение газа. Если газ идеальный, то при изотермическом расширении его внутренняя энергия остается, как известно, без изменений, и вся сообщаемая газу теплота нацело превращается в работу. Компенсацией этого превращения тепла в работу здесь является увеличение объема газа...

Для анализа работы тепловых машин всех конструкций (паровых – поршневых, паровых турбин, двигателей внутреннего сгорания, газовых турбин) является более важной компенсация второго рода, когда превращение  $Q$  в  $A$  компенсируется изменением состояния каких-либо новых тел, а состояние рабочего тела эпизодически возвращается к исходному. В качестве таких «дополнительных» тел в тепловых машинах обычно служат холодильники» [503, с.61].

Легко заметить, насколько уязвимыми для критики являются эти положения о компенсации. С тем же правом, с которым увеличение объема газа при изотермическом расширении считается компенсацией первого рода превращения теплоты в работу, уменьшение объема газа при изотермическом сжатии можно считать компенсацией первого рода превращения работы (механической энергии) в теплоту.

С тем же основанием, с которым переход теплоты к холодильнику в прямом цикле Карно считается компенсацией второго рода при превращении теплоты в работу, переход теплоты от холодильника к нагревателю в обратном цикле Карно можно считать компенсацией второго рода при превращении работы в теплоту.

Таким образом, формулировку второго закона термодинамики *«невозможно превращение тепла в работу без компенсации»* следует дополнить формулировкой *«невозможно превращение работы в тепло без компенсации»*.

Далее, если изменение параметра тела (увеличение объема газа) можно считать компенсацией происходящего процесса (превращения теплоты в работу), то уменьшение высоты тела (или увеличение его скорости) можно считать компенсацией превращения потенциальной энергии тела в кинетическую при его свободном падении. А так как никакой процесс в природе не происходит без изменения каких-либо параметров тел, участвующих в нем, то можно провозгласить и такой «закон»: никакое изменение в природе невозможно без компенсации.

Таким образом, положения о «компенсациях», о которых писал, в частности, К. А. Путилов, являются совершенно бессодержательными.

Интересно отметить, что в ряде курсов термодинамики пишут о деградации энергии **в изолированных системах** при их переходе «из одного состояния в другое с помощью неравновесных процессов» [294, с.65]. «Утрата энергией изолированной системы способности совершать работу рассматривается как обесценивание ее – деградация» [там же] (см. также [114, с.101-103]). Разумеется, если положение о деградации энергии относится только к изолированным системам, то в природных процессах не может быть деградации энергии, так как в природе нет изолированных систем.

В параграфе «Свободная энергия» курса [322] сказано:

«Представим себе некоторое тело, например газ, в котором могут происходить изотермически обратимые процессы расширения и сжатия. Для этого газ необходимо поместить в термостат., т. е. привести его в контакт с телом большой теплоемкости, температура которого постоянна. Расширяясь, газ может произвести механическую работу, следовательно, наша система, состоящая из термостата и газа, обладает некоторой энергией. Та часть энергии системы, которая при данных условиях может быть использована для преобразования в механическую работу, называется свободной энергией.

Система, значит, не может совершить работу, превышающую значение ее свободной энергии.

В этом смысле мы здесь имеем ситуацию, несколько отличную от механической системы. В механике, как известно, энергия тела или системы тел равна сумме потенциальной и кинетической энергий. Оба эти вида энергии макроскопических тел (а только такие тела рассматриваются в механике) могут быть целиком преобразованы в механическую работу. Внутренняя же энергия молекулярной системы в интересующем нас случае не может быть целиком превращена в работу» [322, с.268].

Итак, при постоянной температуре (в изотермическом процессе) в работу превращается часть внутренней энергии системы газ-термостат. Эта часть называется свободной энергией. Для механических систем ситуация другая – потенциальная и кинетическая энергия могут быть целиком преобразованы в работу.

Логика авторов изумляет. Система, на которую наложено ограничение (постоянство температуры) сравнивается с системой, на которую ограничения не наложены! Разумеется, если ввести ограничения на движение перемещающегося тела, то и в механику можно ввести понятие свободной энергии. Если потребовать, чтобы движения происходило при неизменной высоте, то свободной энергией пришлось бы считать кинетическую, а при постоянной скорости тела свободной энергией считалась бы потенциальная.

Следовательно, из того, что в работу превращается только так называемая свободная энергия, вывод о «второсортности» теплоты как формы энергии тоже не следует<sup>1</sup>.

Еще один пример.

«Большая масса воды неспособна совершать работу до тех пор, пока она не может перетекать к более низкому уровню через какую-нибудь машину. Точно так же данное количество тепла без воздействия внешних агентов может произвести работу только в случае падения температуры» [205, с.110].

Выходит, необходимость двух уровней и переход части энергии к более низкому уровню не является особенностью преобразования теплоты? Да, отвечает Э. Мах.

«...Мах подчеркивает, что у каждой формы энергии мы должны различать ее количество (Energienwert) и ее «потенциал», или «уровень» (Niveauwert) и что тогда можно сформулировать общее положение: «Если из общего количества какой-либо формы энергии  $W'+W$ , находящейся при потенциале  $V_1$ , часть  $W'$  превращается в другую форму энергии, то остаток должен упасть до потенциала  $V_2$ ...» [547, с.350-351] (см. также [433, с.118-119]).

Оказывается, для превращения в другую форму движения не только часть теплоты должна «упасть» — перейти к холодильнику с более низким уровнем температуры; если потенциальная энергия воды превращается в другую форму, вода переходит на более низкий уровень с потенциальной энергией, соответствующей этому уровню. Более того, если преобразование теплоты в работу возможно и без более холодного тела, и без ее перехода к холодильнику — при изотермическом расширении газа, то превращение потенциальной энергии воды в работу без разницы уровней и без ее перехода на более низкий уровень невозможно. Таким образом, превращение потенциальной энергии подчинено большему количеству запретов, чем тепловой. Почему же во многих книгах утверждается обратное? По традиции?

А вот что писал В. Оствальд.

«Пусть дано пространство однообразной температуры. Тогда внутри его не произойдет нигде изменения температуры. Теплота пребывает в покое, и не наступает никакого термического явления.

---

<sup>1</sup> Ниже мы продолжим разговор о свободной энергии.

То же будет иметь место, если в данном пространстве будет находиться электрическая энергия однообразного напряжения. Она тоже не может измениться произвольно, и никакого электрического явления не произойдет.

Те же соображения могут быть применены к механическим случаям, напр., к пространству с однообразным давлением, каковым приблизительно можно считать пространство на поверхности земли. И здесь ничего не происходит, пока давление всюду одинаково, и только тогда, когда наступают различия в давлениях, воздух приходит в движение.

Все эти случаи сходны между собою в том отношении, что некоторая измеримая величина: температура, электрическое напряжение, давление, однообразно распределена в рассматриваемом пространстве...

Назовем свойство, от однообразного распределения которого зависит состояние покоя соответственной энергии, *интенсивностью* этой энергии...

Из всего изложенного нами (сказанное нами можно распространить и на все другие виды энергии) вытекает следующий общий закон процесса: *чтобы какой-нибудь процесс имел место, надо чтобы существовали разности интенсивностей присутствующих энергий..* Общим выражением этого закона мы обязаны Г. Гельму.

Итак, если нет разности интенсивностей, то ничего не происходит» [465, с.183-185] (см. также [248, с.13]).

Таким образом, по Оствальду и Гельму, необходимость разности температур для преобразования теплоты в другие виды энергии есть частный случай необходимости разности потенциалов для преобразования других видов энергии. То, что современные авторы приписывают только теплоте, вовсе не является ее особенностью.

Встречается и такое рассуждение:

«Если любая форма движения может полностью перейти в теплоту, то обратное преобразование теплоты в любую другую форму движения возможно лишь частично. Объясняется это, очевидно, тем, что теплота в отличие от всех остальных форм движения представляет собой хаотическое, неупорядоченное движение микрочастиц и, следовательно, по самой своей природе не может самопроизвольно полностью перейти в упорядоченное состояние, характерное для остальных форм движения» [429, с.44].

По этому поводу заметим: когда теплота подводится к газу, который находится в цилиндре с подвижным поршнем и расширяется при постоянной температуре, «хаотическое, неупорядоченное движение микрочастиц» самопроизвольно и мгновенно (по самой своей природе) превращается (переходит) в направленное (упорядоченное) движение поршня.

Таким образом, можно заключить, что все аргументы в пользу «второсортности» теплоты и деградации энергии, основанные непосредственно на фактах, при более внимательном рассмотрении оказываются несостоятельными: при помощи такого рода аргументов мож-

но обосновать не только положение о «второсортности» теплоты, но и «доказать» «второсортность» любого вида энергии.

Однако среди положений, ограничивающих превращение теплоты в другие формы движения, есть такое, которое выглядит более обоснованным и специфическим для теплоты. Это теорема Карно.

### **Следует ли из теоремы Карно заключение о невозможности полного преобразования теплоты в другие виды энергии?**

Эффективность преобразования энергии количественно характеризуется величиной коэффициента полезного действия (КПД).

«Коэффициент полезного действия (кпд) – характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии; определяется отношением  $\eta$  полезно использованной энергии  $W_{пол}$  к суммарному количеству энергии  $W_{сум}$ , полученному системой:  $\eta = W_{пол} / W_{сум}$ . Кпд – величина безразмерная... Из-за неизбежных потерь энергии на трение, нагревание окружающих тел и т.п. всегда  $\eta < 1$ ...» [590, с.317-318].

Обращаем внимание на то, что величина КПД меньше единицы из-за потерь на трение, нагревание и т. п.; если бы такого рода потерь не было, КПД равнялся бы 1. В случае же преобразования тепла в механическое движение, которое происходит в тепловых двигателях, КПД не может достигать 1 даже в идеальном случае, когда нет трения.

«Для всех идеальных двигателей, кроме тепловых, КПД равен единице. А вот для тепловых двигателей он всегда меньше единицы и зависит от температуры источника теплоты и окружающей среды» [540, с.74] (см. также [70, с.141; 590, с.318]).

«У тепловых двигателей в силу *второго начала термодинамики* кпд имеет верхний предел, определяемый особенностями термодинамического цикла (кругового процесса), который совершает рабочее вещество. Наибольшим кпд обладает *Карно-цикл*» [590, с.318].

«Карно теорема, теорема о макс. *коэффициенте полезного действия* тепловых двигателей...: кпд  $\eta = (T_1 - T_2) / T_1$  *Карно цикла* максимален и не зависит от природы рабочего в-ва и конструкции идеального теплового двигателя, он определяется только темп-рами нагревателя  $T_1$  и холодильника  $T_2$ » [590, с.244] (см. также например [503, с.62-64; 530, с.98; 101, с.77-78]).

Если даже в идеальном случае, когда нет побочных процессов, КПД теплового двигателя не достигает 1, то означает ли это, что теплоту невозможно полностью преобразовать в другие виды энергии? Да, отвечают многие авторы.

«Коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя, т. е. такого двигателя, в котором не учитываются потери на излучение



энергии, на трение и т. д. далек от 100%. Это значит, что превращение теплоты в другие формы энергии затруднено в сравнении с переходом этих форм в тепловую» [516, с.82].

«Второе начало... выражает особенности теплового движения... Согласно этому закону, к.п.д. теплового двигателя даже в идеальных условиях не может быть равен 1, в то время как в этих условиях к.п.д., например, двигателя, превращающего электрическое воздействие в механическую работу (электродвигатель), равен 1» [101, с.172].

Наличие такого рода особенности у одной из форм движения, как говорилось выше, противоречит абсолютному закону природы – закону превращения форм движения, сформулированному Энгельсом.

Поэтому либо теорема Карно ложная, либо из нее не следует заключение о невозможности полного превращения теплоты в другие формы энергии. Чтобы разобраться в этом, прежде всего проанализируем содержание понятия КПД, для чего рассмотрим, как определяют КПД различных преобразователей энергии.

**Электрические двигатели** – это устройства, предназначенные для преобразования электрической энергии в механическую. В электродвигателе за одну секунду превращается в иные формы электрическая энергия в количестве, равном потребляемой мощности  $P_1$  и возникает механическая энергия в количестве, равном мощности на валу двигателя  $P_2$ . Разность  $P_1 - P_2$  превращается в теплоту [268, с.256]. **КПД электродвигателя**  $\eta$  определяется как  $P_2/P_1$  [там же, с.257], т.е. как отношение электроэнергии, преобразованной в электродвигателе в механическую, к электроэнергии, преобразованной в электродвигателе в иные формы.

В ГЭС потенциальная энергия падающей воды преобразуется в электроэнергию. **КПД ГЭС** равняется отношению количества возникшей за одну секунду электроэнергии (мощности станции) к количеству преобразованной в иные формы потенциальной энергии воды (мощности потока в створе) [651, с.402–403].

**КПД источника излучения** определяется как отношение потока излучения (т.е. мощности переноса энергии излучения) к мощности, потребляемой источником (т.е. энергии, преобразуемой источником излучения в иные формы) [414, с.59].

При падении на **приемник излучения** излучение частично отражается, частично поглощается. Поглощенная энергия частично преобразуется в так называемую эффективную энергию – полезную форму (например, электрическую в случае фотоэлемента), частично в энергию потерь – формы энергии, которые побочно возникают в процессе преобразования [414, с.42–43]. **Коэффициент поглощения излучения** ( $\alpha_c$ ) показывает, какая доля энергии излучения, упавшего на облучаемое тело, преобразуется в иные формы энергии. **Энергетический выход процесса преобразования энергии излучения** ( $\eta_s$ ) равен отношению эф-

фективной энергии к энергии излучения, поглощенной приемником. **Интегральная чувствительность приемника излучения** пропорциональна отношению эффективной энергии к энергии излучения, упавшей на приемник:  $K = \alpha \epsilon \eta_0$  [там же, с.42–43]. Интегральная чувствительность называется еще **коэффициентом превращения** [651, с.586].

КПД электродвигателя, КПД ГЭС, КПД излучателя, энергетический выход процесса преобразования энергии излучения показывают, какая часть энергии, изменившей в преобразователе форму, превратилась в полезную форму. Эти показатели характеризуют соответствующие преобразователи энергии в одном отношении – показывают, насколько «чисто» протекает процесс преобразования. Отклонение от единицы этих показателей обусловлено протеканием побочных, нежелательных с точки зрения назначения преобразователей процессов преобразования энергии. При вычислении этих показателей  $W_{СУМ}$  означает энергию, изменившую в преобразователе форму, энергию, преобразованную в иные формы. Если в преобразователе не происходят нежелательные преобразования энергии, его КПД равен единице.

В идеальном тепловом двигателе, преобразующем теплоту в механическую энергию нет побочных процессов преобразования энергии. КПД идеального теплового двигателя, в отличие от КПД названных выше преобразователей, меньше единицы потому, что при определении КПД теплового двигателя  $W_{СУМ}$  означает не теплоту, **преобразованную в двигателе в иные формы**, как в названных выше случаях, а величину другого рода – теплоту, **подведенную к двигателю**, аналогом которой является энергия излучения, упавшего на приемник в случае преобразования излучения.

Если определять КПД ГЭС так, как определяют КПД тепловых двигателей, то для ГЭС под  $W_{СУМ}$  следует понимать потенциальную энергию воды, подводимой к станции в верхнем бьефе, а КПД ГЭС будет означать величину, которая показывает, какая доля потенциальной энергии воды, подводимой к станции в верхнем бьефе, преобразуется в электроэнергию.

Для определенного таким образом КПД в случае идеальной ГЭС (в которой нет побочных превращений энергии) получим формулу:

$$\eta_{ГЭС} = (H_B - H_H) / H_B, \quad (1)$$

где  $H_B$  и  $H_H$  – абсолютная (по отношению к уровню моря) высота уровней воды в верхнем и нижнем бьефе соответственно.

Эта формула подобна формуле для зависимости КПД идеального теплового двигателя Карно от температуры. Основываясь на этой формуле, можно заявить, что в ГЭС, даже в идеальном случае, потенциальная энергия воды превращается в электроэнергию не пол-

ностью<sup>1</sup> и что максимальный КПД ГЭС тем больше, чем выше разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефе.

КПД теплового двигателя можно сравнивать с величиной интегральной чувствительности  $K$  приемника излучения, которая пропорциональна отношению полезной формы энергии к энергии, упавшей на приемник. Если интегральную чувствительности приемника излучения разделить на коэффициент пропорциональности  $c$ , получим величину, подобную КПД теплового двигателя.

В то же время, если определить КПД теплового двигателя так, как определяется энергетический выход процесса преобразования энергии излучения ( $\eta_3$ ), КПД электродвигателя, КПД ГЭС – т.е. как отношение возникшей в двигателе за один цикл механической энергии к теплоте, превращенной за один цикл в иные формы энергии, – то можно получить, что КПД идеального теплового двигателя равняется единице и не зависит от температур нагревателя и холодильника – точно так же, как и КПД других идеальных преобразователей энергии.

На принципиальное отличие КПД теплового двигателя от КПД других устройств указывал А. А. Гухман. Он писал:

«По идее (в согласии с которой термин обычно и употребляется), в КПД должны находить отражение потери энергии, обусловленные эффектами, которые возникают в ходе процесса, совершающегося в соответствии с назначением устройства. Эффекты эти, сопутствующие основному процессу, совершенно чужеродны по отношению к нему и никак не связаны с принципом действия устройства. Теоретическая идеальная модель рабочего устройства совершенно свободна от такого рода процессов и по определению понятия ее КПД следует приписать значение, равное единице. Отклонение КПД реального устройства от единицы характеризует различие между практически достигнутой эффективностью и принципиально возможной.

Совсем другой круг идей и физических представлений связан с величиной  $\eta$ , которую мы ввели посредством (6.1)<sup>2</sup>. ... Уравнение (6.1) является концентрированной формой выражения результатов анализа: обязательной предпосылкой реализации непрерывно совершающегося процесса преобразования теплоты в работу является потеря некоторой доли расходуемого количества теплоты. В противоположность предыдущему эта потеря является органически неотделимым свойством основного процесса, и ее отнюдь не следует относить к числу вторичных эффектов, обусловленных несовершенством устройства и подлежащих устранению. Ра-

---

<sup>1</sup> Именно это утверждал Э. Мах: «Тяжесть  $P$  на высоте  $H_1$  представляет энергию  $W_1 = PH_1$ . Заставим ее упасть до меньшей высоты  $H_2$ . При этом производится работа, которой пользуются для получения живой силы, теплоты, электрического заряда и т. д., или которая, говоря короче, преобразуется. Тогда еще *остается* энергия  $W_2 = PH_2$ ...» [433, с.118-119].

<sup>2</sup> Уравнение (6.1):  $\eta = L/Q'$  [222, с.186], где  $L$  – работа, полученная в цикле,  $Q'$  – теплота, полученная рабочим телом от нагревателя.

зумеется, было бы совершенно неправильно рассматривать величину  $\eta$  в духе обычного понимания – как некую меру уменьшения (под влиянием этого рода эффектов) теоретически достижимого результата при переходе к реальным условиям...» [222, с.186-187].

К сожалению, А. А. Гухман не сделал вывод о некорректности встречающегося в литературе сравнения тепловых двигателей с другими преобразователями энергии по величине КПД.

Таким образом, поскольку КПД тепловых двигателей и КПД ряда других преобразователей энергии (например, электродвигателей, ГЭС, источников излучения) характеризуют соответствующие преобразователи в разных отношениях, то **сопоставление тепловых двигателей с другими преобразователями энергии по величине КПД логически некорректно.**

**Из того, что, согласно теореме Карно, КПД идеального теплового двигателя не может достигать 1, не следует заключение о невозможности полного превращения теплоты в другие формы энергии.**

Читатель может возразить: но ведь только в тепловых двигателях необходим переход части преобразуемой энергии (теплоты) к холодильнику. Проанализируем превращения энергии, которые происходят в цикле Карно, совершаемом идеальным газом, и выясним, для чего здесь нужен переход теплоты к холодильнику.

Цикл Карно (см. рис.1) включает следующие процессы:

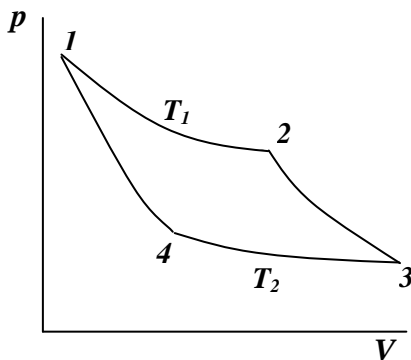
(1)–(2) – изотермическое расширение газа (в общем случае – рабочего тела) при температуре  $T_1$ , при котором газ получает от нагревателя теплоту в количестве  $Q_1$ ;

(2)–(3) – адиабатическое (без подвода или отвода теплоты) расширение газа, при котором его температура понижается от  $T_1$  до  $T_2$ ;

(3)–(4) изотермическое сжатие газа при температуре  $T_2$ , при котором холодильник получает теплоту в количестве  $Q_2$ ;

(4)–(1) – адиабатическое сжатие газа, при котором его температура повышается от  $T_2$  до  $T_1$ .

Рис. 1 Цикл Карно на  $p$ - $V$ -диаграмме



Если начать цикл с состояния газа, соответствующего точке (4), то после адиабатического сжатия с повышением его температуры от  $T_2$  до  $T_1$ , изотермического расширения при температуре  $T_1$  с поглощением теплоты  $Q_1$ , адиабатического расширения с понижением температуры от  $T_1$  до  $T_2$  состояние газа на диаграмме будет отображаться точкой (3). Итогом такого – незамкнутого (некругового) – процесса бу-

дет превращение теплоты  $Q_1$  в работу и изменение состояния газа, эквивалентное его изотермическому расширению при температуре  $T_2$ . В таком – некруговом – процессе вся полученная газом от нагревателя теплота превращена в работу. Последняя стадия цикла – изотермическое сжатие газа при температуре  $T_2$ , когда теплота в количестве  $Q_2$  переходит к холодильнику, – необходима не для превращения подведенной к газу теплоты в работу (которое произошло на стадии изотермического расширения газа при температуре  $T_1$ ), а для замыкания цикла, для того, чтобы вернуть газ (рабочее тело) в исходное состояние (4).

Превращение части полученной работы в теплоту и поглощение этой теплоты холодильником при изотермическом сжатии газа при температуре  $T_2$  (соответственное, **теплота, отданная холодильнику**) является «платой» («данью») не за превращения теплоты в работу, как часто утверждается (см. например [81, с.101; 527, с.15]), а за **повторное использование данного рабочего тела** для превращения в работу новой порции теплоты, иначе говоря, «для обеспечения цикличности действия машины» [118, с.37], о чем, кстати, сообщают многие авторы<sup>1</sup>.

Однако мало кто осознает, что такого рода «плата» – переход части превращаемой энергии к источнику с низшим потенциалом – имеет место во всех преобразователях энергии, в которых осуществляются круговые процессы. На это обращал внимание А. А. Гухман. Он писал:

«Как нам хорошо известно, характерной особенностью равновесных взаимодействий любого рода является единообразие отвечающих им количественных закономерностей. Поэтому исследованию (цикла – В.И.) можно придать обобщенный характер, если рассматривать тепловой двигатель как частный случай преобразующей системы, обладающей двумя степенями свободы, из которых одна определена как деформационная, а другая – степень свободы рода  $x$  – представлена параметрами состояния: координатой  $x$  и потенциалом  $P$  (и соответственно количеством воздействия  $dQ_x = Pdx$ )» [222, с.188],

Рассматривая круговые процессы, совершаемые такой системой, А. А. Гухман приходит к заключению:

«если физически возможные изменения потенциала ограничены интервалом  $P'$  и  $P''$ , то наибольшее возможное значение КПД цикла определяется уравнением

$$\eta_{\max} = 1 - P''/P' \quad (2)$$

<sup>1</sup> «...количество теплоты  $Q''$  есть плата за возможность создать условия, необходимые для непрерывного сколь угодно длительного действия системы» [222, с.186].

<sup>2</sup> Такие же формулы приводят А. И. Вейник [169, с.397] и В. Ф. Леонова [375, с.104].

Таким образом, отличие максимального значения КПД идеального теплового двигателя от единицы обусловлено не тем, что в нем происходит преобразование теплоты в механическое движение (механическую энергию) – энергии низшего сорта в энергию высшего сорта, а тем, что в нем осуществляется круговой процесс (цикл). Все, что пишут об особенностях идеального теплового двигателя Карно – применимо и к другим преобразователям энергии, в которых реализуются те или иные варианты обобщенного цикла Карно <sup>1</sup>.

**Соответственно, из теоремы Карно не следует вывод, будто теплота имеет какие-то особенности в отношении преобразования в другие формы движения по сравнению с взаимными преобразованиями других форм движения.**

В законе, который «накладывает определенные ограничения на процессы преобразования тепловой энергии» [118, с.33], который гласит, что «к.п.д. теплового двигателя даже в идеальных условиях не может быть равен 1» [101, с.172], отражаются не «особые свойства тепловой энергии» [118, с.33] и не «особенности теплового движения» [101, с.172], а особые свойства круговых процессов.

### **Можно ли теплоту преобразовывать в другие виды энергии непрерывно?**

Хорошо, скажет тот, кто «с молодых ногтей» впитал положение о невозможности полного превращения теплоты в другие формы движения: вывод о невозможности полного преобразования теплоты в другие формы движения из теоремы Карно не следует; в нециклическом процессе изотермического расширения газа подводимая к нему теплота полностью превращается в механическую энергию. Но какое это имеет значение для практики? Ведь нельзя построить тепловой двигатель, в котором газ только расширялся бы. Во всех тепловых двигателях реализуются те или иные циклы; на одних участках циклов теплота превращается в работу, на других – работа в теплоту, которая поглощается холодильником (в конечном итоге, земной атмосферой). Если автор утверждает, что не существует никаких особенностей превращения теплоты в механическое движение, то пусть предложит такой тепловой двигатель, в котором подводимая теплота превращалась

---

<sup>1</sup> В книге В. Ф. Леоновой [375, с.102-104] рассмотрен цикл электростатического двигателя, представляющего собой плоский конденсатор, пластины которого могут перемещаться и который может взаимодействовать с источниками электрических зарядов с разными потенциалами. Показано, что максимальный КПД такого двигателя определяется формулой, аналогичной формуле для КПД идеальной тепловой машины Карно. Другие примеры обобщенных циклов рассмотрены А. И. Вейником [169, с.402-404].

бы в механическое движение постоянно, двигатель, в котором не происходил бы круговой процесс, и не было бы обусловленных этим ограничений на значение КПД.

Проблему можно сформулировать так: если есть аналог машины Карно для преобразования электрической энергии в механическую – циклически работающий электростатический двигатель, КПД которого подчиняется ограничениям, подобным теореме Карно, – то можно ли создать тепловой двигатель, являющийся аналогом обычного электродвигателя (где превращение электроэнергии в механическое движение происходит непрерывно)?

Прежде чем отвечать на этот вопрос, напомним, что неустранимые потери полезной работы (и переход теплоты к холодильнику), в циклически работающем тепловом двигателе Карно происходят в процессе сжатия газа, которое необходимо для замыкания цикла. Избежать этих потерь можно только в том случае, если в тепловом двигателе не будет указанного процесса. Но можно ли не сжимать газ (рабочее тело) после получения полезной работы? Да, если удалять его из двигателя, заменяя газом с параметрами, которые получаются после сжатия газа. Иначе говоря, чтобы в двигателе не было затрат энергии на сжатие газа, двигатель должен быть открытой системой, в которой происходит постоянное обновление рабочего тела, системой, через которую движется поток газа.

Возможно ли создание таких двигателей? Не только возможно – они созданы давно и широко используются. Такими двигателями являются, например, газотурбинные установки (ГТУ) и воздушно-реактивные двигатели (ВРД), описания которых имеются во многих курсах термодинамики (см. например [114, 326, 452]).

Газотурбинные установки бывают со сгоранием топлива при постоянном давлении и постоянной температуре. В установке со сгоранием при постоянном давлении воздух засасывается компрессором, сжимается до некоторого давления, поступает в камеру сгорания, куда топливным насосом подается горючее. Сгорание происходит при постоянном давлении. Продукты сгорания расширяются в соплах, попадают на лопатки газовой турбины, производят работу за счет кинетической энергии и выбрасываются в атмосферу через выпускной патрубок [326, с.274–275].

«Реактивный двигатель представляет собой устройство, в котором химическая энергия топлива преобразуется в кинетическую энергию струи рабочего вещества (газа), расширяющегося в соплах. Эта струя создает тягу за счет реактивного действия рабочего тела, вытекающего из двигателя в сторону, противоположную направлению движения летательного аппарата...

Реактивные двигатели разделяются на две основные категории – ракетные двигатели и воздушно-реактивные двигатели (ВРД)» [326, с.285–286].

ВРД делятся на компрессорные и бескомпрессорные. Компрессорные реактивные двигатели, в которых используется компрессор с приводом от газовой турбины, называются турбокомпрессорными (ТРД). Среди бескомпрессорных выделяют прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД). В ТРД и ПВРД поступающий в двигатель воздух вначале сжимается, поступает в камеру сгорания, куда подается горючее; продукты сгорания расширяются в газовой турбине (в случае ТРД), затем реактивным сопле (см. например [326, с.274-275; 452, с.530-533]).

В ГТУ и ВРД, в отличие от машины Карно, двигателя Стирлинга, паротурбинной установки, не происходит периодический возврат рабочего тела к исходному состоянию. Соответственно, не должно быть неустранимых затрат полезной работы на сжатие рабочего тела, из-за которых КПД циклов даже в идеальном случае не может достичь 1. Почему же в таком случае в курсах технической термодинамики утверждается, что максимальный КПД ГТУ и ВРД не превышает КПД цикла Карно? Чтобы ответить на этот вопрос, проанализируем, как получают заключения о максимальном КПД этих двигателей, согласующиеся с теоремой Карно.

В главе «Теплосиловые газовые циклы» курса [326] в разделе 10.2 «Циклы газотурбинных установок» есть рисунок, на котором изображен **идеализированный цикл газотурбинной установки**, и сказано:

«Принцип построения идеализированного цикла такой же, как использованный ранее для поршневых двигателей: предполагается, что цикл замкнутый, т. е. количество рабочего тела в цикле сохраняется постоянным; выход отработанных газов в атмосферу заменяется изобарным процессом отвода теплоты к холодному источнику; считается, что теплота  $q_1$  подводится к рабочему телу извне, через стенки корпуса установки, а рабочим телом турбины является газ неизменного состава, например, чистый воздух» [326, с.274].

В том же курсе в разделе 10.3 «Циклы реактивных двигателей», [326, с.286-287] сказано, что цикл ТРД принципиально не отличается от цикла ГТУ со сгоранием при постоянном давлении, а цикл ПВРД аналогичен циклу ТРД.

Итак, при определении КПД идеальных ГТУ и ВРД принимают, что скорость движения газа в них равна нулю, а процесс изменения состояния газа является круговым. Эти допущения совершенно абсурдны: техническая работа <sup>1</sup> в ГТУ не будет производиться, а реактивная тяга в ВРД не возникнет, если газ неподвижен; реактивная тяга не возникнет, если через ВРД пропускать замкнутый поток газа. «Зато» эти допущения дают основания для утверждения о необходи-

---

<sup>1</sup> К технической работе потока газа относится, в частности, работа, совершаемая над газом компрессором и работа, совершаемая газом в турбине [326, с.38].



мости передачи части теплоты холодильнику и о том, что КПД ГТУ и ВРД не может превышать КПД цикла Карно.

Найдем КПД идеальных ГТУ и ВРД, не делая названные допущения.

Будем считать, что в идеальных ГТУ и ВРД нет трения, нет потерь энергии через стенки, а газ, протекающий через них, является идеальным. Учитывая то обстоятельство, что в реальных ГТУ и ВРД масса воздуха, протекающего через них, может в десятки раз превышать массу горючего, примем, что количество газа, протекающего через двигатели, постоянно. Кроме того, пренебрегаем затратой энергии на подачу горючего. Все эти допущения обычно делаются при анализе процессов в тепловых двигателях <sup>1</sup>.

Предполагая, что поток газа движется горизонтально, вследствие чего изменение его потенциальной энергии равно нулю, запишем уравнение первого закона термодинамики (см. [326, с.39]) для единицы массы движущегося потока газа:

$$q_{1-2} = (u_2 - u_1) + (p_2 v_2 - p_1 v_1) + w_2^2/2 - w_1^2/2 + l_{TEXH}, \quad (3)$$

где  $q_{1-2}$  – теплота, подведенная к газу между сечениями 1 и 2,

$u$  – внутренняя энергия единицы массы газа,

$p$  – давление газа

$v$  – удельный объем газа,

$w$  – скорость потока,

$l_{TEXH}$  – техническая работа потока газа,

$$u = c_v T, \quad (4)$$

где  $c_v$  – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме,  $T$  – термодинамическая температура газа.

Индексы 1 и 2 относятся к выбранным сечениям 1 и 2. Поскольку нас интересует КПД двигателя, соответственно, преобразование энергии, происходящее в двигателе, а не в какой-то его части, в качестве сечения 1 выберем область невозмущенного потока газа, в качестве сечения 2 – сечение выхлопного патрубка – для ГТУ и сечение среза сопла – для ВРД. Тогда в сечении 1 параметры газа будут равняться параметрам атмосферного воздуха –  $p_a$ ,  $v_a$ ,  $T_a$ .

В случае ГТУ  $w_1=0$ , а полезная работа двигателя равна  $l_{TEXH}$ . Из (3) и (4) получаем:

$$\eta_{ГТУ} = l_{TEXH} / q = 1 - [c_v(T_2 - T_a) + v_2(p_2 - p_1) + w_2^2/2] / q. \quad (5)$$

<sup>1</sup> Строго говоря, ГТУ и ВРД являются не тепловыми, а химическими двигателями, поскольку в них в механическую энергию преобразуется химическая энергия топлива. Но так как химическая энергия преобразуется в теплоту полностью и имеется большой избыток воздуха, эти можно двигатели без большой ошибки можно рассматривать как тепловые – считая, что в них происходит не преобразование химической энергии в тепловую в потоке газа, а подвод теплоты по всему сечению газа.

В случае ВРД  $l_{ТЭХН} = 0$ ,  $w_1$  – скорость полета, и – при условии полного расширения продуктов сгорания (когда  $-p_2 = p_a$ ) – удельная полезная работа равна  $w_2^2/2 - w_1^2/2$ . Для этого случая

$$\eta_{ВРД} = 1 - c_v(T_2 - T_a)/q. \quad (6)$$

Как и следовало ожидать, в формулах (5) и (6) нет ничего общего с формулой для КПД цикла Карно – в эти формулы входят не максимальная и минимальная температуры рабочего тела, а температура газа на выходе и температура атмосферного воздуха; чем **меньше** разность этих температур, тем выше КПД идеальных ГТУ и ВРД. Согласно (5) и (6), КПД идеальных ГТУ и ВРД не зависит ни от максимальной температуры внутри двигателя, ни от разности температур в камере сгорания и атмосферного воздуха<sup>1</sup>. Если в идеальном ВРД  $T_2 = T_a$ , то  $\eta_{ВРД} = 1$ .

Разумеется, полученные выводы, сделанные с рядом допущений, не могут претендовать на точность, но, думается, они еще раз демонстрируют ошибочность тех представлений, что ограничения на КПД идеального теплового двигателя, вытекающие из теоремы Карно, обусловлены особенностями теплоты как формы движения. В действительности эти ограничения обусловлены особенностями кругового процесса, и, как говорилось выше, присущи любым круговым процессам преобразования энергии.

Вывод о том, что на двигателях, в которых не протекают круговые процессы, не распространяются ограничения на КПД, вытекающие из теоремы Карно, для специалистов не должен быть новостью. Об этом можно прочесть в статье Э. Э. Шпильрайна «О предельных К.П.Д. теплосиловых установок» [640], опубликованной в 1982 г. В этой статье сказано следующее.

«...В современных энергетических установках, использующих энергию природного топлива, схема, при которой энергия топлива сначала преобразуется в тепло, а затем это тепло в термодинамическом цикле превращается в работу, реализуется только в паросиловых установках. В этих установках топливо сжигается, отдавая тепло рабочему телу, осуществляющему замкнутый термодинамический цикл, в котором наряду с подводом тепла от продуктов сгорания топлива обязательно имеется отвод тепла к тому или иному естественному резервуару (воде или атмосферному воздуху).

Но уже в двигателях внутреннего сгорания эта классическая схема видоизменяется. Здесь рабочее тело – это продукты сгорания топлива, и, строго говоря, **никакого замкнутого термодинамического цикла нет**. Класси-

<sup>1</sup> Заметим, что в идеальных ВРД и в ГТУ теплота передается атмосфере, если температура воздуха, покидающего эти двигатели, выше температуры атмосферного воздуха. Однако эти потери – иного рода, чем те, которые имеют место в циклически работающих двигателях. Если  $T_2 = T_a$ , этих потерь не будет. В циклах теплота, передаваемая холодильнику образуется в процессе сжатия рабочего тела и не равна нулю тогда, когда сжатие происходит при температуре холодильника.

ческая термодинамика обходит эту трудность, заменяя само внутреннее сгорание внешним подводом тепла и искусственно замыкая цикл с помощью известных приемов. При этом оказывается, что **процесс замыкания цикла сопровождается отводом тепла в окружающую среду, как того требует второй закон термодинамики**. Обычно в качестве оправдания правомерности такого приема говорят о том, что свойства продуктов сгорания мало отличаются от свойств воздуха, идущего на сгорание. Такая искусственность анализа не может не вызвать неудовлетворенности, а в ряде случаев может привести и к неверным выводам.

Дело в том, что применительно к разомкнутым процессам, включающим сгорание топлива, ограничения, налагаемые вторым законом термодинамики на предельное количество работы, которое при этом может быть получено, связаны не с к.п.д. цикла Карно, а с величиной эксергии (работоспособности) исходной химически реагирующей системы.

При этом для некоторых частных случаев к.п.д. схемы (в обычном понимании этого термина) может теоретически достигать и 100%. Покажем это на примере» (выделено мной – В.И.) [640, с.121].

Далее рассматривается установка, в которой жидкое топливо, имеющее параметры окружающей среды, подается насосом в парогенератор, превращается в пар, который расширяется, совершая работу в турбине. Отработанный пар используется как топливо в парогенераторе. Делая определенные допущения, автор приходит к выводу:

«Таким образом, с учетом некоторых идеализирующих допущений, не противоречащих термодинамике, к.п.д. схемы, изображенной на рис. 1, оказывается равным 100%» [там же, с.121].

Получив результат, который вопиюще противоречит общепринятым представлениям о невозможности полного, с КПД, равным 100%, превращения теплоты в работу, результат поистине революционный, Э. Э. Шпильрайн начинает рассуждения, целью которых является согласование полученного результата с теоремой Карно.

Он представляет процесс в виде цикла, проводит расчеты, на основе которых делает заключение:

«Таким образом, при рассмотрении цикла термический к.п.д., как и следовало ожидать, ведет себя в полном соответствии со вторым законом термодинамики и не превосходит термический к.п.д. соответствующего цикла Карно. При рассмотрении же реального разомкнутого процесса к.п.д., определяемый по отношению к теплотворной способности исходного топлива, оказывается равным единице» [там же, с.124].

Разумеется, если в двигателе осуществляется круговой процесс, есть необходимость в сжатии рабочего тела – чтобы замкнуть цикл. Соответственно, есть неустранимая потеря части полученной работы на это сжатие. Но какое отношение это имеет к процессу, в котором нет возврата рабочего тела в исходное состояние? Что может измениться в

самом некруговом процессе, который протекает объективно, в двигателе, от того, что кто-то представит его как круговой?

Однако Э. Э. Шпильрайн, как и все специалисты-энергетики считает невозможность полного преобразования теплоты в работу не особенностью круговых процессов, а особенностью теплоты как вида энергии. Чтобы согласовать полученный им результат с общепринятыми воззрениями, он пишет:

«В конечном итоге к.п.д. схемы оказывается равным единице потому, что в этой схеме, говоря языком циклов, удастся все тепло  $q_2$ , отдаваемое при температуре  $T_2$ , которая в пределе может быть равна температуре окружающей среды, *полностью регенерировать*. Но не с помощью регенерации внутри цикла (она в таком случае невозможна), а с помощью регенерации, которую правильнее назвать «химической»...» [640, с.124].

И что? Неужели употребление терминов «регенерация», «химическая регенерация» может отменить полученный результат: в рассмотренной установке в работу превращается тепло  $q_2$ , которое, по общепринятому мнению, даже в идеальном случае тепловая машина передает холодильнику с температурой  $T_2$  в качестве «платы» за получение работы в размере  $q_1 - q_2$ . Какая разница – внутри или вне цикла осуществляется регенерация? Главное – в рассмотренном случае теплота преобразуется в работу полностью!

Но Э. Э. Шпильрайн никак не может смириться с полученным результатом. Он начинает выяснять, «не противоречат ли значения  $\eta = 1$ ... ограничениям второго закона термодинамики для разомкнутых процессов» [там же, с.124], для чего начинает сравнивать величину получаемой работы, когда КПД равен 100%, с изменением стандартной энергии Гиббса  $\Delta G^0$  для соответствующей реакции, изменением эксергии и приходит к выводу, что работа равна изменению эксергии и меньше величины  $\Delta G^0$  [там же, с.124-126], чем, можно сказать, перечеркнул полученный им же вывод о возможности создания теплового двигателя с КПД, равным 100%<sup>1</sup>.

В своем стремлении предостеречь любое преобразование энергии в виде кругового процесса некоторые авторы высказывают просто удивительные утверждения. В цитированном выше курсе [326] в параграфе 12.1 «Цикл термоэлектрической установки» можно прочитать:

«Возможно, некоторое недоумение может вызвать то обстоятельство, что в данном случае при рассмотрении теплосилового цикла мы не обращаемся к  $T$ ,  $s$ -диаграмме и даже не упоминаем о том, из каких процессов, совершаемых рабочим телом, состоит этот цикл. Более того, неясно, что является рабочим телом термоэлектрогенератора. По этому поводу следует заметить, что термоэлектрический генератор, так же, как и рассматри-

---

<sup>1</sup> О стандартной энергии Гиббса и эксергии будет сказано ниже.

ваемый в следующем параграфе термоэлектронный преобразователь, занимает особое место среди тепловых машин. Дело в том, что «рабочим телом» термоэлектрического генератора является движущийся по термоэлектрической цепи поток электронов (электронный газ). С его помощью и осуществляется преобразование в электроэнергию части теплоты, отбираемой из горячего источника» [326, с.332-333].

Таким образом, если в случае ГТУ и ВРД есть хоть какие-то основания для применения цикла (рабочим телом этих двигателей является газ, параметры которого после охлаждения принимают начальные значения), то в случае термоэлектрогенератора формулу, полученную для циклов, применяют без всяких оснований.

«Какова должна быть та философия, на которую имели бы хоть какое-нибудь право жаловаться эти господа?» [10, с.437].

Однако вывод о том, что КПД нециклического теплового двигателя может в идеальном случае достигать 100%, по-видимому, не последний противоречащий традиционным представлениям результат теоретических исследований в области преобразования теплоты в механическое движение. В статьях [264; 536–539] утверждается, что существуют такие **круговые процессы** (либо периодически действующие идеальные тепловые машины), в которых происходит полное преобразование тепла в механическое движение. В одной из статей есть слова, которыми можно завершить данный раздел: «никаких принципиальных ограничений для преобразования тепла в работу, кроме закона сохранения энергии, не существует» [538, с.5].

## **Теория теплорода как источник представлений о «второсортности» теплоты как вида энергии**

Почему же, несмотря на явное несоответствие фактам тех положений, что для превращения теплоты в другие виды энергии необходима разность температур и переход части теплоты к холодильнику, эти положения сохраняются в термодинамике полтора века? Ответ на этот вопрос можно получить, обратившись к работам основоположников классической термодинамики Р. Клаузиуса и В. Томсона.

В работе Клаузиуса «Механическая теория тепла» есть глава «Второе начало механической теории тепла», первый параграф которой начинается словами: «Чтобы иметь возможность вывести и доказать второе начало механической теории теплоты, мы будем исходить из рассмотрения одного кругового процесса особого рода...» [329, с.127]. Далее Клаузиус описывает круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух адиабат (цикл Карно) и заключает, что в результате кругового процесса изменяющееся тело получило количество теплоты  $Q_1$ , часть которого  $Q$  превратилась в работу, а другая часть  $Q_2$  перешла к более холодному телу. Если цикл совершить в обратном направлении,

пишет Клаузиус, то из работы получается количество теплоты  $Q$ , а количество теплоты  $Q_2$  переходит от более холодного тела к более теплomu [там же, с.127-130].

Затем Клаузиус рассматривает процесс, совершаемый телом, состоящим из жидкости и газа, и задает вопрос: *«существует ли между тем количеством теплоты, которое превращается в работу (или из нее получается), и тем количеством теплоты, которое переходит от более теплого тела к более холодному (или наоборот), зависимость, имеющая всеобщий характер, или же эта зависимость изменяется сообразно природе тела, участвующего в явлении»* [там же, с.131].

После этого следует параграф «Взгляды Карно на совершаемую в круговом процессе работу», в котором говорится:

«С. Карно первый обратил внимание на то, что при получении механической работы теплота переходит от более теплого тела к более холодному и что, наоборот, с помощью затраты механической работы можно перенести теплоту от более холодного тела к более теплomu...»

В его время имело еще всеобщее распространение... воззрение, согласно которому теплота представляет особое вещество, которое может находиться в любом теле в большем или меньшем количестве, ... но что количество всей имеющейся налицо теплоты не может ни увеличиваться, ни уменьшаться, так как вещество не может быть ни вновь создано, ни уничтожено.

Так как в соответствии с этим количество имеющейся налицо теплоты должно было после кругового процесса быть тем же, что и до него, и так как все же в результате получался некоторый выигрыш в работе, то Карно попытался объяснить происхождение последней из перехода теплоты от более высокой температуры к более низкой. Он сравнил это нисходящее движение теплоты, которое особенно бьет в глаза в случае паровой машины, где огонь отдает теплоту паровому котлу, а вода конденсатора, наоборот, получает теплоту, с падением воды с более высокого места в более низкое, чем может быть приведена в движение какая-нибудь машина и, следовательно, произведена работа...

Исходя из этих соображений, он установил положение, согласно которому величина совершенной работы должна находиться в определенном, имеющем всеобщий характер, отношении к происходящему одновременно<sup>1</sup> переходу теплоты, т. е. к количеству переходящей теплоты и температуре тел, между которыми она переходит, — отношении, которое не зависит от природы того вещества, при помощи которого совершается работа и осуществляется переход теплоты. Его доказательство необходимости такого

---

<sup>1</sup> «Клаузиус отмечает, что при рассмотрении простого кругового процесса одновременно происходят два процесса: превращение некоторого количества теплоты в работу и одновременный переход тепла от более нагретого тела к менее нагретому (или наоборот)» [199, с.212]. Своеобразное, однако, у Клаузиуса и у цитируемого автора представление об одновременности: одновременными считаются процессы 1–2 и 3–4 цикла Карно!

вполне определенного отношения опирается на тот принцип, что *невозможно создать движущую силу из ничего*, или, другими словами, что *perpetuum mobile невозможно*.

Этот способ рассмотрения, однако, не совпадает с нашими нынешними воззрениями, так как мы принимаем, что при получении работы затрачивается соответствующее количество теплоты и что, следовательно, отданное во время кругового процесса окружающим телами количество теплоты меньше, чем количество теплоты, извне полученное. Но если при получении работы затрачивается теплота, то все же, конечно, не может быть и речи о том, что работа произошла из ничего, независимо от того, происходит ли наряду с затратой теплоты еще одновременно переход другого количества теплоты от более теплого тела к более холодному или нет. В соответствии с этим потребовало изменения не только предложение, высказанное Карно, но пришлось также поискать для доказательства другого основания, чем то, на котором Карно построил свое доказательство» [там же, с.132-133].

Затем следует параграф «Новый принцип, относящийся к теплоте», в котором говорится:

«Различные соображения, касающиеся природы и поведения теплоты, привели меня к убеждению, что проявляющееся при теплопроводности и обыкновенном излучении тепла стремление теплоты переходить от более теплых тел к более холодным, выравнивая таким образом существующие разницы температур, связано так тесно с самой ее сущностью, что оно должно иметь силу при всех обстоятельствах. Поэтому я выдвинул в качестве принципа следующее предложение:

*Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплому.*

Появляющиеся здесь слова «сама собой» требуют, чтобы быть вполне понятными, еще объяснения, которое дано мною в различных местах моих работ. Прежде всего, они должны выражать, что теплота никогда не может накапливаться с помощью теплопроводности или излучения в более теплом теле за счет более холодного... Далее, наш принцип должен относиться и к таким процессам, которые составлены из многих разнообразных явлений, как, например, круговой процесс описанного выше рода. С помощью такого процесса теплота, правда, может (как мы это видели при обращении вышеприведенного кругового процесса) перейти от более холодного тела к более теплому; но наш принцип утверждает, что тогда одновременно с этим переходом теплоты от более холодного к более теплому телу должен иметь место и противоположный переход теплоты от более теплого к более холодному телу, либо должно произойти какое-нибудь другое изменение, обладающее той особенностью, что оно не может быть обращено без того, чтобы не вызвать, со своей стороны, посредственно или непосредственно, такой противоположный переход теплоты. Этот одновременно происходящий противоположный переход теплоты или другое изменение, которое имеет следствием такой противоположный

переход теплоты, должны рассматриваться как *компенсация* перехода теплоты от более холодного тела к более тепловому. Пользуясь этим понятием, можно слова «сама собой» заменить словами «без компенсации» и высказать вышеприведенный принцип следующим образом:

*Переход теплоты от более холодного тела к более тепловому не может иметь места без компенсации»* [329, с.133-134].

Далее, основываясь на указанной аксиоме, Клаузиус доказывает, что в цикле Карно отношение между теплотой, превращенной в работу, и теплотой, перешедшей к более холодному телу, не зависит от природы вещества, с помощью которого процесс осуществляется, и является только функцией температур нагревателя и холодильника, находит вид этой функции, рассматривает более сложные круговые процессы и в конце концов получает уравнение  $dQ = TdS$ , которое, по его словам, «дает еще одно выражение второго начала механической теории теплоты, очень удобное во многих исследованиях» [там же, с.143].

Таким образом, Клаузиус, считая истинным положения Карно о том, что для получения работы из теплоты необходима разность температур и переход теплоты от горячего тела к холодному, а также о том, что количество теплоты, превращенной в работу, находится в определенном количественном соотношении с количеством теплоты, перешедшей от нагревателя к холодильнику, решил доказать эти положения, не используя представления о теплороде. Иначе говоря, решил согласовать выводы Карно с принципом эквивалентности теплоты и работы.

И здесь Клаузиус совершил сразу две ошибки, следствием которых и явились представления об особенностях превращения теплоты в работу. Прежде чем перейти к изложению сути этих ошибок, приведем один фрагмент из книги М. Планка. Планк писал:

«...Карно, исходя из мысли о невозможности *perpetuum mobile*, занялся обоснованием новой теории теплоты... Речь шла о вопросе: если работа производится теплотой, то какой именно процесс должен тогда рассматриваться как компенсация произведенной работы, и как этот процесс измерить? Так как во времена Карно полным признанием пользовалась теория теплоты, которая рассматривала теплоту как неуничтожаемое вещество..., то он должен был прийти к мысли, что тепловое вещество производит живую силу таким же образом, как и тяжесть весомой материи. Последняя стремится упасть с более высокого в более низкое положение; произведенная при этом живая сила измеряется произведением силы тяжести на высоту падения; это произведение, следовательно, и является эквивалентом живой силы. Отсюда Карно вывел закон: тепловая жидкость (флюид) стремится перейти от более высокой к более низкой температуре, как это известно из законов теплопроводности. Но это стремление можно использовать и произвести при его помощи живую силу,



которая тогда должна измеряться произведением перешедшего количества теплоты на интервал температур. Поэтому **Карно искал компенсацию для совершенной работы в переходе теплоты от более высокой температуры к более низкой** и рассматривал в качестве меры последней, стало быть, в качестве эквивалента работы, произведение количества теплоты на разность температур» (выделено мной – В. И.) [482, с.24].

Таким образом, по словам Планка, принцип Карно – получение работы из теплоты возможно только при наличии разности температур – в теории самого С. Карно появился с целью согласования положения о существовании неуничтожимого теплорода с положением о невозможности получения работы из ничего.

Но в действительности неуничтожимого теплорода нет; наличие двух тел с разными температурами, между которыми происходит «падение» теплорода, не является необходимым условием превращения теплоты в работу: при изотермическом расширении идеального газа более холодное тело отсутствует, а теплота, отдаваемая нагревателем, превращается в работу, причем полностью <sup>1</sup>.

Однако Клаузиус не обратил внимания на этот случай. Кроме того, Клаузиус не заметил, что Карно различал понятия теплоты и теплорода <sup>2</sup>, обозначая теплоту термином *chaleur*, а теплород – *calorique* <sup>3</sup>. Согласно Карно, «возникновение движущей силы обязано в тепловых машинах не действительной трате теплорода, а его переходу от горячего тела к холодному» [308, с.20]. Разумеется, при таком понимании процесса в тепловой машине – как перехода (падения) **теплорода** от горячего тела к холодному – мысль о том, что для превращения теплоты в работу часть ее остается непревращенной, падая на более низкий температурный уровень, не может возникнуть.

Клаузиус же, желая сохранить в теории положение о необходимости двух температур для получения работы из теплоты, провозгласил в качестве необходимого условия для превращения теплоты в работу переход **теплоты** от горячего тела к холодному, в результате чего в термодинамике появилось положение о невозможности полного превращения теплоты в работу, а также то, что назвали «несимметричностью

---

<sup>1</sup> «Если рассматривать теплоту как *движение* (механическое – В.И.), то само собой ясно, что компенсацию работы, совершенной теплотой, следует искать в исчезновении теплоты (а не в переходе теплоты от горячего тела к холодному, как утверждал, в частности, К. А. Путилов [503, с.61] – В. И.), ибо тогда в качестве эквивалента произведенной работы нужно рассматривать потерянную живую силу теплового движения» [482, с.27-28].

<sup>2</sup> Первым это заметил В. Оствальд (см. [308, с.63]).

<sup>3</sup> В. Р. Бурсиан и Ю. А. Крутков отмечали: «В вещественной теории тепла эти слова служат для одного и того же понятия, но, как замечает Оствальд, характерно то, что, проводя аналогию с падением воды, Карно всегда говорит о падении *теплорода*» [308, с.63].

взаимных превращений теплоты и работы» [140, с.119]. Таким образом, чтобы исправить теорию, созданную инженером, физик-теоретик в качестве аксиомы принял ложное положение.

«Презрение к диалектике не остается безнаказанным» [10, с.373].

Подобные ошибки совершил и В. Томсон. В работе «О динамической теории теплоты» он писал:

«Вся теория движущей силы теплоты основывается на следующих двух положениях, обязанных своим происхождением первое – Джоулю, а второе – Карно и Клаузиусу.

*Положение I* (Джоуль). Во всех случаях, когда равные количества механической работы получаются каким бы то ни было способом исключительно за счет теплоты или бывают израсходованы исключительно на получение тепловых действий, всегда теряются или приобретаются равные количества теплоты.

*Положение II* (Карно и Клаузиус). Если какая-либо машина устроена таким образом, что при работе ее в противоположном направлении все механические и физические процессы в любой части ее движений превращаются в противоположные, то она производит ровно столько механической работы, сколько могла бы произвести за счет заданного количества тепла *любая* термодинамическая машина с теми же самыми температурами источника тепла и холодильника...

Доказательство второго положения основывается на следующей аксиоме: *Невозможно при помощи неодушевленного материального деятеля получить от какой-либо массы вещества механическую работу путем охлаждения ее ниже температуры самого холодного из окружающих предметов*<sup>1</sup> [570, с.164–165].

---

<sup>1</sup> В такой формулировке этот постулат явно ошибочен.

«Дело в том, что в некоторых случаях могут быть осуществлены такие процессы, в которых источник теплоты, производя работу, охлаждается ниже температуры окружающей среды. Например, если сжатый газ, находящийся в баллоне, температура которого равна температуре окружающей среды, выпустить в цилиндр с нагруженным поршнем, то, расширяясь, газ произведет работу (поднимет поршень с грузом). Таким образом, работа произведена, а температура газа стала ниже температуры окружающей среды; казалось бы, что этот процесс противоречит второму закону термодинамики» [326, с.49].

Чтобы такой процесс не противоречил второму закону термодинамики, «М. Планк предложил формулировку более четкую, чем формулировка Томсона: невозможно построить периодически действующую машину, все действие которой сводилось бы к поднятию некоторого груза и охлаждению теплового источника» [там же, с.49].

Формулировка стала точной, однако перестала выражать те (несуществующие) особенности теплового движения, которые имели в виду В. Томсон и Р. Клаузиус, а стала выражать особенности круговых процессов, которые, однако, считаются особенностями теплоты.

К этой аксиоме Томсон дает примечание: «Если бы мы не признали эту аксиому действительной при всех температурах, нам пришлось бы допустить, что можно ввести в действие автоматическую машину и получать путем охлаждения моря или земли механическую работу в любом количестве, вплоть до исчерпания всей теплоты суши и моря или, в конце концов, всего материального мира» [там же, с.165]<sup>1</sup>.

Далее Томсон приводит доказательство *Положения II*, которое заключает словами:

«Следовательно, при определенных температурах источника тепла и холодильника никакая машина не может извлечь из данного количества введенного в нее тепла больше работы, чем машина, удовлетворяющая условиям обратимости, что и требовалось доказать» [там же, с.166].

Затем он пишет:

«Это положение было впервые высказано Карно, у которого оно явилось критерием совершенной термодинамической машины. Карно обосновал это положение, доказав, что отрицание его повлекло бы за собой допущение возможности создания автоматической машины, которая могла бы давать неограниченное количество механической работы без всякого источника... ..Но это доказательство в основном исходит из предположения, что «в полном цикле операций» среда отдает в точности то количество тепла, какое она получает. Очень серьезное сомнение по поводу правильности этого положения, как основного принципа было высказано самим Карно, а что оно ложно в тех случаях, когда в процессе механическая работа в общем итоге не получается и не отдается, это (как я постарался выше показать) можно считать установленным вполне точно. Приходится, следовательно, считать, что первоначальное доказательство Карно совершенно отпадает, но отсюда не следует делать вывода, что самое положение ложно. И в самом деле, правильность этого положения показалась мне настолько вероятной, что я его, в сочетании с принципом Джоуля, в силу которого доказательство Карно становится несостоятельным, положил в основание исследования о движущей силе теплоты в воздушных и паровых машинах с конечной разностью температуры...» [570, с.166–167].

Таким образом, В. Томсон, подобно Клаузиусу, желая согласовать вытекающий из положения о существовании неунитожимого теплохода принцип Карно с принципом Джоуля, ввел в теорию в качестве необходимого условия для превращения теплоты в работу переход части теплоты к холодному телу. Но если для превращения теплоты в работу часть ее должна перейти к холодному телу, то отсюда необходимо следует вывод о деградации (рассеянии) энергии, который В. Томсон сам сделал в работе «О проявляющейся в природе общей тенденции к рассеянию механической энергии»:

«1. В материальном мире существует в настоящее время общая тенденция к расточению механической энергии.

---

<sup>1</sup> Такую машину В. Оствальд назвал вечным двигателем второго рода.

2. Восстановление механической энергии в ее прежнем количестве без рассеяния ее в более чем эквивалентном количестве не может быть осуществлено при помощи каких бы то ни было процессов с неодушевленными предметами...» [571, с.182].

Интересно, что положение о рассеянии (деградации) энергии у самого В. Томсона одно время вызывало сомнение. Планк писал:

«Существенная слабость этой теории (Карно-Клапейрона – В. И.) лежит уже в допущении, что хотя работа и не может возникнуть из ничего, но все же она может перейти в ничто. Это и высказывает твердо Клапейрон; он говорит: при непосредственном переходе теплоты от более теплого к более холодному телу величина действия (способность совершать работу) пропадает. По его мнению, стало быть, вполне возможно потерять работу без получения какого-либо эквивалента в виде компенсации. Так же думал он и по поводу трения: оно уничтожает живую силу, не давая взамен ее никакого эквивалента. Томсон, напротив, усмотрел в этом пункте значительную трудность теории Карно, поскольку он уже тогда был проникнут убеждением, что принцип *perpetuum mobile* обратим. Он высказывается таким образом: если при непосредственном переходе теплоты от более высокой к более низкой температуре затрачивается действие теплоты, то что же тогда происходит с механическим эффектом, который мог бы быть получен благодаря этому переходу? В природе ничего не может быть потеряно, *энергия неуничтожаема*; стало быть, спрашивается, каково же действие, которое возникает взамен перехода теплоты? Он считает этот вопрос запутанным (*perplexing*) и полагает, что последовательная теория теплоты должна дать на него удовлетворительный ответ» [482, с.27].

Таким образом, Томсон поначалу не соглашался с выводом о деградации энергии, но впоследствии изменил свою точку зрения. А дальше ошибочные представления о деградации (рассеянии) энергии, а также о невозможности полного превращения теплоты в работу, о необходимости разности температур для превращения теплоты в работу (принцип Карно) другие физики восприняли как абсолютные истины, и они сохраняются в науке уже 150 лет.

Выше говорилось, что современные специалисты в области энергетики правильно обосновывают необходимость холодильника и передачи ему части теплоты тем, что в тепловом двигателе происходит круговой процесс. Между тем, некоторые авторы описывают процесс в тепловом двигателе так, как можно было бы описывать во времена Карно.

В курсе термодинамики для машиностроительных и теплотехнических специальностей вузов [452] параграф «Превращение теплоты в работу в тепловом двигателе» начинается так:

«Для того чтобы непрерывно производить работу, надо иметь по меньшей мере два тела с разными температурами, т. е. два источника теплоты. Однако наличие разности температур еще недостаточно для осуществления процесса превращения теплоты в работу; так, например, если два тела с

разными температурами привести в соприкосновение, то теплота перейдет от горячего тела к холодному без совершения какой-либо полезной внешней работы. Для создания теплового двигателя надо между телами разной температуры совершить некоторый замкнутый процесс или цикл. Для этого необходимо вспомогательное тело, которое во время работы теплового двигателя будет периодически многократно изменять свое состояние, т. е. совершать круговой процесс. Такое тело называют *рабочим*.

На одном из участков кругового процесса рабочее тело расширяется, совершая положительную работу... за счет теплоты, полученной от более нагретого тела, и частично за счет своей внутренней энергии. На другом участке рабочее тело возвращается в исходное состояние. Для этого над рабочим телом должна быть совершена работа сжатия...» [452, с.58] .

Такое впечатление, что, по мнению автора такого описания, процесс в тепловом двигателе полностью аналогичен процессу в водяном двигателе. С самого начала говорится о необходимости двух температур – как двух уровней воды в случае водяного двигателя. Но двух уровней температур (воды) недостаточно: если теплота (вода) будет просто переходить (падать) с высокого уровня на низкий, работа производится не будет. Нужно рабочее тело (водяное колесо), которое будет менять свое состояние. А то, что обстоятельство, что для преобразования теплоты в механическое движение (для производства работы) тело должно не просто изменять состояние (состояние вещества изменяется, и тогда, когда изменяется его цвет), а расширяться и сжиматься, преподносится как второстепенное, о нем сообщается уже во втором абзаце. Главный элемент теплового двигателя, элемент, который собственно и производит превращение теплоты в механическое движение – рабочее тело – цитируемый автор называет «вспомогательным телом»!

Близкие к изложенному описания процесса в тепловом двигателе даны в курсах физики [327, с.159-160] и [367, с.207-207] <sup>1</sup>.

В первой книге можно прочитать:

«Тепло  $Q_1$ , отбирается от нагревателя и затрачивается на работу расширения  $A_1$ , которая отдается окружающим телам. Далее, рабочее тело приво-

---

<sup>1</sup> Подобным образом описывал работу тепловых машин В. Оствальд.

«В силу каких причин теплота может производить работу? Ответ на это дал в 1824 г. артиллерийский лейтенант Сади Карно... Ответ был таков.

Во-первых, ясно, что покоящаяся теплота не может произвести работы. В пространстве с постоянной температурой не происходит никакого процесса, с помощью которого теплота могла бы превращаться в работу, чтобы это было возможно, необходимо существование пространства с различными температурами. В паровых машинах такие пространства суть котел и холодильник. Но и различные температуры могут, благодаря передаче движения, так уравняться, что работа не будет происходить. Следовательно, надо так устроить паровые машины, чтобы изменение температуры в них не являлось бы следствием передачи движения. В паровых машинах это достигается путем того, что горячий пар работает в поршне; при этом он охлаждается» [465, с.181-182].

дится в контакт с холодильником, которому оно отдает тепло  $Q_2$  за счет работы  $A_2$ , совершаемой внешними силами над рабочим телом)» [327, с.160].

Цитируемый автор забыл сказать о процессе, в котором температура тела понижается до температуры холодильника; в идеальной машине Карно это адиабатическое расширение рабочего тела.

Во второй книге написано:

«Поскольку непосредственный обмен теплом между этими телами недопустим, то прежде всего ясно, что для производства работы необходимо привлечь еще одно, вспомогательное тело; будем называть его рабочим телом. В качестве этого тела можно представить себе цилиндрический сосуд с газом под поршнем» [367, с.207-208].

Цилиндрический сосуд с газом под поршнем – это не рабочее тело. Рабочим телом в тепловой машине является газ. Именно газ образует подводимую к машине теплоту в механическое движение, расширяясь в процессе поглощения тепла машиной. А цилиндр и поршень – это вспомогательные тела. Теплоту можно преобразовывать в работу без цилиндра и поршня – используя, например, эластичную оболочку или сильфон<sup>1</sup>. Но без тела, способного изменять объем при изменении температуры, преобразовать теплоту непосредственно в механическое движение невозможно.

Интересно отметить, что ряд важнейших положений теории тепловых двигателей С. Карно излагал (и понимал) гораздо яснее, чем некоторые современные авторы. Он не только выставил ошибочное положение «повсюду, где возможно восстановление равновесия теплорода, возможно получение движущей силы» [308, с.21], но и высказал такое, о чем современные авторы как-то забывают. Карно писал:

«Водяной пар есть одно из средств обнаруживать эту силу, но не единственное: все тела природы могут быть применены для этого; **все тела способны к изменению объема, к сжатию и расширению при действии тепла и холода; все способны при изменении своего объема побеждать некоторые сопротивления, и, таким образом, развивать движущую силу.** Твердое тело, например железный стержень, попеременно нагреваемый и охлаждаемый, увеличивается и уменьшается в длине и может двигать тела, прикрепленные к его концам. Жидкость, попеременно нагреваемая и охлаждаемая, увеличивается и уменьшается в объеме и может победить более или менее значительные препятствия, мешающие ее расширению. Газообразная жидкость способна к большим изменениям объема при изменении температуры: если она находится в сосуде, который может расширяться, например в цилиндре с поршнем, то она произведет значительные движения. Пары всех тел, способных переходить в газооб-

---

<sup>1</sup> А в земной атмосфере теплота превращается в механическое движение воздушных масс без вспомогательных тел.

разное состояние — алкоголя, ртути, серы и т. д. — могут исполнять ту же роль, что и пары воды» (выделено мной — В.И.) [там же].

Основываясь на своей теории теплового двигателя, Карно разбирает вопрос, который современные авторы почему-то не рассматривают: можно ли использовать в качестве рабочего тела твердые тела и жидкости. Он пишет:

«Мы показали, что наиболее выгодный способ употребления тепла для получения движущей силы есть тот, при котором все изменения температуры, происходящие в телах, обязаны изменению объема» [308, с.51].

Основываясь на этом положении, а также учитывая другие соображения, Карно делает вывод о малой пригодности твердых тел и жидкостей и заключает:

«Упругие жидкости, газы или пары, суть орудия, поистине предназначенные для развития движущей силы. Они соединяют все условия для хорошего выполнения этой задачи. Их легко сжимать; они обладают свойством почти неограниченно расширяться; изменения объема вызывают в них большие изменения температуры, наконец, они очень подвижны, их легко быстро нагревать и охлаждать, легко переносить с одного места в другое, что позволяет им быстро выполнять требуемые от них действия» [там же, с.52].

Далее Карно излагает принципы, которыми нужно руководствоваться, создавая тепловые двигатели:

«1. Температура газа должна быть первоначально как можно выше, чтобы получить большее падение теплорода и отсюда значительное развитие движущей силы.

2. По той же причине охлаждение должно быть как можно больше.

3. Переход упругой жидкости от наиболее высокой температуры к наиболее низкой должен происходить от увеличения объема, т. е. охлаждение газа должно происходить самостоятельно от его расширения» [там же, с.53].

По поводу этих принципов А. А. Радциг писал:

«Формулировка этих условий совершенно правильна, позднейшая история тепловых двигателей вполне подтверждает правильность взглядов Карно. Дальнейшие его рассуждения точно так же совершенно правильны, и, читая их, думаешь, что имеешь дело с современной работой, а не с книгой, написанной 100 лет тому назад» [506, с.42].

Возникает вопрос, почему физики не заметили ошибочность тех положений теории Карно, что теплота производит работу только при наличии двух тел с различными температурами и положения Карно-Клаузиуса, что для преобразования теплоты в другие виды энергии часть ее должна перейти к холодному телу?

Думается, тому есть несколько причин. Во-первых, эти положения действительны для двигателей, в которых рабочее тело совершает цикл — паровых машин, двигателей Стирлинга, паровых турбин, ГТУ,

работающим по замкнутому циклу [326, с.284]. Паровые машины длительное время были единственными тепловыми двигателями, паровые турбины и сейчас широко применяются в энергетике. Соответственно, положения теории Карно применялись на практике и подтверждались практикой.

Во-вторых, соотношение, которое выражается теоремой Карно, хотя и не связано с особенностями теплоты как формы движения, выражает другие закономерности, связывающие термодинамические свойства веществ, о чем будет сказано ниже.

В третьих, ряд найденных опытным путем закономерностей были ошибочно истолкованы как следствия теории тепловых двигателей Карно-Клаузиуса-Томсона. По-видимому, к такому относится вывод о повышении КПД ВРД при повышении средней температуры в нем.

Сегодня же, когда все большее распространение получают преобразователи теплоты, в которых не происходят круговые процессы (например, ГТУ), сохранение в теории преобразователей энергии ошибочных положений теории тепловых двигателей Карно-Клаузиуса-Томсона существенно тормозит развитие энергетики.

### **Когда КПД больше 100%**

Основываясь на приведенном выше разборе основных положений теории тепловых двигателей, можно категорически заявить: если сегодня абсолютной истиной считается принцип Карно, то основные закономерности превращения тепловой энергии в механическую даже специалистам известны лишь частично.

Не лучше обстоит дело и в теориях других преобразователей энергии: в этих теориях, с одной стороны, производят разнообразные вычисления, не удосужившись выяснить, какого рода превращения энергии происходят в тех или иных случаях, с другой — часто некорректно заимствуют положения теории идеальных тепловых двигателей.

Приведем ряд рассуждений о преобразованиях энергии и о КПД химических источников электрической энергии (ХИЭЭ).

«Один из новых и наиболее вероятный источник «чистой» энергии — электрохимический генератор. Это устройство, в котором энергия химической реакции между природным или синтезированным видом топлива и окислителем непосредственно превращается в электрическую энергию...

В тепловых машинах коэффициент полезного действия ограничивается циклом Карно и зависит от перепада температуры теплоносителя до и после процесса, в то время как к.п.д. электрохимических циклов, использующих процессы при постоянном давлении и температуре, теоретически приближается к 100%... Из термодинамического анализа следует возможность создания ЭХГ с к.п.д. выше 100%. Это связано с использованием изобарно-изотермического процесса, к.п.д. которого  $\eta$  описывается, согласно Гиббсу, выражением:



$$\eta = 1 + T \Delta S / Q_p,$$

где  $Q_p$  – теплота реакции.

В зависимости от знака  $\Delta S$  (разности энтропии исходного и конечного состояний) к.п.д. может быть меньше, равен или больше 100%. В последнем случае используется тепло окружающей среды, которое ЭХГ превращает в электрическую энергию» [378, с.13] (см также [342, с.24–25]).

«...В элементе можно преобразовать в электроэнергию в лучшем случае полную калориметрически измеряемую (так называемую низшую) теплотворную способность топлива  $-\Delta H_{н...}$

При более точном расчете следует, конечно, учесть, что согласно второму закону термодинамики (о неполноценности тепловой энергии), в высококачественную, особенно электрическую, энергию может быть преобразована не вся теплотворная способность  $-\Delta H_{н}$ , а лишь часть ее, равная разности между  $\Delta H$  и  $T\Delta S...$  Если при работе топливного элемента давление  $p$  также поддерживается постоянным, то максимальное количество электроэнергии, которое может быть получено, равно изменению свободной энергии  $-\Delta G$  в результате реакции.

$$-\Delta G = -\Delta H + T \Delta S...$$

Для определения максимального к.п.д. топливного элемента при полном сгорании топлива разделим максимально возможную для получения электроэнергии свободную энергию  $-\Delta G$  на определяемую инженерными методами теплотворную способность  $-\Delta H$ . Получаем

$$\varepsilon = \Delta G / \Delta H = 1 - T(\Delta S / \Delta H)...$$

Следует указать, что к.п.д. может быть не только меньше, но и больше единицы (т. е. больше 100%). Это объясняется тем, что знак перед  $\Delta H$  для экзотермических (выделяющих энергию) реакций, согласно определению отрицателен, а изменение энтропии в результате реакции может быть как меньше нуля, так и больше...» [654, с.18–20].

Итак, под КПД понимают отношение полезной энергии, получаемой в преобразователе, к энергии, подводимой к преобразователю. В ЭХГ (топливных элементах) химическая энергия непосредственно превращается в электрическую. Следовательно, под КПД ЭХГ следует понимать отношение электрической энергии, возникшей за какое-то время, к химической, потребленной ЭХГ за то же время.

Мерой изменения химической энергии считается тепловой эффект реакции  $Q_p (-\Delta H)$  – величина, которая показывает, сколько тепловой энергии образуется при данных давлении и температуре, если прореагируют данные количества веществ.

Почему же в идеальных условиях КПД некоторых ЭХГ может быть больше 100%? Потому, что, как указывают цитированные авторы, в этих ЭХГ происходит поглощение теплоты из окружающей среды (как, например, в том случае, когда в топливном элементе реагируют углерод и кислород с образованием монооксида углерода (CO) [342, с.18]). Такой топливный элемент преобразует в электроэнергию не только хими-

ческую энергию реагирующих веществ, но и теплоту, поглощаемую из окружающей среды <sup>1</sup>, которая не учитывается в качестве потребляемой (преобразуемой), из-за чего и получается КПД больше 100% <sup>2</sup>.

Интересно, что при этом забывают элементарнейшие положения термодинамики: работа, совершаемая системой при переходе из начального состояния в конечное, зависит от пути перехода.

Из начального состояния, в котором имеются углерод и кислород, в конечное, в котором имеется СО, можно перейти путем химического или электрохимического окисления углерода. На первом пути выделяется теплота  $-\Delta H$ , на втором совершается работа  $-\Delta G$  и поглощается (в других реакциях может выделяться) теплота Пельтье. Пути различные, превращения энергии в них различные, соответственно, величина  $\Delta G/\Delta H$  является не характеристикой преобразования энергии в ХИТ, а сравнительной характеристикой электрохимического и химического окисления углерода (электрохимической и химической реакций) <sup>3</sup>.

И, конечно, любопытно читать в одной книге, что согласно второму закону термодинамики в высококачественную электрическую энергию может быть преобразована только **часть** теплотворной способности топлива, а чуть ниже, что КПД, равный отношению этой части ко всей теплотворной способности, может быть больше 100% [654, с.19-20]. Тем самым авторы походя «опровергают» древнюю аксиому «целое больше части».

Вот до каких, по сути абсурдных, выводов доходят специалисты, не желающие анализировать превращения энергии и бездумно повторяющие устаревшее сто лет назад положение о том, что в соответствии со вторым законом термодинамики в высококачественную электрическую энергию можно превратить только часть теплотворной способности топлива.

---

<sup>1</sup> Эта теплота называется теплотой Пельтье [79, с.20].

<sup>2</sup> Г. Н. Алексеев совершенно правильно отмечал, что значение КПД топливного элемента больше 100% «объясняется не совсем строгим определением к.п.д., так как в качестве затраченной энергии берется только тепловой эффект реакции, без учета тепла, поглощаемого из окружающей среды» [70, с.118].

<sup>3</sup> Выше говорилось, что Э. Э. Шпильрайн показал возможность полного превращения возникающей в ГТУ теплоты в работу в разомкнутом процессе, однако, показав, что величина полученной работы, равная  $Q_p$  ( $-\Delta H$ ), меньше  $\Delta G$ , пришел к ошибочному выводу, что полученный им результат не противоречит утверждению о невозможности полного превращения теплоты в работу.

По такой же логике можно заявить о том, что эффективность передачи воздуха по металлической трубе, где количество воздуха на входе равно количеству на выходе, меньше 100%, поскольку если тот же воздух подавать в эжектор (см. [326, с.229]), то на выходе можно получить массовый расход воздуха больше, чем на входе (ведь в эжекторе в движение вовлекается атмосферный воздух).

*Интересные* выводы в своем стремлении доказать невозможность превращения теплоты окружающей среды в электроэнергию делает и В. М. Бродянский. Он пишет:

«Превращения энергии в ЭХГ, происходящие с поглощением теплоты и  $\eta_T > 100\%$  вовсе не свидетельствует о получении энергии «за счет теплоты окружающей среды»...

Первая диаграмма... показывает ход потоков энергии... Из этой диаграммы может действительно сложиться впечатление, что  $L_{эл}$  возникает, хотя бы частично, и из  $Q_{o.c.}$ . Но энтропийная и эксергетическая диаграммы неопровержимо свидетельствуют, что дело обстоит иначе. Вся поступившая энтропия идет только на ее увеличение в реагентах ( $S_2 > S_1$ )» [140, с.219].

Прокомментируем эти рассуждения, используя пример. Пусть система  $C + 1/2O_2$  переходит в состояние  $CO$  путем химической реакции при постоянных давлении и температуре. При этом выделяется теплота в количестве  $-\Delta H$ . Если та же система совершает переход из того же начального в то же конечное состояние путем электрохимической реакции, то образуется электроэнергия в количестве  $-\Delta H + T\Delta S$  и поглощается теплота в количестве  $T\Delta S$ . По закону сохранения энергии, изменение энергии системы при ее переходе из начального состояния в конечное не зависит от пути перехода, и вполне понятно, что во втором случае система отдала вовне больше энергии (электрической), чем в первом тепловой, потому что во втором процессе произошло преобразование в электроэнергию теплоты, поглощенной из окружающей среды в количестве  $T\Delta S$ . Отрицая, «что  $L_{эл}$  возникает, хотя бы частично, и из  $Q_{o.c.}$ », отрицая образование электроэнергии из теплоты окружающей среды, В. М. Бродянский тем самым признает невозможность образования энергии из ничего.

В статье [141] он тоже рассматривает КПД ХИТ.

«...Такой КПД (определяемый как  $\Delta H/\Delta G - В. И.$ ), рассчитанный для идеального ЭХИТ, может быть как больше, так и меньше единицы. Например, для ЭХИТ, в котором происходит реакция  $H_2 + 1/2O_2$  такой КПД будет вместо 1,00 равен 0,83, а для такого, где используется реакция  $C + 1/2O_2$  (угольно-кислородного), составит 1,24! Естественно, что эксергетический КПД  $\eta_e$  в обоих случаях равен единице. Соответственно, КПД, подсчитанные и для реальных систем без учета Второго начала, могут быть как больше, так и меньше 100%... Эти дезориентирующие показатели используются в солидных научных трудах по электрохимии, и на их основе делаются далеко идущие выводы. Электрохимические установки не занимают еще существенного места в энергетике, поэтому такие «оценки» их эффективности только путают студентов и инженеров и вводят в заблуждение изобретателей вечных двигателей...» [141, с.30].

Теперь спросим: кто кого путает?

Пусть нужно обогреть помещение, окисляя углерод до  $CO$ . Теплоту можно получить путем химического окисления углерода. А можно и

по-другому: окислить углерод до СО путем электрохимической реакции, а полученную электроэнергию преобразовать в тепло. Второй способ более сложный, но в нем при использовании того же количества углерода получается в конечном итоге на 24% теплоты больше. Эти 24% поглощаются из окружающей среды. Следовательно, второй способ в энергетическом отношении выгоднее. Кроме того, электроэнергию проще передавать потребителю без потерь, чем теплоту.

Теперь будем использовать для получения теплоты окисление водорода. Используя электрохимическое окисление водорода, можно получить электроэнергию в количестве 83% от того количества теплоты, которое выделяется при химическом окислении. 17% химической энергии превратится в теплоту и выделится в самом топливном элементе, соответственно не в том месте, где нужно потребителю. Следовательно, при использовании водорода для обогрева, его целесообразно окислять химически в местах потребления.

И вот, используя эксергетический КПД, В. М. Бродянский убеждает читателей, что существенной разницы между процессами электрохимического окисления водорода и углерода (до СО) нет – эксергетический КПД в обоих случаях равен единице. То обстоятельство, что при электрохимическом окислении углерода можно получить почти на четверть больше энергии, чем при химическом, ничего не значит! Думается, в данном случае дезориентирующим показателем является все-таки эксергетический КПД <sup>1</sup>.

Еще несколько примеров путаницы, которая возникает, когда не принимаются во внимание происходящие в устройствах преобразования энергии. В научно-популярной книге, написанной специалистом в области энергетики, читаем:

«Термодинамика позволяет исследовать и рабочий процесс нетепловых преобразователей энергии – топливных элементов (и других), в которых химическая энергия реакции (например, соединения водорода и кислорода) непосредственно превращается в электрическую, минуя тепловой этап...

КИЭ (коэффициент использования энергии – В. И.) – отношение полученной электрической энергии (работы) к затраченному теплу – составит...» [71, с.50].

Сначала говорится о нетепловом преобразователе, о том, что в нем нет «теплового этапа», а в конце полученная электроэнергия делится на неизвестно откуда взявшееся затраченное тепло!

---

<sup>1</sup> Эксергия  $E_T$  теплоты  $Q$  определяется выражением  $E_T = Q(1 - T_0/T)$ , где  $T$  – температура источника теплоты, а  $T_0$  – наименьшая из располагаемых температура окружающей среды (см. например [246, с.159-160]). В содержание понятия эксергия, таким образом, заложено в скрытом виде то ошибочное положение, что более полного преобразования теплоты в другие формы энергии, чем в цикле Карно, быть не может. Благодаря использованию величины эксергии особенность круговых процессов незаметно приписывается теплоте.

В монографии по никель-водородным аккумуляторам написано:

«Термический КПД металл-водородных систем  $\sigma$  характеризует степень превращения теплоты в работу, т. е. является отношением максимально полезной работы, которую может совершить система, к тепловому эффекту реакции в ней  $\sigma = \Delta G/\Delta H...$ » [620, с.9].

В термодинамике под термическим КПД тепловых машин понимают отношение величины работы, полученной в машине к подведенному за то же время количеству теплоты. К аккумуляторам термин «термический КПД» неприменим. Извиняет авторов монографии только то, что термин «термический КПД» по отношению к ХИТ применяется и специалист в области энергетики [141, с.219].

Академик А. И. Опарин писал:

«Если бы превращения энергии происходили в организмах так же, как и в тепловых двигателях, то при возможных для живых существ температурных перепадах коэффициент их полезного действия выражался бы ничтожными долями процента. Между тем он удивительно высок, значительно выше того, который достигнут сегодня в тепловых двигателях. Это объясняется тем, что распад и окисление сахара или другого дыхательного материала происходит в организме не как единый химический акт, а через ряд индивидуальных, согласованных между собой во времени реакций» [461, с.23].

Удивляться нечему. «Если бы превращения энергии происходили в организмах так же, как и в тепловых двигателях», организмы получали бы от окружающей среды теплоту и превращали бы ее в механическое движение (или получали бы химическую энергию и преобразовывали бы ее сначала в теплоту, а теплоту – в механическое движение). Но в организмах происходят совершенно другие преобразования энергии – химической (и тепловой) в тепловую, механическую, химическую, электрическую. Соответственно, ограничения, действительные для тепловых двигателей, к ним не имеют никакого отношения.

Выше мы приводили слова Энгельса из предисловия ко второму изданию «Анти-Дюринга», написанном в 1885 г., о том, что если раньше основной закон движения понимался лишь как закон сохранения энергии, то «это узкое, отрицательное выражение все более вытесняется положительным выражением в виде закона превращения энергии...» [14, с.13], и что мысль о сохранении энергии «служит добытой раз навсегда основой гораздо более содержательного отныне исследования самого процесса превращения» [там же].

Сегодня можно утверждать, что Энгельс заблуждался – «узкое, отрицательное выражение» о сохранении энергии и сегодня является господствующим; содержательным исследованием процессов превращения энергии даже в технических устройствах, имеющих огромное практическое значение, до сих пор мало кто занимался.

«...Термодинамика не только не способствовала существенному прогрессу в практике преобразования тепла в работу, но и привела к дезориентации как инженерной, так и общественной мысли» [536, с.12].

Термодинамику незаслуженно называют наукой «о закономерностях превращения энергии» [326, с.4].

## **Сомнительные выводы из второго закона термодинамики, касающиеся Вселенной**

Итак, все аргументы в пользу того, что теплота — энергия низкого качества, что в природных процессах происходит деградация энергии, являются несостоятельными. Однако, устранение из термодинамики ложных положений, касающихся закономерностей превращения энергии (форм движения), не приведет к устранению из нее всех положений, которые могут служить основаниями для ложных заключений. Многие авторы, не упоминая о превращениях энергии, делали на основе второго закона термодинамики или одной из его формулировок — закона возрастания энтропии — следующие противоречащие диалектико-материалистическим воззрениям выводы:

- об одностороннем (в определенном направлении) изменении (эволюции) Вселенной (мира в целом) [190, с.374-378; 258, с.688-701; 429, с.75-106; 598, с.397-478; 661, S.42];
- о нарастании во Вселенной хаоса, беспорядка [177, с.27-28, с.49; 432, с.19-30, 58-62; 496, с.36; 507, с.281];
- о стремлении Вселенной к некоторому предельному состоянию [129, с.389; 190, с.374-378; 500, с.324-325; 661, S.42];
- о стремлении Вселенной к тепловой смерти [444, с.10; 495, с.8];
- о неизбежности тепловой смерти Вселенной [222, с.351; 432, с.22];
- о том, что Вселенная существует конечное время [258, с.700-701; 432, с.22; 450, с.160-163].

Приведем ряд характерных рассуждений.

**Р. Клаузиус:** «Второе начало термодинамики, в том виде, какой я ему придал, гласит, что все совершающиеся в природе превращения в определенном направлении, которое я принял в качестве положительного, могут совершаться сами собою, т.е. без компенсации, но в обратном, т.е. отрицательном, направлении они могут происходить только при условии, если они компенсируются происходящими одновременно с ними положительными превращениями. Применение этого начала ко всей Вселенной приводит к заключению, на которое впервые указал У.Томсон. В самом деле, если при всех происходящих во Вселенной изменениях состояния превращения в одном определенном направлении постоянно преобладают по своей величине над превращениями в противоположном направлении, то общее состояние Вселенной должно все больше и больше изменяться в первом направлении и таким образом оно должно непрерывно приближаться к предельному состоянию» [661, S.42].

**Г. А. Лоренц:** «Энтропия изолированной системы, т.е. системы, не обменивающейся теплотой с окружающей средой, не может убывать. Но тогда энтропия всей Вселенной не может убывать, ибо Вселенная представляет собой изолированную систему» [390, с.56].

**И. А. Каблуков:** «При необратимых процессах энтропия может только увеличиваться. Так как жизнь Вселенной есть сцепление ряда необратимых процессов, то Клаузиус высказал положение: энтропия Вселенной стремится к максимуму» [298, с.252].

**Дж. Фен:** «Любой спонтанный процесс в любой изолированной системе всегда приводит к росту энтропии этой системы» [587, с.273]. «...Рассматривая всю Вселенную как единую систему, можно сделать следующее утверждение, вытекающее из второго начала термодинамики: энтропия Вселенной всегда растет» [там же, с.274].

**Н. Винер:** «Мы погружены в жизнь, где мир в целом подчиняется второму закону термодинамики: беспорядок увеличивается, а порядок уменьшается» [177, с.49]; «Вселенной в целом, если действительно существует Вселенная как целое, присуща тенденция к гибели» [там же, с.27].

**Ф. Рейф:** «Принцип возрастания энтропии создает впечатление, что мир приближается к ситуации, характеризующейся все возрастающим беспорядком» [507, с.281]. (См. также напр. [500, с.436; 496, с.36])

Еще раз подчеркнем, что диалектическому материализму противоречат не только положения о нарастании во Вселенной хаоса, ее стремлении к предельному состоянию, тепловой смерти, конечном времени ее существования, но и об одностороннем (в определенном направлении) изменении (эволюции) Вселенной (мира в целом) (см. гл. 6).

Разумеется, утверждения, будто какие-то следствия второго закона термодинамики противоречат диалектическому материализму, диалектического материалиста могут заставить усомниться не в истинности диалектического материализма, а в истинности второго закона термодинамики. Еще больше сомнений должны вызвать те рассуждения, в которых на основе второго закона термодинамики получаются ложные выводы. Поэтому выясним, действительно ли из второго закона термодинамики следуют названные положения.

## **Две части второго закона термодинамики.**

### **Принцип существования энтропии**

Занимаясь исследованием выводимости ложных заключений из второго закона термодинамики, нужно иметь в виду, что этот закон состоит из двух частей, «представляет собой в сущности совокупность ряда положений, относящихся, во-первых, к состояниям равновесия, и, во-вторых, к процессам, происходящим в физических системах» [376, с.47] (см. также [111, с.129-214; 222, с.106-107; 266, с.41-42; 294, с.58]).

Первая часть, относящаяся к состояниям равновесия физических систем (или равновесным (квазистатическим) процессам — непрерыв-

ным последовательностям равновесных состояний [101, с.23-24; 294, с.30-34; 530, с.45-46]), – представляет собой теорему (у некоторых авторов – принцип) существования энтропии, согласно которой величина  $\delta Q/T$  (где  $\delta Q$  – бесконечно малое количество теплоты, сообщаемой термодинамической системе в равновесном процессе;  $T$  – температура системы, измеренная в термодинамической шкале температуры) является полным дифференциалом функции, зависящей только от параметров состояния системы (т.е. функции состояния системы) – энтропии  $S$ :

$$dS = \delta Q/T \quad (7)$$

(см. например [101, с.57-58; 294, с.58; 329, с.143, 156-157; 390, с.31; 530, с.128; 590, с.904]).

Содержание уравнения (7) можно выразить и по-другому: для любой равновесной термодинамической системы

- а) существует функция состояния  $S$ , определяемая уравнением (7);
- б) температура  $T$  является интегрирующим делителем для  $\delta Q$  [390, с.32; 460, с.56];
- в)  $1/T$  является интегрирующим множителем для  $\delta Q$  [376, с.64; 156, с.86-88; 465, с.56].

То, что функция  $S$ , определяемая уравнением (7), является функцией состояния, можно выразить и в такой форме: для любого равновесного кругового процесса, совершаемого любой термодинамической системой

$$\oint \delta Q/T = 0 \quad (8)$$

(см. например [101, с.58; 329, с.142, 155; 376, с.66; 390, с.31; 590, с.904]).

Формула (8), записанная для цикла Карно, эквивалентна теореме Карно [329, с.126-138; 390, с.22-27; 655, с.189-191].

Согласно первому закону термодинамики,

$$\delta Q = dU + A_i dx_i \quad (9)$$

где  $U$  – внутренняя энергия системы,  $A_i$  – обобщенная сила (например давление, электродвижущая сила (ЭДС) электрохимической системы),  $x_i$  – обобщенная координата состояния (объем, электрический заряд и т.п.).

Величина  $A_i dx_i$  называется обобщенной работой.

В общем случае, когда в процессе изменяется несколько координат состояния,

$$\delta Q = dU + \sum A_i dx_i. \quad (10)$$

Следствием (7) и (9) является обобщенное уравнение Клапейрона-Клаузиуса [376, с.68; 390, с.36-39; 503, с.125-126]:

$$(\partial U/\partial x_i)_T + A_i = T(\partial A_i/\partial T)_{x_i}. \quad (11)$$

На основе принципа существования энтропии в термодинамике получают множество соотношений (формул), связывающих парамет-



ры систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, в том числе уравнение Клапейрона-Клаузиуса, закон действующих масс, закон Стефана-Больцмана и множество других (см. например [129, с.337-339; 376, с.65-115; 294, с.128-129; 101, с.99-117, с.178-222; 390, с.32-54; 503, с.106-126; 157, с.147-153]).

Вывод указанных уравнений делают методом циклов (круговых процессов), используя уравнение (8), либо методом термодинамических потенциалов (методом характеристических функций), используя уравнение (7) либо (11).

Трудно переоценить роль принципа существования энтропии в термодинамике.

«Все соотношения, имеющие характер равенств, выводимые из второго начала термодинамики, используют лишь одно свойство энтропии — ее бесконечно малое приращение является полным дифференциалом» [530, с.139].

Эти уравнения получаются путем математического вывода из исходных формул (среди которых формулы (8) — (11)) и являются истинными в той мере, в которой истинными являются исходные формулы.

Множество этих уравнений неоднократно подтверждались экспериментально. Кроме того, Л. Больцман (см. например [129, с.89-99]) и другие авторы (например, Дж. В. Гиббс [206] и А. Эйнштейн [648, с.50-66]) вывели уравнение (7), основываясь на молекулярно-кинетической теории. Поэтому можно утверждать, что истинность второго закона термодинамики для равновесных систем (принципа существования энтропии) была многократно доказана и практически, и теоретически.

Однако здесь следует еще раз подчеркнуть, что принцип существования энтропии относится к равновесным системам, т. е. системам, в которых на макроуровне не протекают никакие процессы, которые не обмениваются с другими системами ни энергией, ни веществом, в которых не только отсутствуют градиенты интенсивных параметров состояния (температуры, давления, концентраций), но и любые части которых имеют одинаковые значения интенсивных параметров состояния. Поэтому **на основе принципа существования энтропии невозможно вывести никакого заключения о будущем не только бесконечной Вселенной, но и о любой конечной системы, в которой протекают какие-либо процессы.**

**Абсолютно ложным** является утверждение, будто «из Второго начала термодинамики следует, что со временем наступит «смерть» Вселенной» [432, с.22]. Та часть второго начала термодинамики, с использованием которой выводят множество применяемых в практике уравнений, не может служить основанием для такого вывода.

Вторая часть второго закона термодинамики выражается неравенством и имеет ряд формулировок, в числе которых — закон (принцип) возрастания энтропии: «Энтропия изолированной системы при наличии в

ней неравновесных процессов всегда возрастает» [294, с.64] (см. также [266, с.52-54; 376, с.125-128; 390, с.55-56; 503, с.78-79; 530, с.131-133]).

Именно на основе закона возрастания энтропии некоторые авторы делают заключения: «энтропия всей Вселенной не может убывать» [390, с.56] (см. также [587, с.274]); «энтропия мира (Вселенной) стремится к максимуму» (см. например [496, с.172; 661, S.44]). Последняя формулировка и есть одна из формулировок гипотезы тепловой смерти Вселенной.

Таким образом, анализируя логические основания гипотезы тепловой смерти Вселенной, необходимо тщательно рассмотреть второй закон термодинамики для неравновесных процессов (закон возрастания энтропии).

То обстоятельство, что принцип существования энтропии и принцип возрастания энтропии — это два различных положения, первое из которых можно доказывать, а затем использовать независимо от второго, читателю, незнающему с историей термодинамики может показаться очевидным и тривиальным: математики часто сначала доказывают существование какой-то функции, а затем начинают исследовать ее свойства. Между тем, в термодинамике, начиная с работ Р. Клаузиуса, существование и возрастание энтропии рассматривались в неразрывной связи — как следствия одной и той же аксиомы, а второй закон термодинамики для обратимых (равновесных) процессов — как частный случай более общего закона, включающего и положенные, относящиеся к неравновесным процессам. И то, что в современных курсах термодинамики, излагается как должное, есть результат длительного исторического развития и горячих дискуссий.

Впервые необходимость доказательства существования энтропии, независимо от ее возрастания, т. е. истинности для любых систем формулы (7), осознал в конце XIX в. профессор Киевского университета Н. Н. Шиллер, опубликовавший ряд работ, посвященных этой проблеме (см. например [635]). В 1909 г. немецкий математик К. Каратеодори доказал существование энтропии, исходя из аксиомы: «В любой окрестности произвольно заданного начального состояния имеются состояния, которые нельзя как угодно точно аппроксимировать адиабатическими изменениями состояния» [305, с.197]. В 1921 г. Макс Борн опубликовал статью, «чтобы облегчить изучение работы Каратеодори» [133, с.224]. С возражением против идей Каратеодори выступил Планк, который обращал внимание на то, что «никто еще никогда не ставил опытов с целью достижения всех смежных состояний, какого-либо определенного состояния адиабатическим путем» [481, с.439-440]<sup>1</sup>. Он также написал, что содержание второго закона

---

<sup>1</sup> Сам Каратеодори обосновал свой принцип с помощью двух магических слов, хорошо известных физикам-теоретикам: «Установлено, что...» [305, с.196].

термодинамики шире аксиомы Каратеодори и что к этой аксиоме «необходимо прибавить еще вторую, не зависящую от первой, аксиому, относящуюся к необратимым процессам, — момент, который впрочем, всегда вполне отчетливо возникал при всех изложениях этого принципа» [там же, с.441-442].

Глубокий анализ содержания второго закона термодинамики выполнила Т. А. Афанасьева-Эренфест [89]. Она, в частности, писала:

«Второе начало термодинамики, несмотря на свою общепризнанность и постоянное применение в разнообразных областях естествознания и техники, до сих пор оставляет некоторую неудовлетворенность. Это сказывается в повторяющихся до сих пор попытках как-то по-новому изложить его, характерным выражением которых может служить недавно появившаяся статья Планка (речь идет о статье [481] — В. И.).

С одной стороны, причина неудовлетворенности та, что кинетическое толкование термодинамических явлений заставляет сомневаться в неуклонной справедливости закона возрастания энтропии — закона, который многими выставляется, как самая сущность второго начала. Но, с другой стороны, неясность ощущается и внутри самой классической термодинамики: одно и то же начало представляется в двух совершенно различных обликах: 1) как утверждение существования интегрирующего множителя для известного выражения  $dQ$  и 2) как утверждение о неуклонном возрастании энтропии при реальных адиабатических процессах. Представляется трудным уместить в одно, отчетливое обозримое поле зрения эти оба положения и схватить логическое тождество второго начала и принципа возрастания энтропии.

Одна из задач настоящей работы — показать, что такое тождество совершенно напрасно пытаются устанавливать: его нет и не может быть по самому существу дела, а слияние вышеуказанных положений в сознании физиков в одно «второе начало» произошло исторически в процессе искания. Анализ основ термодинамики помогает отчетливо отделить их друг от друга и проследить, которые из выводов термодинамики от которого из них зависят.

Одновременно с этим выясняется и то, в какой мере основания классической термодинамики могут быть сохранены даже и тогда, когда будут допущены все самые крайние выводы, к которым обязывает кинетическое толкование явлений. И надо сказать, что сохраняется как раз то, чем действительно пользуются во всех применениях термодинамики» [89, с.3].

Т. А. Афанасьева-Эренфест обращала внимание на то, что «замечательный факт» существования интегрирующего делителя для элемента тепла  $\delta Q$  Планк представляет «как нечто тривиальное, не выражающее никаких особых свойств тел» [там же, с.7], и замечала: «повидимому, эта недооценка значения интегрируемости уравнения (2) (выражающего  $\delta Q$  через параметры системы — В. И.) сделала то, что Планк весь вес второго начала полагает в свойстве энтропии возрастать при необратимых процессах» [там же, с.8].

Насколько автор может судить, та точка зрения, что сущность второго закона термодинамики заключается во второй его части, а существовавшие энтропии представляется очевидным и не требующим доказательств, преобладает на протяжении всей истории термодинамики. Тем самым действительное содержание второго закона термодинамики осознается далеко не в полной мере <sup>1</sup>.

## Общее начало термодинамики

Говоря о двух частях второго закона термодинамики – принципах существования и возрастания энтропии, – мы излагали современное понимание этого закона. Между тем, в литературе встречаются формулировки второго закона термодинамики, в которых понятие энтропии не упоминается.

«В традиционной интерпретации второй закон термодинамики указывает на одностороннюю тенденцию в развитии систем. В одной из формулировок он гласит: замкнутая изолированная система стремится к равновесию» [219].

Согласно [205, с.110], второй закон термодинамики «может быть выражен в общей форме следующим образом: все системы стремятся к состоянию равновесия».

В наше время такие формулировки второго закона термодинамики встречаются редко. В современных курсах термодинамики постулат *«изолированная макроскопическая система с течением времени приходит в состояние термодинамического равновесия и никогда самопроизвольно выйти из него не может»* [101, с.17] называется «общее начало термодинамики» [101, с.17; 530, с.16], «первый, или основной, постулат термодинамики» [101, с.17], «принцип самоненаушимости равновесного состояния системы» [375, с.13], «постулат о термодинамическом равновесии» [186, с.19] <sup>2</sup>. Этот постулат является «результатом обобщения опыта» [101, с.17]. В сочетании с теоремой о возрастании энтропии общее начало термодинамики позволяет сделать заключение: энтропия изолированной системы стремится к максимуму. Ведь теорема о возрастании энтропии выражается неравенством и утверждает только то, что энтропия изолированной системы в конечном состоянии больше, чем в начальном.

---

<sup>1</sup> Работы Н. Н. Шиллера, К. Каратеодори, Т. А. Афанасьевой-Эренфест относят к аксиоматическому направлению в термодинамике. Обсуждение и развитие этого направления см. [111; 199, с.246-275; 221; 222; 376; 526; 604].

<sup>2</sup> Осознание нетождественности общего и второго начал термодинамики произошло не так давно. Из-за этого, надо полагать, различные авторы называют его по-разному. В работах [156, с.31; 222, с.14; 376, с.22; 294, с.8] формулировка общего начала приводится без названия. В работе [406, с.1121] общее начало термодинамики ошибочно названо нулевым законом термодинамики (о нулевом законе будет сказано ниже).

Как указывал академик АН СССР М. А. Леонтович, «экстраполяция основного положения о том, что ограниченная система с течением времени приходит в состояние равновесия, ...порождала выводы довольно спекулятивного свойства о тепловой смерти Вселенной. Следует заметить, что эти выводы получаются непосредственно как результат распространения на Вселенную одного этого положения, а вовсе не из каких-либо специальных математических формулировок термодинамики, связанных с существованием энтропии» [376, с.134].

«Действительно, этот вывод (о тепловой смерти, – В.И.), есть не что иное, как общее<sup>1</sup> начало термодинамики, распространенное на всю Вселенную» [530, с.136].

Если исходить только из закона возрастания энтропии, то

«можно лишь сказать, что если бы когда либо должна была наступить «тепловая смерть» (состояние равновесия) мира, и еще раньше существовало бы – менее стабильное – состояние равновесия, то новое состояние должно было бы обладать большим значением энтропии, чем прежнее состояние» [156, с.137].

**Тот, кто в наше время на основе формулировки «Энтропия изолированной системы стремится к максимуму» выводит заключение о стремлении Вселенной к равновесию, совершает логическую ошибку вида «предвосхищенное основание».**

Учитывая общее начало термодинамики, нужно сказать: изолированная система не потому приходит в равновесие, что ее энтропия достигает максимума; возрастание энтропии изолированной системы прекращается потому, что система пришла в равновесие.

Основываясь на общем начале термодинамики, можно было бы заключить: поскольку все неравновесные изолированные системы со временем переходят в равновесие, Вселенная как изолированная неравновесная система тоже перейдет в равновесие. Несложно, однако, показать несостоятельность такого – индуктивного – вывода, причем без привлечения тезиса о бесконечности Вселенной. Достаточно указать, что изоляция какой-нибудь звезды закончится не установлением равновесия, а небольшим космическим взрывом (если изолирующая оболочка окажется достаточно прочной).

Если вспомнить, что, согласно диалектическому материализму, Вселенная является вечной, бесконечной, неизменной в целом, то можно сказать, что она является такой «изолированной» системой, в которой происходит вечное движение (мировой круговорот). Следовательно, из общего начала термодинамики вывод о грядущем переходе Вселенной в равновесие получить невозможно: Вселенная не придет в равновесие, так как находится в равновесии всегда.

---

<sup>1</sup> А не второе, как полагают сегодня те, кто не очень хорошо разбирается в тонкостях термодинамики, – В.И.

К. А. Путилов писал: «...вообразим себе, что смотрим на звездный мир, как смотрим на стакан воды. Мы не могли бы различать отдельные звезды. Звездный мир нам представился как сплошное супракосмическое тело. С таким же основанием и по тем же причинам, в силу которых мы считаем, что вода в стакане находится в равновесном состоянии, мы, возможно, решили бы, что наблюдаемое нами супракосмическое тело достигло максимума супраэнтропии и пребывает в некоем суправывесном состоянии. С точки зрения «надзвездной термодинамики» это есть состояние тепловой смерти мира, точно так же, как с точки зрения обычной термодинамики равновесное состояние воды, молекулы которой находятся в вечном движении и испытывают соударения, распад, перекоки электронов в оболочках и т. д., есть состояние тепловой смерти воды...

С точки зрения термодинамики любое равновесное состояние возможно, если хотите, назвать состоянием «тепловой смерти вещества». Тем не менее, как нам хорошо известно, молекулы всегда находятся в движении, и вечно происходит смена событий микромира. Так и для мира в целом состояние супратермодинамического равновесия отнюдь не означало бы тепловой смерти в смысле прекращения движения и эволюции звезд. Напротив, гибель и рождение новых звезд при их соударениях — вечная жизнь космоса — являлись бы необходимой предпосылкой супратермодинамической равновесности мира, подобно тому, как аналогичные явления в микромире поддерживают макрофизическую равновесность» [503, с.142].

Следует заметить, что постулат о стремлении всякой изолированной системы к равновесию не имеет ничего общего с известным положением материалистической диалектики о преходящести всех конечных форм материи, которое Энгельс выразил словами: «все, что возникает, заслуживает гибели» [10, с.359]. Это положение является безусловно истинным и относится ко всем конечным материальным системам, гибель которых является закономерным финалом их естественного развития. А об общем начале можно сказать то, что когда-то говорилось о втором начале: оно «предвещает смерть от тюремного заключения» [347, с.258], т. е. насильственную, неестественную смерть<sup>1</sup>. Вряд ли такое положение уместно провозглашать одним из основных постулатов физической теории.

В. Ф. Яковлев обращал внимание на такое обстоятельство:

«Опыты показывают, что если небольшие объекты изолировать от внешних воздействий, то в них устанавливается термодинамическое равно-

---

<sup>1</sup> А. А. Гухман писал: «...Самым общим образом можно утверждать, что любая изолированная система приходит в стационарное состояние, которое сохраняется, пока существует изоляция. Конечный смысл этого утверждения заключается в том, что всякой системе органически свойственно стремление сохранять состояние общего покоя» [222, с.14].

Заключение следует признать ошибочным: из того, что кем-то изолированная, вырванная из естественного окружения система приходит в равновесие, не следует, что ей свойственно стремление сохранять состояние покоя.

весие, характеризующее максимумом энтропии. В то же время на основании такого рода опытов нельзя делать заключение о том, что во всем мире существует общая тенденция к установлению термодинамического равновесия. В этом плане интересно сопоставить факты из другой области. Известно, например, что механическое равновесие систем соответствует минимуму их потенциальных энергий. Но, тем не менее, согласно более общим законам механики (законам сохранения) абсурдно утверждать, что все механические явления протекают в сторону установления механического равновесия, характеризующего минимумом энергии взаимодействия» [655, с.197].

Заметим, что постулатов, подобных общему началу, нет в статике (разделе механики), гидростатике, электростатике. И понятно почему. Постулат о переходе системы в равновесие касается явлений, которые не относятся к предмету теорий, исследующих равновесия тех или иных систем. Думается, термодинамика равновесных процессов (термостатика) станет строже, если вместо постулата о переходе изолированной системы в равновесие указать, что предметом этой теории являются термодинамические системы, находящиеся в равновесии.

Некоторые авторы делали определенные шаги в этом направлении. Так, Ван-дер-Ваальс и Констамм сначала написали, что если изолировать при помощи стенок от внешнего мира некоторое количество вещества («весомой материи»), то спустя некоторое время внутри этой системы прекратятся все видимые движения и наступит стационарное состояние равновесия [156, с.31], а затем выразились так:

«...При нынешнем состоянии наших знаний следует считать по крайней мере сомнительным, все ли материальные системы, которые изолируются при помощи... перегородок, достигают в конечном время «стационарного состояния», или **могут ли они в этом случае, когда это состояние уже достигнуто, рассматриваться в наших рассуждениях как исходные системы.** Для той системы, которую мы называем «жизнью», по-видимому, характерным является во всяком случае ненаступление стационарного состояния; поэтому мы принципиально не останавливаемся на рассмотрении подобных систем, а ограничиваемся «мертвыми системами» (выделено мной – В. И.) [156, с.33].

Я. П. Терлецкий среди исходных аксиом термодинамики первым называл «Постулат существования термодинамического равновесия», согласно которому «всякая термодинамическая система при неизменных внешних условиях имеет состояние термодинамического равновесия, в котором ее макроскопические параметры остаются неизменными с течением времени и из которого система не может выйти спонтанно (самопроизвольно)» [561, с.11]. А то, что «любая находящаяся при неизменных внешних условиях термодинамическая неравновесная система в конце концов переходит в состояние термодинамического равновесия» [там же], по словам Я. П. Терлецкого, «можно рассматривать как дополнительную аксиому» [там же].

## О принципе Ле Шателье – Брауна

Во многих курсах термодинамики формулируют и обсуждают принцип Ле Шателье – Брауна.

«Если система находится в состоянии равновесия, то при действии на нее сил, вызывающих нарушение равновесия, система переходит в такое состояние, в котором эффект внешнего воздействия ослабляется» [304, с.124].

«Система, находящаяся в равновесии, реагирует на внешнее воздействие таким образом, чтобы уменьшить это воздействие» [434, с.216].

«Если внешние условия термодинамической системы изменяются, то равновесие системы будет стремиться измениться так, будто бы система противится изменению внешних условий» [588, с.98].

Таким образом, если общее начало термодинамики истолковывается как стремление изолированных систем к равновесию, то принцип Ле Шателье – Брауна истолковывается как стремление термодинамических систем сохранять состояние покоя, чем, по сути утверждается, будто покой более свойственен природе, чем движение.

Этот противоречащий диалектике принцип многие авторы распространяют на все природные и социальные системы, начало чему положили знаменитый русский кристаллограф Е. С. Фелоров (в 1906 г.) и известный американский химик В. Банкрофт (в 1911 г.) [557, с.349].

Известный «реформатор» марксизма А. А. Богданов писал:

«Выражением структурной устойчивости является «закон равновесия», сформулированный А. Л. Ле-Шателье для физических и химических систем, но в действительности тектологический, т. е. универсальный...

Закон Ле-Шателье формулируется так: *если система равновесия подвергается воздействию, изменяющему какое-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению.*

Уже давно из опыта известно, что закон этот действителен не только для физических и химических систем, но и для многих других. Так, живые организмы в обычных условиях относятся к внешним воздействиям подобным же образом. Если человеческое тело подвергать охлаждению, в нем немедленно начинают усиливаться окислительные и другие химические процессы, развивающие теплоту; если же нагревать его извне, то повышается потоотделение с испарениями, поглощающими теплоту. Таков же смысл «съезживания» от холода, при чем уменьшается поверхность охлаждения; и когда черепаха прячется при всяких неблагоприятных влияниях в свой щиток, это опять-таки уменьшение поверхности внешнего воздействия» [121, с.249].

В книге «Глобальная империя Зла» с помощью принципа Ле Шателье объясняются едва ли не все общественные явления. Там можно прочитать:



«Согласно принципу Ле Шателье, одновременно с интеграционными процессами объединения людей в масштабах крупных регионов шли побочные процессы дифференциации, связанные с углублением национальных и религиозных противоречий...

...Побочные явления, обусловленные принципом Ле Шателье и связанные с быстрым изменением условий жизни, проявляются и в духовной сфере. На передний план выходят чисто личностные интересы, ближние индивидуальные цели, погоня за материальными благами и новыми ощущениями...

Побочные процессы, развивавшиеся в соответствии с принципом Ле Шателье, сыграли решающую роль в судьбе Древнего Рима» [382].

Между тем, если взглянуть на примеры, которыми иллюстрируется принцип Ле Шателье, непредвзято, то несложно убедиться в том, что утверждения о стремлении систем сохранять состояние равновесия, противиться изменению являются тенденциозными истолкованиями действительного содержания этого принципа — даже в той области, где он первоначально был сформулирован и применяется на практике — в химической термодинамике.

Предположим, что в стеклянной колбе при определенной температуре находится равновесная смесь реагирующих веществ. Начнем сообщать смеси тепло, приведя ее в контакт с нагревателем, температура которого постоянна. Система будет поглощать теплоту до тех пор, пока ее температура не достигнет температуры нагревателя. В соответствии с принципом Ле Шателье — Брауна, в системе начинается химическая реакция, в ходе которой теплота поглощается (эндотермическая). В результате такого «сопротивления», до того как температура системы достигнет температуры нагревателя, система поглотит больше теплоты, чем в том случае, если бы химическая реакция не протекала.

Следовательно, «чтобы уменьшить воздействие», система изменяется так, чтобы воздействие продолжалось дольше, а его количество (количество поглощенной системой теплоты) было бы больше, чем в том случае, если бы система не «сопротивлялась», если бы химический состав оставался постоянным.

Кроме того, в результате «оказания сопротивления внешним воздействиям» в системе повышается содержание веществ химически более активных, что ведет к понижению химической стабильности системы и повышению ее химической активности, может породить такие изменения в системе, которые сделают невозможным ее возвращение в исходное состояние при понижении температуры.

Таким образом, то, что называется «ослаблением внешнего воздействия», в действительности оказывается усилением внешнего воздействия как в количественном, так и качественном отношении.

Что же ослабляется (подавляется) в действительности, когда происходят процессы, «ослабляющие эффект внешнего воздействия»?

Если проанализировать указанный пример, а также ряд других, которыми иллюстрируется принцип Ле Шателье – Брауна (см. [101, с.133-134]), обращая внимание на происходящие в системе **превращения форм движения**, то легко заметить, что процессы, которые называются побочными, стремящимися подавить (ослабить) эффект воздействия, обусловлены превращением сообщаемого системе движения определенной формы в другие формы движения. В частности, когда равновесной системе веществ сообщается движение в форме теплоты, и в соответствии с принципом Ле Шателье равновесие смещается в сторону реакции, протекающей с поглощением теплоты, происходит частичное превращение подведенной теплоты в химическую форму движения.

И та закономерность, что воздействие определенного рода на равновесную систему вызывает в ней изменения другого рода, означает, что при передаче термодинамической системе движения в какой-то одной форме происходит его частичное преобразование в другие формы движения, его качественное изменение.

Тем самым подтверждается высказанное В. А. Босенко положение о том, что в природе нет процессов, которые можно было бы назвать неразвитием<sup>1</sup>. Развитие – в простейшей форме – происходит при всякой передаче движения от одного тела к другому.

Кроме того, еще раз подтверждается истинность закона превращения форм движения, о котором говорилось выше. Способность к превращению форм движения проявляется во всех передачах форм движения от одного тела к другому.

Следует также заметить, что физики, глубоко разбиравшиеся в термодинамике, не формулировали этот принцип как выражение некоей консервативной тенденции. Макс Планк писал:

«Принцип Ле Шателье – Брауна никоим образом не может считаться, как это часто делалось, выражением некоей универсальной тенденции, направленной на максимально возможное сохранение существующего состояния равновесия. Природа не заинтересована ни в том, чтобы сохранять существующее состояние равновесия, ни в том, чтобы его нарушить: она ведет себя индифферентно, или, лучше сказать, она ведет себя в одних случаях в первом духе, в других же – во втором» [483, с.185].

М. Планк формулировал этот принцип так:

«Этот принцип относится к стабильному равновесию физической или химической системы, состояние которой определяется двумя параметрами, и содержит высказывание о направлении изменения второго параметра, когда первый параметр претерпевает определенное смещение под воздействием внешней силы. А именно, это изменение должно всегда

---

<sup>1</sup> «Чисто количественное изменение, не переходящее в другое качество, не превращающееся движение было бы «неразвитием», но такого в природе не существует» [134, с.59].

происходить таким образом, чтобы оно приводило к уменьшению смещения первого параметра... Система как бы оказывает сопротивление внешним воздействиям — она стремится по возможности ослабить последствия подобных воздействий» [483, с.177].

Подобным образом — как принцип, выражающий взаимосвязь параметров термодинамической системы при внешнем воздействии, выводящем систему из равновесия — формулировали этот принцип И. П. Базаров [101, с.131-134] и К. А. Путилов и [503, с.249-252].

Ошибочность распространения принципа Ле Шателье на все явления ярко иллюстрируют примеры, приведенные А. А. Богдановым, который подвел под этот принцип смещение химического равновесия и процессы регулирования температуры в человеческом организме. В случае химического равновесия происходит непосредственное преобразование одного вида энергии в другой. В живых же организмах реакция на внешнее воздействие опосредуется нервной системой, о чем А. А. Богданов, будучи врачом по образованию, не мог не знать. В этих явлениях так же мало общего, как и в «стеживании» человека от холода и сжатии куска металла при охлаждении<sup>1</sup>.

А ссылки на принцип Ле Шателье в обществоведении есть просто прикрытие отсутствия понимания наукообразными фразами.

## **Второй закон термодинамики и направление природных процессов**

Вернемся, однако, к обсуждению возможности выведения ложных заключений из второй части второго закона термодинамики, в которой речь идет о процессах, протекающих в природе.

Многие авторы утверждали, что второй закон термодинамики «дает ответ на вопрос о направлении протекающих в природе процессов» [479, с.87] (см. также [87, с.26-29; 266, с.53-54; 530, с.88; 655, с.175]).

Часто встречаются рассуждения такого рода:

«Первый закон термодинамики устанавливает эквивалентность различных форм энергии, в частности внутренней энергии, теплоты и работы. Если система изолирована от окружающего мира, то ее внутренняя энергия остается неизменной. С точки зрения первого закона возможны и равновероятны любые процессы, в которых вместо исчезнувшего одного вида энергии появится эквивалентное количество другого вида. Так, первому закону не противоречило бы поднятие груза или закручивание какой-либо пружины за счет внутренней энергии окружающей среды. Почему, в самом деле, камень, лежащий на земле, не может подняться на какую-то высоту за счет охлаждения окружающего воздуха? Однако не поднимается! Переход теплоты от менее нагретого тела к более нагретому

---

<sup>1</sup> А. Богданов мог прочитать у В. Оствальда: «организм реагирует на влияющие среды активно, неорганизованное образование пассивно» [465, с.225].

означал бы лишь перераспределение энергии внутри системы и также не противоречил первому закону. Однако известно, что сосуд с водой никогда не закипит на холодной плите. Иными словами, первый закон ничего не говорит о возможности и вероятности того или иного процесса, связанного с превращением энергии или ее перераспределением.

Между тем, если внимательно рассмотреть всевозможные процессы, протекающие в окружающем мире, а также проводимые нами самими, окажется, что их можно разбить на две существенно различающиеся группы. Во-первых, это процессы *самопроизвольные*, т. е. идущие сами собой. Для их проведения не только не затрачивается работа, но, будучи поставленными в соответствующие условия (так сказать «запряженными» в соответствующий механизм), они сами могут произвести работу в количестве, пропорциональном происходящему изменению. Примерами самопроизвольных процессов могут служить: смешение газов, переход теплоты от горячего тела к холодному, переход энергии заряженного аккумулятора в теплоту и т. д.

Если попытаться повернуть самопроизвольные процессы вспять, то окажется, что это сделать не так просто. В этом случае мы имеем дело уже с *несамопроизвольными процессами*. Они не идут сами собой. Для их проведения необходимо затратить работу в количестве, пропорциональном происходящему изменению. Это будет разделение смеси газов на составные части, переход теплоты от холодного тела к горячему, зарядка аккумулятора за счет теплоты и т. д.» [237, с.74-75] (см. также [210, с.91-92; 325, с.174-175; 362, 74-75]).

Самопроизвольные процессы еще называют положительными [210, с.91-92; 362, с.74-75; 615, с.101-102], самотечными [542, с.295-296], естественными [615, с.101-102]; несамопроизвольные — отрицательными [210, с.91-92; 325, с.174-175; 362, с.74-75; 615, с.101-102], вынуждаемыми [542, с.295-296], неестественными [615, с.101-102]. Мы будем употреблять термины «самопроизвольный» и «несамопроизвольный».

Все авторы, пишущие о самопроизвольных и несамопроизвольных процессах, высказываются также в таком духе: «второй закон термодинамики устанавливает некоторые общие критерии самопроизвольного или несамопроизвольного изменения системы (процессов)» [237, с.74-76], «разделение всех процессов на «самотечные» и «вынуждаемые» составляет основное физическое содержание *второго начала термодинамики*» [542, с.295-296] (см. также [210, с.91-92; 325, с.174-175; 362, 74-75]).

С точки зрения диалектического материалиста разделение процессов на самопроизвольные и несамопроизвольные выглядит подозрительным, поскольку противоречит таким высказываниям Энгельса:

«*Взаимодействие* — вот первое, что выступает перед нами, когда мы рассматриваем движущуюся материю в целом с точки зрения теперешнего естествознания. Мы наблюдаем ряд форм движения: механическое движение, теплоту, свет, электричество, магнетизм, химическое соединение и разложение, переходы агрегатных состояний, органическую жизнь, которые все если исключить пока органическую жизнь переходят друг в друга,

обуславливают взаимно друг друга, являются здесь причиной, там действием... (спинозовское: *субстанция есть causa sui* – прекрасно выражает взаимодействие) [10, с.546].

«Сила. Когда какое-нибудь движение переносится одного тела на другое, то, поскольку движение переходит, поскольку оно активно, его можно рассматривать как причину движения, поскольку это последнее является переносимым, пассивным, и в таком случае эта причина, это активное движение выступает как сила, а пассивное движение – как ее проявление. Согласно закону неунничтожимости движения, отсюда само собой следует, что сила в точности равна своему проявлению, так как ведь в обоих случаях это – одно и то же движение» [там же, с.595-596].

Разумеется, если данное движение может быть здесь причиной, там – действием, если одно движение **можно лишь рассматривать** как причину, то не может быть абсолютного деления процессов на самопроизвольные (которые всегда причины) и несамопроизвольные, которые всегда следствия.

Но в книгах по термодинамике, кроме того, утверждают, что «самопроизвольные процессы ведут систему к состоянию равновесия, в котором силы, вызывающие процессы, уравниваются. Например, выравниваются давление, температура, концентрация и т. д.» [237, с.76]; «естественные процессы сходны в одном отношении: они приводят различные системы к конечному состоянию равновесия или покоя» [210, с.91], что противоречит таким высказываниям Энгельса:

«*Движение и равновесие*. Равновесие неотделимо от движения... На Земле движение дифференцировалось в виде смены движения и равновесия: отдельное движение стремится к равновесию, а совокупное движение снова уничтожает отдельное равновесие. Скала пришла в состояние покоя, но процесс выветривания, работа морского прибоя, действие рек, глетчеров непрерывно уничтожают равновесие. Испарение и дождь, ветер, теплота, электрические и магнитные явления дают нам ту же самую картину...

Всякое равновесие лишь *относительно и временно*» [10, с.561].

Рассмотрим эти противоречия между термодинамикой и диалектикой.

Итак, примеры самопроизвольных процессов: «сток воды по склонам, распространение газов из области более высокого давления в область более низкого давления, переход теплоты от горячего тела к холодному, возникновение теплоты за счет затраченной работы, взаимная диффузия веществ» [210, с.91], «смешение газов.., переход энергии заряженного аккумулятора в теплоту» [237, с.74], «опускание груза на более низкий уровень, взаимная нейтрализация сильной кислоты и сильного основания.., взрыв взрывчатого вещества, ржавление железа, кристаллизация переохлажденной или вскипание перегретой жидкости» [325, с.174]. Примеры несамопроизвольных процессов: «разделение смеси газов на составные части, переход теплоты от холодного тела к горячему, зарядка аккумулятора за счет теплоты» [237,

с.74-75], «поднятие какого-нибудь тела на более высокий уровень, разложение воды действием электрического тока» [325, с.174].

Думается, ознакомившись с этими примерами, читатель заподозрит, что его держат за младенца: любой из самопроизвольных процессов начинается с такого состояния, которое самопроизвольно не возникает, а для многие (ржавление железа, разряд аккумулятора) не начинаются без участия человека! Прежде чем самопроизвольные процессы начнут приводить систему к равновесию, кто-то должен создать неравновесие!

А многие самопроизвольные процессы являются таковыми на поверхности Земли, где, как писал Энгельс, «решительно преобладает тяжесть, притяжение» [10, с.396], где «отталкивающее движение должно быть создано искусственно: при помощи человеческой силы, животной силы, силы воды, силы пара и т. д.» [там же]. Падение камня не будет самопроизвольным процессом на орбитальной космической станции – в условиях невесомости.

Но некоторые авторы приводят еще *более интересные* примеры самопроизвольных и несамопроизвольных процессов.

«Например, расширение газа в цилиндре с поршнем – процесс самотечный, но ему неизбежно сопутствует переход части кинетической энергии хаотического движения молекул газа в кинетическую энергию упорядоченного движения молекул поршня, т. е. явление вынуждаемое» [542, с.296].

При адиабатическом расширении газа в цилиндре с поршнем происходит превращение хаотического движения молекул газа в направленное движение поршня. Одна сторона этого превращения называется самотечным процессом, другая – вынуждаемым! С таким же успехом можно было бы назвать наоборот – ведь без возникновения механического движения поршня хаотическое движение молекул газа ни во что бы не превратилось.

О. Д. Хвольсон писал:

«В паровой машине мы видим отрицательный (неестественный) процесс затраты тепла для производства работы; но он возможен лишь при одновременном переходе теплоты от более теплого тела, котла, к более холодному, а именно к холодильнику, или к окружающему воздуху» [615, с.101-102] (подобное высказывание есть в [362, с.75]).

Во-первых, в паровой машине производство работы и переход теплоты к холодильнику происходят не одновременно, а последовательно, во-вторых, переход теплоты нужен не для производства работы, а для замыкания цикла.

Возникает вопрос, почему не замечают ошибочности таких рассуждений. Ключ к ответу на него можно найти, у А. А. Радцига, который писал, что Клаузиус обратил внимание на обратный цикл Карно,

в результате которого известное количество работы превращается в теплоту и теплота переносится от источника холодного к горячему.

«Этот последний переход *тепла от менее нагретого тела к более нагретому телу противоположен тому, что совершается в природе постоянно* — именно передаче тепла более нагретыми телами менее нагретым телам. В обратном цикле Карно мы видим, что первый переход совершается не один: его сопровождает процесс превращения механической работы в теплоту (процесс, происходящий в природе постоянно сам собой, например в явлениях удара, трения). Клаузиус и рассматривает это превращение, как компенсацию за неестественность первого результата. При таком взгляде прямой цикл Карно получает следующее истолкование: в нем *естественным* процессом является переход тепла от источника высшей температуры к источнику низшей и этот естественный процесс является *компенсацией процессу перехода тепла в работу*. Значит можно предположить, что последний процесс неестествен, что он не может происходить сам собой» [505, с.60-61].

Таким образом, разделение процессов на самопроизвольные и несамопроизвольные было введено Клаузиусом тогда, когда он провозгласил необходимым условием превращения теплоты в работу переход части теплоты от более нагретого тела к телу менее нагретому — процесс, который может происходить сам собой, без превращения теплоты в работу.

И последнее. Есть основание считать, что разделение процессов на самопроизвольные и несамопроизвольные восходит к Аристотелю. В предисловии к его «Физике» можно прочесть:

«Не будучи по призванию физиком, он (Аристотель — В. И.) не мог понять неплодотворность своих представлений об естественных местах для элементов, о **разграничении естественных и насильственных движений...**» (выделено мной — В. И.) [511, с.31].

Вот удивился бы автор этого предисловия, если бы стал знакомиться с учебниками по термодинамике!

Согласно Л. Е. Федулаеву, существует «Живой уголок Средневековья в физике III тысячелетия» [583, с.71]. Разделение процессов на самопроизвольные и несамопроизвольные с полным правом можно считать **живым уголком античности** в термодинамике XX века.

## **Следует ли заключение об эволюции Вселенной из закона возрастания энтропии?**

Однако положение о направлении всех процессов природы в термодинамике формулируется и по-другому — без упоминания о самопроизвольных и несамопроизвольных процессах.

«Всякий происходящий в природе физический или химический процесс протекает так, что увеличивается сумма энтропий всех тел, принимающих в процессе какое-нибудь

участие. В предельном случае, для обратимых процессов, сумма эта остается неизменной. Это и есть общее выражение второго начала» [479, с.111] (см. также [480, с.54; 483, с.37; 509, с.373]).

«Можно составить некоторую функцию состояния всех тел — энтропию, имеющую то свойство, что всякое изменение состояния будет происходить только в направлении, связанном с возрастанием этой функции, так что с течением времени она может только расти» [128, с.176] (см. также [129, с.389]).

«Все процессы природы протекают в одном определенном направлении — всегда в сторону возрастания энтропии тел, участвующих в процессе» [198, с.89]<sup>1</sup>.

Такие формулировки второго закона термодинамики как будто могут служить основанием для заключения об эволюции Вселенной: если возрастание энтропии во всех процессах означает изменения одного рода (накопление чего-то), то Вселенная в целом изменяется. (Аналогично: если во всех природных процессах происходит образование тепла, то Вселенная в целом движется к состоянию тепловой смерти). Избежать вывода об эволюции Вселенной можно, если показать, что существуют природные процессы, в которых энтропия убывает, причем не менее масштабные, чем процессы, ведущие к возрастанию энтропии, и не менее распространенные<sup>2</sup>. Поиск таких процессов может быть одним из направлений решения проблемы тепловой смерти Вселенной.

Когда философы заявляют: «...Попытки найти некие антиэнтропийные процессы, протекающие в нарушение второго начала — это не путь научно-материалистической критики «теории» тепловой смерти» [591, с.132] или «Закон возрастания энтропии — хорошо обоснованный закон физики и критике не подлежит...» [72, с.104], они вместо анализа проблемы некритично повторяют мнение ряда физиков. Ведь возражения против того, что закон возрастания энтропии не имеет исключений, высказывались неоднократно.

В отзыве на работу «Закон концентрации энергии — фундаментальный закон природы», датированном 10 мая 1953 г., А. А. Гухман писал:

«Принцип возрастания энтропии, который утверждает увеличение энтропии совокупности тел, охватываемых любым реальным процессом (и,

---

<sup>1</sup> Р. Эмден образно выразился так: «В гигантской фабрике естественных процессов принцип энтропии занимает место директора, который предписывает вид и течение всех сделок. Закон сохранения энергии играет лишь роль бухгалтера, который приводит в равновесие дебет и кредит» (цит. по [266, с.60]; см. также [70, с.60; 199, с.297; 353, с.23]).

<sup>2</sup> Даже если энтропия уменьшается при поглощении излучения так называемыми «черными дырами» (см. [349, с.829]), если росту энтропии во Вселенной противостоят живые организмы [176, с.218–220; 358, 202, с.178] и мыслящие существа (человечество [247, с.185; 180, с.95]), все это не может оказывать заметное влияние на процессы превращения энергии в галактических масштабах.



следовательно, устанавливающий неизбежность рассеяния, «деконцентрации» энергии), отнюдь не является универсальным законом природы. Широко распространенное понимание этого принципа как некоего мирового закона, стоящего рядом с законом сохранения и превращения энергии и его дополняющего, неправильно. Для такого понимания нет никаких рациональных физических основ. Оно коренным образом противоречит материалистическому мировоззрению и в своем логическом развитии приводит к фидеизму» (цит. по [469, с.213]).

Не следует думать, будто это высказывание было написано в условиях идеологического диктата и засилья диалектического материализма в 1953 г. Спустя 33 года, в 1986 г., в монографии «Об основаниях термодинамики» А. А. Гухман изложил оригинальную систему построения основ термодинамики и подчеркнул:

«Для этой системы принцип возрастания энтропии отнюдь не имеет основополагающего значения – по отношению к ней он является независимым условием, которое принимается дополнительно для определения одной из двух альтернатив, в равной мере с ней совместимых. В рамках наших представлений никакие априорные (обусловленные общими принципиальными соображениями) суждения о направлении развития реальных процессов невозможны; вопрос этот решается непосредственно обращением к опыту» [222, с.377-378] (см. там же, с.344-345, с.368).

О проблеме тепловой смерти Вселенной А. А. Гухман писал:

«Принципиальная позиция оппонентов Клаузиуса определялась стремлением опровергнуть идею «тепловой смерти» без какого-либо нарушения системы его термодинамических взглядов. Известная противоречивость этой позиции видна непосредственно. Мысль об односторонней направленности всех процессов природы, понижающая термодинамику Клаузиуса и выраженная в форме принципа возрастания энтропии, **логически необходимо** приводит к заключению о неизбежности тепловой смерти мира»<sup>1</sup> (выделено мной – В. И.) [222, с.351].

Из этого следует, что для устранения вывода о тепловой смерти мира необходимо подвергнуть критике закон возрастания энтропии в природных процессах.

По мнению А. И. Вейника, «представление о Вселенной, которая в целом подчинена закону возрастания энтропии и во всех своих частях во все времена развивается в одном и том же направлении, глубоко неверно... Закон возрастания энтропии может существовать рядом с законом сохранения энергии только при том условии, если он понимается как принцип, пусть весьма широкий, но безусловно ограниченный... Это – частная закономерность, справедливая при определенных физических

---

<sup>1</sup> Чего в свете такого утверждения стоит заверение философа, что «само по себе второе начало термодинамики ничего идеалистического в себе не содержит» [318, с.233]?

условиях. В других условиях должен быть справедлив прямо противоположный принцип – принцип убывания энтропии» [164, с.139].

Возражения против того, чтобы считать закон возрастания энтропии безусловно истинным, высказывали и другие авторы (например [114, с.105; 294, с.71; 304, с.99-100; 375, с.73; 412, с.298; 600, с.420; 655, с.202]).

В 1956 г. А. И. Вейник писал:

«Итак, задача заключается в том, чтобы определить специфические особенности той физической обстановки, в которой справедлив тот или иной принцип (т.е. принцип возрастания или принцип убывания энтропии), и выяснить условия, при которых один из них переходит в другой. Эта задача, для решения которой современный уровень физических знаний еще недостаточен, далеко выходит за пределы термодинамики» [164, с.139].

Как же решалась эта задачи? Надо сказать, плохо. В 1986 г. А. А. Гухман написал лишь о том, что «вполне возможна термодинамика пока недоступных нашему опыту явлений, подчиняющихся принципу убывания энтропии» [222, с.71]. Так же неопределенно высказывались и другие авторы (см. [294, с.71; 655, с.202; 375, с.73]). А если, по мнению автора курса термодинамики, с уменьшением энтропии происходит «образование новых звезд, а также звездных ассоциаций» [114, с.105] (см. также [600, с.420]), то авторитетные физики утверждают, что «образование звезд и галактик из равномерно распределенного вещества происходит с ростом энтропии» [258, с.689].

Более того, в ходе развития термодинамики возражения против всеобщности закона возрастания энтропии высказывались все реже. Если Ван-дер-Ваальс и Констамм писали, что «науке не известно, имеется ли в мире живой материи аналог функции энтропии» [156, с.33], если В. И. Вернадский считал, что «в явлениях биосферы, в силу существования жизни, энтропия вселенной должна была бы уменьшаться, а не увеличиваться» [176, с.220], что «жизнь не укладывается в посылки, в которых энтропия установлена» [там же], если К. С. Тринчер [573, с.91] и П. Г. Кузнецов [357, с.198; 358, с.133-134] утверждали что явления жизни противоречат второму началу термодинамики, то М. В. Волькенштейн «представления об «антиэнтропийности» живых систем, о противоречиях между биологией и термодинамикой» назвал в числе «наиболее известных псевдонаучных представлений в биофизике» [182, с.63-64].

И, наоборот, со временем подтверждения закона возрастания энтропии дает все большее число авторов во все большем числе областей. Оказывается, «в полном соответствии со вторым началом термодинамики» происходит распад звездных скоплений и визуально-двойных звезд [77, с.16], выражением роста энтропии является то, что «...сохранение вида достигается ценой гибели подавляющей массы его

представителей» [301, с.113], проявлением второго начала термодинамики являются процессы этногенеза [220, с.5].

В 1996 г. С. Д. Хайтун сделал вывод: «Попытки как-то ограничить действие закона возрастания энтропии сегодня становятся все более редкими» [611, с.311]. Можно заключить, что поиск «антиэнтропийных» процессов оказался безрезультатным.

Из этого, однако, не следует, что нужно смириться с основанным на законе возрастания энтропии выводом об эволюции Вселенной. Из этого следует, что к опровержению выводов об эволюции Вселенной, ее стремлении к равновесию, основанных на законе возрастания энтропии, нужно подойти по-другому. А именно, выяснить, можно ли сделать заключение об эволюции Вселенной в целом, если предположить, что доказано, будто во всех природных процессах энтропия возрастает?

А почему нельзя? – может спросить читатель. Дело в том, что положение об эволюции Вселенной – это не заключение, полученное путем логического вывода, основанного на законе возрастания энтропии, а **интерпретация** этого закона. Чтобы такая интерпретация была обоснованной, необходимо сначала доказать, что возрастание энтропии во всех процессах означает изменение одного рода <sup>1</sup>. Проанализируем содержание понятия энтропии, закона возрастания энтропии и выясним, всегда ли возрастание энтропии означает изменения одного рода.

Прежде всего заметим, что функция энтропия, определение которой выражается формулой (7), **существует** только для систем, которые находятся в состоянии равновесия (в которых либо не протекают процессы, либо протекают **равновесные (квазистатические)** (см. [650, с.481]) **процессы**) и **не существует** для систем, в которых протекают неравновесные процессы, соответственно, не существует для таких систем, как живой организм, Земля, Солнце и т. п. Понимая под энтропией функцию, определяемую формулой (7), нельзя говорить о ее изменении в неравновесном процессе, как нельзя говорить о возрастании на отрезке  $x=[0,1]$  функции  $y(x)$ , такой, что  $y=0$ , если  $x<0$ ;  $y=1$ , если  $x>1$  <sup>2</sup>.

Разумеется, не определив энтропию системы, в которой протекают неравновесные процессы, нельзя говорить о возрастании энтропии такой системы в ходе процесса. Поэтому некоторые авторы формулируют теоремы о возрастании энтропии так, что не касаются изменения энтропии в ходе процесса:

---

<sup>1</sup> Для сравнения: закон «все тела падают вниз» сегодня не означает «все тела движутся к центру мира», как во времена Аристотеля.

<sup>2</sup> По словам М. Планка, Кирхгоф утверждал, что «понятие энтропии, которая может быть измерена, а следовательно, и определена только в обратимых процессах, не применимо к необратимым процессам» [484, с.651].

«Для любого процесса, происходящего в изолированной системе, энтропия конечного состояния никогда не может быть меньше энтропии начального состояния» [590, с.54].

Разумеется, на основе такой формулировки невозможно сделать заключение об эволюции Вселенной. Можно только повторить приводившееся выше высказывание Ван-дер-Ваальса и Констамма [156, с.137]: если Вселенная придет в равновесие, а раньше находилась в менее стабильном состоянии равновесия, то энтропия в конечном состоянии будет выше, чем в начальном.

Энтропия, определяемая формулой (7), **не существует** также у систем, в которых процессы не протекают, однако имеются части с различными значениями интенсивных параметров, к примеру, у термически неоднородных систем <sup>1</sup>.

В этом легко убедиться для термически неоднородной системы, состоящей из двух частей, содержащих различные идеальные газы. Для такой системы на основе первого начала термодинамики

$$\delta Q_{\text{ми}} = c_{v1} dT_1 + R n_1 dV_1 + c_{v2} dT_2 + R n_2 dV_2, \quad (12)$$

$\delta Q_{\text{ми}}/T$  не является полным дифференциалом, функция состояния, определяемая формулой (7), **не существует**.

Энтропию неравновесных систем **определяют** как сумму энтропий их равновесных частей  $S_i$ :

$$S_{\text{н}} = \Sigma S_i \quad (13)$$

(см. [376, с.118-123; 530, с.133-136]). Соответственно, энтропию термически неоднородной системы определяют как сумму энтропий ее термически однородных частей [376, с.123; 89, с.19; 101, с.306] <sup>2</sup>.

Формула (13) не следует из формулы (7). Она не противоречит формуле (7), поскольку вводится для систем, к которым формула (7) неприменима. Поэтому нет формальных оснований для отрицания формулы (13). Нельзя также сказать, что формула (13) – ложная. Но, определяя энтропию термически неоднородной системы как сумму энтропий ее термически однородных частей, следует иметь в виду, что она имеет так же мало общего с энтропией, определяемой формулой (7), как **синус треугольника**, определяемый как сумма синусов трех его углов, с синусом угла.

**Энтропия равновесной и энтропия неравновесной системы – это функции разного рода, они характеризуют равновесные и неравновесные**

<sup>1</sup> Термически неоднородными называются системы, различные части которых имеют различную температуру [89, с.17-18; 101, с.305-306].

<sup>2</sup> Параграф «Определение энтропии неравновесных состояний» [376, с.118-123] в курсе М.А. Леонтовича занимает более пяти страниц. И те, кто определяют энтропию неравновесных состояний без обсуждения, демонстрируют свое непонимание проблематичности этих определений.

**системы в разных отношениях.** Нельзя производить какие-либо расчеты параметров системы, подставляя энтропию неравновесного состояния в формулы равновесной термодинамики. Формулы, содержащие «равновесную» и «неравновесную» энтропии, следует интерпретировать по-разному. Это должен понимать любой человек, имеющий начальное представление о математической строгости, т. е. понимающий, что, прежде чем говорить об изменении энтропии при переходе системы из начального состояния в конечное, необходимо ее определить в начальном и конечном состоянии, показать, по какой формуле она вычисляется в начальном и конечном состоянии, а также показать, что энтропия начального состояния и энтропия конечного состояния – функции тождественные <sup>1</sup>.

Возрастание равновесной энтропии, определяемой формулой (7), означает, что равновесная система получает теплоту извне ( $\delta Q > 0$ ). Уменьшение равновесной энтропии означает, что система отдает теплоту ( $\delta Q < 0$ ). Если в ходе процесса энтропия равновесной системы остается постоянной ( $dS = 0$ ), то процесс является адиабатическим (протекает без обмена теплотой с окружающей средой) ( $\delta Q = 0$ ). Если равновесный процесс является адиабатическим ( $\delta Q = 0$ ), то энтропия остается постоянной ( $dS = 0$ ).

---

<sup>1</sup> Р. Клаузиус и другие основоположники термодинамики могли этого не понимать. «Только к концу 19 в. сложился стандарт требований к логической строгости, остающийся и до настоящего времени господствующим в практической работе математиков над развитием отдельных математических теорий» [299, с.477].

А во второй половине XIX в. даже в математике применялись, как очевидные и несомненные, положения, которые впоследствии были опровергнуты, например, положение о том, что всякая непрерывная функция является дифференцируемой. Из тех времен юности науки в термодинамике до настоящего времени сохранилось следующее чудное умозаключение, которое можно встретить во многих учебниках: если при теплообмене от более нагретого тела, температура которого равна  $T_1$ , к менее нагретому телу, температура которого равна  $T_2$ , переходит количество теплоты  $\delta Q$ , то энтропия первого тела изменится на величину  $-\delta Q/T_1$ , энтропия второго – на величину  $\delta Q/T_2$ , а энтропия системы – на величину  $\delta Q/T_2 - \delta Q/T_1$ , соответственно, возрастает (см. например [101, с.80; 265, с.186; 292, с.101; 327, с.157; 434, с.26; 497, с.103; 521, с.344]). Авторы таких умозаключений упускают из виду то, сумма изменений энтропий частей системы и изменение энтропии системы – не одно и то же, и что, прежде чем говорить об изменении энтропии системы, необходимо определить энтропию системы или хотя бы доказать, что такая функция существует. Встречается и такое умозаключение (словно из математического анекдота):  $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$ , следовательно  $S = S_1 + S_2$ , с помощью которого, в частности, на основе закона Дальтона о давлении смеси идеальных газов, «доказывают» теорему, согласно которой энтропия смеси идеальных газов равна сумме энтропий компонентов смеси (см. например [201, с.14-15]).

В курсах термодинамики пишут, что энтропия изолированной системы возрастает при протекании в ней необратимых либо неравновесных процессов. Однако нужно иметь в виду, что это связано не только с особенностями необратимых либо неравновесных процессов. То обстоятельство, что энтропия неравновесной системы, в отличие от энтропии равновесной системы, возрастает при условии ( $\delta Q=0$ ), связано также с особенностями **определения** энтропии неравновесных систем. Обращаем внимание на то, что формула (7) неприменима для определения энтропии неравновесных систем.

«...Равновесная термодинамика не дает рецептов измерения энтропии неравновесных систем» [406, с.1124].

Впрочем, не будем углубляться в тонкости определения энтропии неравновесных систем, и укажем, что, согласно общепринятым воззрениям, она возрастает при протекании в системе неравновесных (необратимых) процессов, в качестве которых называют процессы образования тепла путем трения, переноса теплоты между телами различной температуры (выравнивание температур тел), расширение газов в пустоту и смешение газов, а также любые процессы, которые сопровождаются указанными (см. например [101, с.54-55; 294, с.59-61479, с.91-93; 503, с.73;]). Соответственно, абстрактная формулировка «неравновесная энтропия некоторой изолированной (адиабатно изолированной) системы возрастает» означает: в данной системе происходит, по меньшей мере, один из следующих процессов: образование тепла при трении, перенос теплоты между телами различной температуры, расширение газа в пустоту, смешение газов. Если бы энтропия Вселенной определялась формулой (13), то формулировку «энтропия Вселенной возрастает» можно было бы интерпретировать так, что во Вселенной процессы образования тепла, выравнивания температур, смешения газов и т. п. преобладают над обратными, следовательно, Вселенная в целом изменяется.

Однако для определения энтропии Вселенной (а также Галактики) нельзя использовать формулу (13). Дело в том, что определение энтропии неравновесной системы как суммы энтропий ее равновесных частей «применимо только в тех случаях, когда энергия системы складывается аддитивно из энергии ее частей» [376, с.123]. Вселенная же «является гравитирующей системой с неаддитивной энергией» [561, с.140]. «Для такой системы незаконно применение... вообще термодинамики, поскольку последняя построена для аддитивных систем» [там же, с.140] (см. также [186, с.28]). Нужно уточнить: той термодинамики, о которой речь шла до сих пор (подобно тому, как для неравновесных систем незаконно применение термодинамики равновесных процессов).

Разумеется, никто не может запретить теоретикам создать термодинамику гравитирующих систем. Однако следует иметь в виду, что

абстрактные формулы этой термодинамики, выражающие изменение энтропии, необходимо интерпретировать иначе, чем формулы термодинамики аддитивных систем.

Согласно К. А. Путилову, «применительно к миру понятие энтропии не имеет обычного термодинамического содержания; можно составить сумму энтропий всех тел мира, но никак нельзя утверждать, что по своим свойствам эта величина будет иметь смысл энтропии мира» [503, с.140-141]. Состояние мира, по мнению К. А. Путилова, должно характеризоваться не энтропией, а другой величиной — супраэнтропией, возрастание которой ни в коем случае не должно интерпретироваться как стремление Вселенной к равновесию [там же].

Далее, определение энтропии неравновесной системы на основе формулы (13) предполагает, что энтропии равновесных частей такой системы  $S_i$  определяются на основе формулы (7), куда входят величины  $\delta Q_i$  [530, с.133-135]. Величины  $\delta Q_i$ , относящиеся к различным подсистемам, однозначно определяются для закрытых систем, обменивающихся друг с другом только энергией. Однако все природные системы являются открытыми, они обмениваются друг с другом не только энергией, но и веществом. Для открытых же систем «не удается разделить наблюдаемые изменения энергии на теплоту и работу» [186, с.42] (см. также [186, с.61-64; 434, с.64-71; 572, с.477-478]), следовательно, для этих систем величины  $S_i$  невозможно определить на основе формулы (7). Изменение энтропии в процессах взаимодействия открытых систем — функция иного рода, чем изменение энтропии при взаимодействии закрытых систем. Абстрактные формулы термодинамики взаимодействующих открытых систем необходимо интерпретировать иначе, чем формулы термодинамики закрытых систем.

«Если состояние системы таково, что ее нельзя разбить на макроскопические части, находящиеся в локальном термодинамическом равновесии, то приведенное обобщение понятия энтропии теряет смысл<sup>1</sup>. Однако статистическая термодинамика позволяет распространить понятие энтропии и на такие состояния» [530, с.136].

Разумеется, распространить понятие энтропии на состояния, где она не имеет смысла, нельзя, как нельзя «распространить» синус на треугольники. Можно лишь «распространить название» энтропии на функции, характеризующие эти состояния. Однако эти «энтропии» будут иметь иное содержание, чем ранее известные.

---

<sup>1</sup> Для сравнения: «Наконец, могут быть и такие эпохи, когда процессы внутри системы настолько турбулентны, что ни для какой части нельзя говорить о макроскопических параметрах состояния (температуре, давлении и т.п.). В такие времена классическая термодинамика просто не будет иметь объектов приложения» [89, с.27].

Таким образом, для различных систем в современной физике применяются существенно различные определения энтропии<sup>1</sup>. Поэтому нет оснований считать, что возрастание энтропии во всех случаях означает изменения одного рода и на основании тех суждений, что во всех процессах энтропия возрастает, делать заключение что Вселенная в целом изменяется.

А если учесть, что физики категорично заявляют о том, что закон возрастания энтропии не имеет исключений, то можно предположить, что возрастание энтропии во всех самопроизвольных процессах является одним из априорных условий, которое используется теоретиками, когда они дают определения энтропии различных реальных систем<sup>2</sup>.

В пользу этого предположения говорит и такое обстоятельство. Не так давно многие авторы определяли энтропию как меру беспорядка, хаоса, неупорядоченности состояния (см., например, [237, с.200; 585, с.382-385; 322, с.295-298]). В сочетании с не знающим исключений законом возрастания энтропии это приводило к заключениям: «Мы погружены в жизнь, где мир в целом подчиняется второму закону термодинамики: беспорядок увеличивается, а порядок уменьшается» [177, с.49]; или «Принцип возрастания энтропии создает впечатление, что мир приближается к ситуации, характеризующейся все возрастающим беспорядком» [507, с.281] (см. также [496, с.36; 432, с.19-30]).

Со временем выяснилось, что «эволюция как постепенный переход к неупорядоченному, хаотическому состоянию с максимальной энтропией беспорядна только для физиков. С точки же зрения естественников-нефизиков, беспорядна эволюция окружающего нас мира в сторону усложнения, самоорганизации» [611, с.299]. В этой ситуации необходимо было или признать существование «антиэнтропийных» процессов, или сказать, что энтропия не является мерой беспорядка. Физики выбрали второй вариант и начали высказываться так:

«Необратимая эволюция системы к своему состоянию аттрактора может быть отождествлена с эволюцией к единообразию лишь в случае, если аттрактор является состоянием термодинамического равновесия. В

---

<sup>1</sup> Еще одно определение энтропии, не имеющее ничего общего с перечисленными функциями, дается в термодинамике гипотетических «черных дыр». «Роль, аналогичную энтропии в термодинамике, в физике черных дыр выполняет поверхность  $S$  черной дыры. Черные дыры не обладают никакими другими свойствами, кроме способности притягивать... Вследствие этого полная «энтропия» системы черных дыр (величина, пропорциональная сумме поверхностей  $S$  черных дыр) не убывает...» [101, с.77].

<sup>2</sup> Поступают и по-другому. «Если рассматривать солнечную систему как изолированную (что конечно весьма далеко от истины), то ее энтропия непрерывно увеличивается за счет излучения Солнца» [181, с.34]. Возрастание энтропии здесь обусловлено использованием ложной (далекой от истины) посылкой.



случае же отсутствия состояния равновесия (как это имеет место для природных процессов, — В. И.) необратимость и возникновение энтропии могут быть определены как источник порядка» [495, с.9].

«Нам необходимо освободиться от идеи, что деятельность, порождающая энтропию, равнозначна деградации, нивелированию различий» [там же, с.9] (см. там же, с.18).

«Второе начало говорит, что развитие реальных систем идет с положительным производством энтропии. Это касается как процессов, в которых хаос рождается из порядка, так и процессов, в которых, наоборот, порядок рождается из хаоса. Но это может означать только то, что энтропия не является мерой беспорядка» [611, с.337] (см. там же с.299-366)<sup>1</sup>.

Теперь уже и на тепловую смерть Вселенной смотрят иначе.

«Кто мог вообразить, что мы принуждены будем поместить «тепловую смерть» Вселенной не в конец ее истории, а в начало, будем вынуждены заключить, что порядок, характеризующий нашу нынешнюю Вселенную, не является порядком, выжившим, несмотря на прогрессирующую деградацию, но порядком, возникшим в результате первоначального, энтропического взрыва» [495, с.18].

Можно заключить, что в результате развития термодинамики в XX веке у энтропий различных систем (в том числе природных), **в которых протекают неравновесные процессы**, остался единственный общий признак — **монотонное возрастание во времени**. На такую же мысль наводит высказывание И. Пригожина из его Нобелевской лекции:

«Единственное, что второй закон говорит точно о производстве (возникновении<sup>2</sup> — В. И.) энтропии, — знак этой величины» [494, с.188].

Иначе говоря, второй закон термодинамики для неравновесных процессов говорит точно только то, что энтропия всегда возрастает. Но если энтропия — это функция состояния, единственным существенным признаком которой является возрастание во времени в ходе любого самопроизвольного процесса<sup>3</sup>, то закон возрастания энтропии

---

<sup>1</sup> Кстати, беспорядок тоже можно определять по-разному. В ряде работ делается противоречащий традиционным воззрениям вывод, о том, что турбулентное течение жидкости более упорядоченное, чем ламинарное (см. например [332, с.84-85; 333, с.1238]). Этот вывод обосновывается тем, что при турбулентном течении отношение энергии макроскопического направленного движения к тепловому движению молекул выше, чем при ламинарном. Разумеется, в гидродинамическом отношении более упорядоченным является ламинарное течение (см. [556]).

<sup>2</sup> «В переводной литературе говорят также о «производстве» или «продукции» энтропии. Однако, на наш взгляд, эти термины больше подходят к пылесосам или автомобилям, но не к энтропии» [237, с.332].

<sup>3</sup> Еще раз напомним: функция состояния равновесных систем, которая называется энтропией и определяется формулой (8), **не существует** для неравновесных систем.

(второй закон термодинамики для неравновесных процессов) является тавтологией<sup>1</sup>.

Если закон возрастания энтропии – тавтология, то неудивительно, что это – «единственный закон физики, который не может быть опровергнут» [630, с.254], что «через 150 лет после того, как второй закон был сформулирован, он все еще представляет собой скорее программу, чем четко очерченную теорию в обычном смысле этого понятия» [494, с.188], что «вопрос о физических основаниях закона монотонного возрастания энтропии остается... открытым» [369, с.48], – бессодержательная тавтология не может иметь физических оснований.

Если же «применение термодинамики, по существу, ограничивается анализом равновесных процессов» [494, с.188], то, разумеется, потому, что второй закон термодинамики для равновесных процессов – не тавтология, а содержательное утверждение, отражающее объективную существующую связь явлений.

В письме Л. Кугельману от 27 июня 1870 г. Маркс писал:

«...Г-н Ланге сделал великое открытие. Всю историю можно подвести под единственный великий естественный закон. Этот естественный закон заключается во фразе «struggle for life» – «борьба за существование» (выражение Дарвина в этом употреблении становится пустой фразой), а содержание этой фразы составляет мальтусовский закон народонаселения или, скорее, закон перенаселения. Следовательно, вместо того чтобы анализировать эту «борьбу за существование», как она исторически проявлялась в различных общественных формах, не остается ничего другого делать, как превращать всякую конкретную борьбу во фразу «борьба за существование», а эту фразу – в мальтусовскую «фантазию о народонаселении»! Нельзя согласиться, что это очень убедительный метод [49, с.571].

Можно сказать, наука XX века, которая и историю, и природу, подводит под один закон – закон возрастания энтропии – далеко ушла от Ланге. Куда? Разумеется, вперед, по тому же пути. Вместо того чтобы анализировать противоречивые тенденции в разнообразных явлениях, выяснять условия, в которых одни и те же процессы превращения энергии и вещества протекают в различных направлениях, физики видят задачу в том, чтобы для каждого процесса опре-

---

<sup>1</sup> Тем, кому слово «тавтология» может показаться обидным, напомним, что в математической логике тавтологией называют тождественно-истинную формулу [338, с.585]. Соответственно, утверждение «закон возрастания энтропии является тавтологией» означает: «закон возрастания энтропии столь же истинный и столь же мало содержательный, как формула  $\lg 100=2$ ».

Это – закономерный результат многолетних стараний физиков сделать закон возрастания энтропии безусловно истинным, доказать, что ни одно явление ему не противоречит. Кстати, Г. С. Батишев предупреждал: «Разрешение противоречия означает творческое обогащение теории. Устранение делает ее плоской и скучной, как таблица логарифмов...» [106, с.86].

делить какую-то возрастающую величину, и объявить, что и в этом случае энтропия увеличивается<sup>1</sup>.

Но почему физики не замечают бессодержательности закона возрастания энтропии? – может спросить читатель. По-видимому, для этого есть несколько причин.

Во-первых, подавляющее большинство физиков недооценивает значение принципа существования энтропии; как и Планк, видят сущность второго закона в необратимости и возрастании энтропии<sup>2</sup>. Для таких физиков отказ от закона возрастания энтропии равнозначен отказу от второго закона термодинамики, что представляется невозможным уже потому, что второй закон применяется для расчета физико-химических равновесий.

Во-вторых, в XIX и первой трети XX в. закон возрастания энтропии имел более богатое содержание, чем сегодня. В 1931 г. Планк писал, что из второго начала термодинамики вытекают следующие заключения:

«Система покоящихся тел произвольной природы переходит с течением времени из любого начального состояния в состояние равновесия, в котором температура всех тел одинакова. В этом состоянии энтропия системы имеет максимальное значение из тех, какие она могла бы принять при данной полной энергии последней, определяемой начальными условиями» [480, с.141].

Сегодня, как говорилось выше, то положение, что изолированная система с течением времени переходит в состояние равновесия, называется общим началом термодинамики.

То положение, что в состоянии термодинамического равновесия температуры тел одинаковы, сегодня называется **нулевым законом (началом) термодинамики** – законом термического равновесия (см. [101, с.19; 186, с.22; 210, с.30]).

«Обычно в курсах термодинамики рассматривают три закона: первый, второй и третий – они составляют основу изучаемой дисциплины. Однако сейчас вводят в изложение термодинамики закон термического равновесия, сформулированный Р. Фаулером в 1931 г., т. е. много позже установления основных законов. Поскольку нарушать установившуюся традиционную нумерацию основных законов было крайне нецелесообразно, новый закон получил мало удачное название *нулевого*. Он сформулирован так: *две системы, находящиеся в термическом равновесии с третьей систе-*

---

<sup>1</sup> Разумеется, биологи или историки пишут о возрастании энтропии исключительно для вящего наукообразия, т. к. не имеют никакого понятия ни об этой функции самой по себе, ни, тем более, о том, имеет ли она смысл применительно к тем явлениям, которые они объясняют ее возрастанием. Энтропия здесь – что-то вроде энтелехии Г. Дриша (см. [310, с.52-56]).

<sup>2</sup> «Планк весь вес второго начала полагает в свойстве энтропии возрастать при необратимых процессах» [89, с.8].

мой, состоят в термическом равновесии друг с другом <sup>1</sup>. На первый взгляд это положение может показаться достаточно очевидным и даже тривиальным. Однако это не так. Этот закон нельзя отнести, например, к химическому равновесию. Так, аммиак (I система) и хлористый водород (II система) могут находиться в равновесии с азотом (III система). Однако между собой они будут, как известно, реагировать» <sup>2</sup> [237, с.32].

Таким образом, из названных Планком заключений следствием второго начала (закона) термодинамики сегодня можно считать только утверждение, касающееся возрастания энтропии – функции, которую непосредственно измерить нельзя, и для которой в термодинамике существует множество не согласующихся друг с другом определений. А те следствия, которые для многих систем можно легко проверить в лаборатории являются следствиями общего и нулевого законов термодинамики, а также принципа существования энтропии.

Наконец, среди физиков господствует представление, будто закон возрастания энтропии обоснован в статистической физике (статистической механике, статистической термодинамике), а пригодное для любых систем определение энтропии дает формула Больцмана:

$$S = k \ln W, \quad (14)$$

где  $W$  – число допустимых микросостояний системы, соответствующих данному макросостоянию [237, с.210–213; 530, с.290–295; 655, с.199–200].

Поскольку величина  $W$  неизмерима <sup>3</sup>, всегда можно заявить, что расчет  $W$  (и энтропии) был проведен неправильно. В одной статье читаем:

«Если теперь сравнить полученное таким образом (в рамках неравновесной статистической механики, – И.В.) выражение для приращения энтропии со вторым законом термодинамики, мы сразу придем к заключению, что это «не та энтропия, которая нам нужна». Действительно, согласно второму закону энтропия может только возрастать, тогда как статистическая энтропия  $S_{(N)}$ , определяемая формулой (90), может как возрастать, так и убывать в зависимости от того, сообщаем

<sup>1</sup> Это знали и раньше, но законом не называли. Макс Борн (1921 г.): «Основной для понятия температуры является эмпирическое положение о том, что когда два тела находятся в термическом равновесии с третьим телом, то они в термическом равновесии друг с другом» [133, с.227]. Т. А. Афанасьева-Эренфест (1928 г.): «существует только одна форма равновесной тепловой связи – это связь при равных температурах» [89, с.14] (аксиома тепловой связи).

<sup>2</sup> Это обстоятельство упустили из виду И. П. Базаров, написавший: «если имеются три равновесные системы  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и если системы  $A$  и  $B$  порознь находятся в равновесии с системой  $C$ , то системы  $A$  и  $B$  находятся в термодинамическом равновесии и между собой (свойство транзитивности термодинамического равновесия)» [101, с.18], и Г. Ф. Воронин, утверждавший, что «транзитивностью обладает не только тепловое, но и любое другое контактное равновесие» [186, с.23].

<sup>3</sup> Представление о количестве способов вычисления величины  $W$  дает статья Б. М. Кедрова «Понятие термодинамической вероятности» [316, с.102–120].

ли мы данному телу тепло ( $dQ>0$ ) или, наоборот, отнимаем его ( $dQ<0$ )<sup>1</sup>. Поэтому продолжим наши исследования» [406, с.1122-1123].

Разумеется, если исследования проводятся до тех пор, пока не будет получено, что энтропия возрастает, их результатом будет вывод о возрастании энтропии. Но какое отношение такой вывод имеет к действительности, сказать трудно.

Но разве может быть бессодержательным закон возрастания энтропии, если на его основе в химической термодинамике выводят уравнения, используемые в расчетах химических равновесий? — может спросить читатель. Действительно, в любом курсе химической термодинамики можно встретить суждения такого рода:

«Неравенство  $dS>0$  ... выражает *критерий самопроизвольности* процесса в изолированной системе. ...Критерием устойчивого равновесия в изолированной системе является **максимум энтропии**. Математически условие максимума выражается соотношениями  $dS=0$  и  $d^2S<0$ ...» [237, с.90]<sup>2</sup>.

На основе критериев самопроизвольности процессов ( $dS>0$ ) и равновесия ( $dS=0$ ), выводят уравнения, которые служат основой для экспериментально проверяемых расчетов (см. напр. [237]). Поэтому вроде бы есть основания считать, что химическая термодинамика подтверждает истинность закона возрастания энтропии. Но не будем спешить и выясним, какова действительная роль закон возрастания энтропии в химической термодинамике.

Термодинамику к химическим процессам впервые применил А. Горстманн. Он писал в статье «Теория диссоциации»:

«Клаузиус смог облечь некоторые мысли В. Томсона в математическую форму, определив величину — энтропию. Она всегда увеличивается при всех изменениях, происходящих в природе, и, напротив, не может уменьшиться под воздействием какой бы то ни было силы природы...

Предельное состояние наступает тогда, когда энтропия достигает максимально возможного значения. По моему мнению, та же причина определяет наступление предельного состояния при диссоциации. Предельное состояние наступает тогда, когда энтропия становится такой большой, как это только возможно при рассматриваемых изменениях.

---

<sup>1</sup> По-видимому, получена формула для равновесной энтропии, которая ведет себя именно так.

<sup>2</sup> В курсах химической термодинамики условие равновесия формулируют, как правило, в виде утверждения о минимуме функций состояния, именуемых изобарно-изотермическим и изохорно-изотермическим потенциалами. Однако «введение в термодинамику понятий изохорного и изобарного потенциалов не вносит в эту дисциплину ничего принципиально нового, а преследует лишь цель практического удобства расчетов» [237, с.193]: условие максимума энтропии изолированной системы и условие минимума указанных потенциалов для изотермических систем являются эквивалентными [там же, с.193-197].

Наша задача станет разрешимой, как только будет известно, под воздействием каких обстоятельств и каким образом изменяется энтропия в данном случае. Уравнение  $dS=0$  содержит всю теорию диссоциации...» (цит. по [347, с.288]).

Таким образом, А. Горстманн не доказал применимость закона возрастания энтропии к процессам диссоциации<sup>1</sup>, а принял уравнение  $dS=0$  как исходное положение своей теории диссоциации.

Подобным образом поступил Дж. В. Гиббс. В эпитафе к своему труду «О равновесии гетерогенных веществ» он привел слова Клаузиуса «Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu» [206, с.61], напомнил в предварительных замечаниях о критерии равновесия простых механических систем и начал изложение своей теории с формулировок критериев равновесия. Первым назвал такой: «Для равновесия любой изолированной системы необходимо и достаточно, чтобы при всех возможных изменениях состояния системы, происходящих без изменения ее энергии, вариация энтропии системы была равна нулю или отрицательна...» [там же, с.62].

Фактически А. Горстманн, Дж. В. Гиббс, а также М. Планк вывели формулы для энтропии, т.е. определяли энтропию, исходя из того, что энтропия изолированной системы при протекании в ней самопроизвольных процессов возрастает, а в состоянии равновесия достигает максимума (см. [206, с.61-62; 347, с.287-288; 483, с.3-13, с.37]). При этом использовали дополнительные априорные посылки (см. например [206, с.90]), без которых энтропия не обладала бы такими свойствами<sup>2</sup>.

Но если энтропия – это такая функция состояния, которая у изолированной системы монотонно возрастает и достигает максимума тогда, когда такая система приходит в равновесие, то закон возрастания энтропии для изолированных систем и в химической термодинамике – тавтология. Всеобщий «закон» химической термодинамики «Процесс протекает самопроизвольно до тех пор, пока (изолированная, – В. И.) система не перейдет в равновесное состояние, в котором энтропия достигает значения, максимального для данных условий» [298, с.187] (см. также [347, с.256-258; 237, с.90]) эквивалентен суждению: процесс в изолированной системе протекает самопроизвольно до тех пор, пока не перестанет протекать. Разумеется, такой «закон» не имеет исключений, однако не может служить основой для расчетов.

---

<sup>1</sup> «Применение принципов термодинамики для изучения химических процессов началось исторически раньше, чем законность подобного применения была с несомненностью доказана» [347, с.287].

<sup>2</sup> Чтобы для ряда систем равновесию отвечал максимум энтропии (или минимум свободной энергии), в формуле, выражающей энтропию идеального газа через его температуру, объем и число молекул, должно быть слагаемое вида  $kMn(V/N)$ , а не  $kMn V$  [201, с.18-20].

На практике используется закон действующих масс, выражающий соотношение между концентрациями (которые в XIX в. одно время назывались действующими массами (см. [296, с.67])) или парциальными давлениями химически реагирующих веществ в состоянии равновесия (см., например, [294, с.174-202; 237, с.155-181]). А закон возрастания энтропии (постулат о том, что в состоянии равновесия  $dS=0$ ) используется **при выводе** закона действующих масс.

Можно сказать, что условие  $dS=0$  в химической термодинамике появилось потому, что «теория термодинамического равновесия была развита Гиббсом по образцу механической статики Лагранжа, т.е. путём обобщения и распространения принципа виртуальных перемещений на термодинамические системы» [101, с.119]. Условие равенства нулю вариации энтропии изолированной системы является аналогом условия равенства нулю суммы виртуальных работ принципа возможных (виртуальных) перемещений аналитической механики (принципа виртуальной работы) <sup>1</sup> (см. [294, с.123; 101, с. 119-122; 222, с.237-240]). Дело в том, что в общем случае «условие равновесия выражают в двух формах: 1) минимума свободной энергии системы <sup>2</sup>; 2) уравнения закона действующих масс... Такая двойственная математическая постановка задачи – экстремум некоторой функции или корни системы уравнений – явление типичное..., и можно переходить от одной формулировки к другой» [147, с.23-24] (см. также [296, с.115]) <sup>3</sup>.

Заметим, что закон действующих масс был сформулирован К. Гульдбергом и П. Вааге на основе экспериментальных данных [296, 543]. Некоторое время спустя они рассмотрели этот закон с позиций атомно-молекулярного учения.

По их словам, для объяснения равновесия противоположных реакций «недостаточно простого предположения о силах притяжения между веществами и их составными частями... Необходимо принять во внимание *движение атомов и молекул*... Состояние равновесия, которое наступает при такого рода химических процессах, есть состояние подвижного равновесия, так как одновременно имеют место две противоположные химические реакции» [296, с.67].

Такое понимание равновесия – как частного случая химического превращения, как борьбы противоположностей (химических реакций, протекающих в противоположных направлениях) является диалектико-

---

<sup>1</sup> Если сумму виртуальных работ, которая фигурирует в принципе возможных перемещений, разделить на термодинамическую температуру и назвать полученную величину дифференциалом энтропии, то можно сказать, что принцип возрастания энтропии распространяется и на механические процессы, происходящие без трения.

<sup>2</sup> Это условие эквивалентно условию максимума энтропии изолированной системы, состоящей из исследуемой системы и термостата (см. [237, с.193-197]).

<sup>3</sup> См. также параграф «Финализм и каузальность» в книге [184, с.16-17].

материалистическим и, кстати, не может интерпретироваться как такое состояние, к которому стремится химическая система, в отличие от представления о равновесии как состоянии с максимальной энтропией.

На таком понимании равновесия основывается кинетический вывод закона действующих масс, при котором состояние химического равновесия определяется как такое, когда скорости прямой и обратной реакций равны [296, с.67; 588, с.88-90]. Такой подход является более содержательным, чем термодинамический. Выражения для скоростей реакций находят непосредственное отражение в формуле для константы равновесия. А выраженная в единицах плотности тока величина скорости электрохимических реакций, протекающих на электроде в условиях равновесия, в электрохимии является важным параметром электрода и называется плотностью тока обмена [79, с.218-219, с.276-277, с.347-359].

Таким образом, в химической термодинамике тоже можно обойтись без закона возрастания энтропии.

### **Проблема доказательства существования энтропии. К термодинамике без энтропии**

Как злую иронию истории можно рассматривать тот факт, что в то самое время, когда ученые различных специальностей распространяли закон возрастания энтропии на всевозможные явления, в классической термодинамике, в разделе, который давно ни у кого не вызывал никаких сомнений, неожиданно возникла **проблема доказательства существования энтропии**<sup>1</sup>.

Прежде чем говорить об этой проблеме, напомним, каким образом в термодинамике была введена энтропия.

Рассмотрев круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух адиабат (цикл Карно), Клаузиус пришел к выводу, что отношение количества теплоты, отданной нагревателем ( $Q_1$ ), к количеству теплоты, поглощенной холодильником ( $Q_2$ ), в этом круговом процессе не зависит от свойств рабочего тела, а является функцией только температур нагревателя ( $T_1$ ) и холодильника ( $T_2$ )<sup>2</sup> [329, с.133-136]. Затем Клаузиус показал, что для цикла Карно для идеального газа справедливо соотношение  $Q_1/T_1 + Q_2/T_2 = 0$  [там же, с.136-138]<sup>3</sup>. Рассматривая сложные круговые процессы, состоящие из множества изотерм и адиабат, Клаузиус получил, что для них  $\sum Q_i/T_i = 0$  [там же, с.138-140]. Затем он получил для любого кругового процесса уравнение  $\oint \delta Q/T = 0$  и заключил, что выражение  $\delta Q/T$  есть полный дифференциал «некоторой величи-

<sup>1</sup> Именно так — «Проблема доказательства существования энтропии» — называется параграф в курсе химической термодинамики С. И. Исаева [294, с.71-75].

<sup>2</sup> Это — одна из формулировок теоремы Карно.

<sup>3</sup>  $Q_2$  — отрицательная величина.



ны, которая зависит только от данного состояния тела, а не от пути, которым тело в это состояние пришло» [там же, с.143]. Обозначив эту величину через  $S$ , Клаузиус получил уравнение, приведенное нами выше под номером (7), а также уравнение  $\delta Q = TdS$  [там же, с.133] <sup>1</sup>.

Таким образом, ряд рассуждений, которые приводят к заключению о существовании функции состояния энтропии, начинается у Клаузиуса с теоремы Карно.

Доказательство теоремы Карно Клаузиус построил на том, что допущение, противоречащее теореме Карно, приводит к противоречию с постулатом (принципом): «Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплему» [там же, с.133-138] <sup>2</sup>. Таким образом, в самом начале рассуждений, которыми доказывается существование энтропии, лежит аксиома (постулат) Клаузиуса <sup>3</sup>.

Постулат Клаузиуса не является обобщением опытных данных. Ни Клаузиус, ни кто-либо другой никогда не проводили никаких экспериментов, подтверждающих этот постулат. Многие считают его очевидным. Это не так. Постулат Клаузиуса очевидным не является.

«Постулат Клаузиуса никоим образом не сводится к утверждению, что при непосредственном тепловом контакте двух тел теплота переходит от тела более нагретого к телу менее нагретому» [530, с.92] <sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Рассуждения Клаузиуса воспроизводятся, например, в [322, с.257-263; 503, с.62-68; 530, с.97-99; 590, с.244].

<sup>2</sup> Если бы КПД цикла Карно зависел от свойств рабочего тела, то единственным результатом работы двух сопряженных машин Карно с различными КПД мог бы быть перенос тепла от более холодного тела к более теплему телу [237, с.78-79; 503, с.64-65; 530, с.97-99].

<sup>3</sup> Эту аксиому, как говорилось выше, сегодня часто называют вторым началом термодинамики в формулировке Клаузиуса.

<sup>4</sup> «Это утверждение вообще не составляет физического закона, а является просто определением того, какое из двух тел условились считать более, а какое менее нагретым» [530, с.92].

Заметим: не просто определением. В основе того положения, что при контакте более теплого и более холодного тел одно получает, а другое отдает теплоту, лежат определенные теоретические предпосылки. Очевидным (принимаемым непосредственно с помощью органов чувств) является положение о том, что при тепловом контакте температуры тел становятся одинаковыми. А что переходит при этом и в каком направлении (теплота, энергия, теплород от тела теплого к телу холодному или холод от холодного тела к теплему) — это определяется той теорией, которой придерживаются физики в данное время.

«При непосредственном контакте двух систем с различными температурами одна система отдает, другая получает теплоту. Это физика» [346, с.98]. Трудно сказать, какой именно смысл вкладывали авторы в термин «физика», но здесь под физикой следует понимать теоретическую физику. Утверждение «Из опытов известно, что теплота всегда переходит от более нагретого тела к менее нагретому, а не наоборот» [558, с.102] является ошибочным.

Постулат Клаузиуса по сути утверждает: «если при контакте теплота переходит от тела А к другому телу В, то невозможен процесс, единственным конечным результатом которого был бы переход теплоты от В к А» [588, с.33] (см. также [222, с.333–334; 89, с.12–16; 530, с.92–93]).

Поскольку на основе теоремы Карно и принципа существования энтропии получено множество подтвержденных экспериментально результатов, то можно было считать, что истинность постулата Клаузиуса подтверждается истинностью теорем, которые получены на его основе, как и истинность аксиом геометрии.

Однако в 1947 году вышла книга А. А. Гухмана «Об основаниях термодинамики», в которой приводится доказательство теоремы Карно, во многом совпадающее с доказательством Клаузиуса, с тем отличием, что исходным в нем является постулат, **противоположный постулату Клаузиуса**: «Теплота не может переходить сама собой от более нагретого тела к более холодному» [221, с.80] (см. также [111, с.215–227; 164, с.140–141; 169, с.265; 222, с.340–341; 294, с.72–73]).

Таким образом, А. А. Гухман продемонстрировал, что одна и та же теорема с равным успехом может быть доказана на основе противоположных посылок. А если серьезно, то он доказал, что **теорема Карно**, а значит, и **существование энтропии** (уравнение (7)) **не следуют из постулата Клаузиуса**. Тем самым он окончательно доказал, что принцип существования энтропии не зависит от принципа возрастания энтропии. А. А. Гухман писал:

«Тот факт, что при нестатических процессах в термически изолированной системе происходит возрастание энтропии, должен рассматриваться как нечто совершенно новое по отношению к существованию энтропии (т. е. возможности предоставления элементарного количества теплоты в виде  $TdS$ ). В возрастании энтропии отражаются такие свойства термических явлений, которые всецело обусловлены нестатичностью процесса. Поэтому принцип возрастания энтропии по самому его существу не может быть поставлен в связь с соотношениями, которые имеют смысл только в условиях равновесия.

Таким образом, принцип существования энтропии представляет собой совершенно самостоятельное положение, которое ни в какой мере не связано с принципом возрастания энтропии: строго говоря, существование энтропии в равной мере совместно с «принципом возрастания» и «принципом убывания». Утверждение, что энтропия есть термическая координата состояния (при температуре в качестве потенциала), ни в малейшей мере не зависит от тех особых свойств теплоты, которые проявляются при нестатических процессах.

Между тем, система Клаузиуса основана на постулате, который полностью относится к области нестатических явлений. Создается впечатление, что возрастание энтропии есть необходимая предпосылка ее существования – «энтропия существует постольку, поскольку она возрастает» [221, с.82–83].

Удивительно, но результат, полученный А. А. Гухманом в 1947 г., результат, по своему значению не менее важный, чем доказательство Клаузиусом существования энтропии, результат, демонстрирующий гипотетичность того, что называют «вторым началом термодинамики в формулировке Клаузиуса», остался незамеченным физиками – почти во всех курсах термодинамики «доказательство» Клаузиуса приводят как не вызывающее сомнений, демонстрируя тем самым знание этой науки на уровне «до 1947 года»<sup>1</sup>.

Если же учесть результат А. А. Гухмана, то нужно сказать, что сомнительной является истинность всех выводов Клаузиуса, в которых используется его постулат, в том числе положения о том, что КПД цикла Карно не зависит от вида рабочего тела (теорема Карно), теоремы о существовании энтропии, теоремы о возрастании энтропии. Кроме того, поскольку многочисленные авторы доказывали эквивалентность постулата Клаузиуса и постулата Томсона-Планка о невозможности вечного двигателя второго рода, то результат А. А. Гухмана заставляет усомниться в истинности постулата Томсона-Планка.

Сам А. А. Гухман сделал такой вывод:

«Положение о существовании энтропии надлежит рассматривать как весьма правдоподобное, но в основе своей гипотетическое и нуждающееся в проверке» [222, с.164] (см. там же, с.11-13, с.317-378).

Он полагал, что гипотеза существования энтропии – координаты состояния, соответствующей термическому взаимодействию – подтверждается огромным экспериментальным материалом и «вводится в науку как принцип существования энтропии» [222, с.12]. Думается, здесь А. А. Гухман заблуждался.

Ранее М. Борн писал по поводу формулы  $dQ=TdS$ :

«Но эта формула справедлива лишь для простых жидкостей, состояние которых характеризуется двумя переменными, и ее распространение на любые системы требует особого обоснования» [133, с.245]. «Существование интегрирующего делителя является исключением, особенностью...» [там же, с.238].

По мнению М. Борна, второе начало «утверждает, что именно такую особенность имеют пфаффовы дифференциальные уравнения термодинамики» [там же, с.238]. Из этой особенности можно вывести существование энтропии. Но так как результат А. А. Гухмана поставил под сомнение существование энтропии, так как принцип адиабатной недостижимости Каратеодори не был подтвержден опытным путем, то существование функции энтропии ни на чем не основано.

---

<sup>1</sup> Более или менее подробные сообщения о результате А. А. Гухмана и его обсуждение автор встретил только в курсах А. И. Вейника [164–170], Н. И. Белокопя [111, 112], В. Ф. Леоновой [375], В. С. Жуковского [246], Д. В. Сивухина (без упоминания имени А. А. Гухмана) [530, с.149], С. И. Исаева [294].

Таким образом, если выше говорилось, что функция состояния энтропия, определяемая уравнением (7), существует для равновесных и не существует для неравновесных систем, то сегодня следует сказать, что существование энтропии, определяемой уравнением (7), доказано далеко не для всех равновесных систем. Можно утверждать определенно лишь то, что существует энтропия идеального газа и систем, подчиняющихся уравнению состояния Ван-дер-Ваальса [111, с.141; 264, с.194; 537, с.37], поскольку для этих систем истинность формул (7) и (8), можно доказать путем математического вывода из начал термодинамики и соответствующих уравнений состояния, не используя постулат Клаузиуса [237, с.87-88; 266, с.80-82; 376, с.69].

«В случае многопараметрических систем сама возможность введения понятия энтропии накладывает на термодинамические характеристики рабочего вещества весьма жесткие ограничения... Выполнение накладываемых этими ограничениями условий для широкого круга веществ никогда не было даже предметом экспериментальных исследований. В некоторых конкретных случаях они заведомо не выполняются» [537, с.37] (см. также [535, с.579-581; 539, с.8-10]).

«По-видимому, однопараметрические термодинамические системы, интегрирующий делитель которых равен абсолютной газовой температуре (для которых справедливо уравнение (7) – В. И.), являются исключительными...» [264, с.194].

Следовательно, многочисленные уравнения термодинамики, при выводе которых использовался принцип существования энтропии, применимы только к таким равновесным системам, параметры которых удовлетворяют уравнению (11) [264, с.194; 539, с.9]. Соответственно, прежде чем делать на основе принципа существования энтропии какие-либо заключения о свойствах какой-то равновесной термодинамической системы, необходимо выяснить применимость к параметрам этой системы уравнения (11). Но в таком случае можно задать вопрос: а нужен ли в теории физико-химических равновесий принцип существования энтропии? Ведь энтропия не является измеримым параметром – вычисляемые значения энтропии термодинамических систем используются в расчетах парциальных давлений, констант равновесия, концентраций. А все уравнения, которые выводят на основе формул (7) или (8), в которых фигурирует энтропия, можно получить на основе формулы (11), не вычисляя энтропию.

Заметим: многие авторы высказывались в пользу того, что «энтропия Клаузиуса (в равновесных процессах, – В. И.) является не чем иным, как «теплородом» Карно» [294, с.71] (см. также, например, [140, с.112; 169, с.323-328; 222, с.324-329]).

И дело, конечно, не только в том, что цикл Карно на диаграмме теплород-температура выглядит точно так же, как на диаграмме энтро-

пия-температура ( $T$ - $S$ -диаграмме) <sup>1</sup>. Несомненно, в связи с сохранением в энтропии многих черт теплорода, в термодинамике делается странный вывод о том, что величина изменения энтропии при изотермическом расширении идеального газа выражается такой же формулой, как и при изотермических процессах плавления или парообразования ( $\Delta Q/T$ ) (см. например [237, с.92-93]). Общность этих формул обусловлена тем представлением, что во всех указанных случаях подводимая теплота поглощается веществом. Но если при плавлении или парообразовании теплота действительно поглощается веществом, повышая его внутреннюю энергию, то при изотермическом расширении идеального газа теплота газом не поглощается, а превращается в работу. Поскольку изменение энтропии идеального газа не связано с преобразованием энергии, делается вывод, что при расширении газа в пустоту его энтропия, вопреки формуле (7), увеличивается без подвода теплоты. Впрочем, вопрос о действительном содержании понятия энтропии в классической термодинамике, о том, насколько это понятие отличается от теплорода, а также о том, проясняет или затемняет понимание сущности физико-химических процессов использование понятия энтропии, требует углубленного изучения <sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> И точно так же, как на диаграмме термический заряд – температура в теории А. И. Вейника. Согласно А. И. Вейнику, при теплопередаче термический заряд возникает, т. е. его количество растет – подобно тому, как в традиционной термодинамике при теплопередаче растет энтропия. Соответственно, большим преувеличением является то утверждение, что «*во всех своих главных свойствах термический заряд принципиально отличается от энтропии*» [169, с.228].

<sup>2</sup> Положение о неуничтожимом теплороде содержится в скрытом виде в принципе адиабатной недостижимости Каратеодори, согласно которому в любой окрестности произвольного заданного состояния любой термодинамической системы имеются состояния, которые нельзя достичь адиабатическим путем. Продемонстрирует это с помощью аналогии.

Предположим, имеется химический реактор, в котором находятся углерод, водород, кислород, где могут происходить любые химические реакции. В нем можно получить миллион разнообразных химических соединений. Однако если реактор изолирован от окружения, в нем нельзя получить даже одну молекулу HF. Можно сказать, что «состояние», в котором имеется одна молекула HF, бесконечно близко расположено к другому состоянию, в котором HF нет, однако оно недостижимо адиабатическим путем для химического реактора.

Соответственно, принцип адиабатной недостижимости Каратеодори означает, что при теплопередаче система получает нечто такое, образование и уничтожение которого невозможно внутри системы, т. е. по сути означает существование неуничтожимого теплорода. Почему же ошибочность этого принципа не замечают? Потому что он действителен, например, для идеального газа. Для идеального газа адиабатически недостижимым является состояние с той же температурой и меньшим объемом. Для идеального газа  $\delta Q/T$  – полный дифференциал, энтропия существует. Но заключать отсюда, что это справедливо для любой системы, разумеется, нельзя.

По мнению автора, устранение из термодинамики понятия энтропии не должно вызвать особых трудностей. Наибольшую роль энтропия играет в химической термодинамике — в расчетах химических и фазовых равновесий. А в этой области уже несколько десятилетий успешно развивается де-факто «безэнтропийная» теория физико-химических равновесий — статистическая термодинамика (см., например, [237, с.198-284; 304, с.496-521; 503, с.142-183]).

«Статистическая термодинамика, возникшая на основе кинетической теории вещества, позволяет непосредственно из свойств молекул, полученных с помощью спектроскопических исследований, найти для значительного числа веществ абсолютные значения термодинамических свойств и рассчитать равновесие, не прибегая к трудоемким и дорогостоящим калориметрическим определениям при низких температурах. При этом результаты подчас более точные, чем полученные другими методами, в частности, расчетом по третьему закону термодинамики (т.е. на основе определения абсолютных значений энтропии — В.И.)» [304, с.496].

Статистическая термодинамика убедительно подтверждает идею Энгельса: «Природа движущихся тел вытекает из форм движения» [10, с.563]. Эта теория позволяет рассчитать, например, химический состав газовой смеси на основе молекулярных спектров — своего рода списков характерных периодических движений, которые постоянно совершают атомы и молекулы. Отдавая дань традиции, на основе статистической термодинамики производят расчеты энтропии, однако в этом нет никакой необходимости, поскольку энтропия не является измеримым параметром, а измеримые параметры эта теория позволяет рассчитать без использования значений энтропии (см. [237, с.242-245; 304, с.499-520]). На фоне этой теории феноменологическая химическая термодинамика, оперирующая множеством неизмеримых величин (энтропия, изобарно-изотермический, изохорно-изотермический, химические потенциалы и т. д.), выглядит как устаревшая мистическая форма для выражения объективно существующих закономерностей.

Следует заметить, что одной из задач, которые ставили перед собой основатели статистической термодинамики, было выведение закона возрастания энтропии из законов механики. В свете сказанного выше, эту задачу сегодня следует признать ложной<sup>1</sup>. Решая эту зада-

---

<sup>1</sup> Заметим, что, желая дать «механическое» обоснование закона возрастания энтропии, Л. Больцман допустил логическую ошибку вида «подмена тезиса». Он показал, что в газе со временем устанавливается максвелловское распределение скоростей, что некая функция  $H$  скоростей молекул убывает по мере приближения распределения скоростей к стационарному и сделал вывод, что функция  $-H$  представляет энтропию (см. [129, с.369-382]). Но ведь классическая термодинамика не рассматривает эволюцию закона распределения скоростей молекул газа! Классическая (феноменологическая) термодинамика вообще не оперирует понятиями атома и молекулы. Согласно этой теории,

чу, Л. Больцман и другие теоретики использовали вероятностную интерпретацию функции распределения молекул по энергиям. Тот факт, что у определенной доли молекул значение энергии находится в известных пределах, интерпретируется как вероятность того, что значение энергии наугад выбранной молекулы находится в тех же пределах. Иначе говоря, параметр распределения, существующего в действительности, истолковывается как степень возможности появления события! Это породило множество спекуляций о статистической природе второго начала термодинамики, вероятностном мире и т. д. Разумеется, категория вероятности не имеет никакого отношения к тому факту, что при данной температуре значения скоростей известной доли молекул находятся в известных пределах, как не имеет никакого отношения к вероятности тот факт, что куб имеет шесть граней.

Можно надеяться, что освобожденная от ненужных гипотез статистическая термодинамика со временем станет основой «безэнтропийной» (де-юре) теории физико-химических равновесий — теории, в которой об энтропии не будет даже упоминаться.

Кстати, «в своих исследованиях Нернст не пользовался понятием энтропии, которое он считал неясным и потому попросту не любил его» [199, с.282].

Но если без энтропии можно обойтись в термодинамике равновесных процессов, где с использованием принципа существования энтропии получено множество используемых в практике уравнений, то нет никаких рациональных оснований для использования понятия энтропии (как и «закона» ее возрастания) в термодинамике неравновесных процессов. Эти процессы можно описывать без энтропии — уравнениями, основанными на законах диффузии, теплопроводности, химической кинетики и т. п. (см., например, [405])<sup>1</sup>.

---

энтропия возрастает при теплообмене, смешении газов, образовании теплоты путем трения, расширении газа в пустоту. Чтобы дать «механическое» обоснование закона возрастания энтропии, нужно было рассмотреть изменение параметров движения молекул газа в этих процессах. Соответственно, Н-теорема Больцмана не имеет никакого отношения к закону возрастания энтропии, полученному в рамках классической термодинамики.

Ошибка Больцмана — результат недооценки необходимости доказательства существования энтропии.

<sup>1</sup> М. В. Волькенштейн отмечал: «В этой области мы выходим за пределы термодинамики и вынуждены обратиться к конкретным кинетическим моделям» [184, с.330]. В таком случае непонятны его протесты против «антиэнтропийности» жизни и заявление о том, что «очевидной и универсальной термодинамической основой структурообразования в космической, добиологической и биологической эволюции является «экспорт энтропии» — ее выделение открытой системой» [183, с.432]. Думается, выходя за пределы термодинамики, энтропию следует оставить в прошлом.

Добавим, что основы теории периодических химических процессов, которые принято рассматривать в рамках нелинейной термодинамики неравновесных процессов (см. например [101, с.280-287]), были заложены в то время, когда нелинейной термодинамики не было (см. например [523, 603]). В монографии Д. А. Франк-Каменецкого, вышедшей в свет за 4 года до того, как была открыта знаменитая периодическая реакция Белоусова-Жаботинского<sup>1</sup>, имеется глава «Периодические процессы в химической кинетике» [603, с.341-352], где на основе законов химической кинетики получено «общее условие колебательного протекания (в достаточно малой окрестности квазистационарных концентраций) химического процесса, кинетика которого описывается системой из двух кинетических уравнений» [там же, с.344]).

Думается, устранение понятия энтропии из термодинамики окажет благотворное влияние на многие науки, так как сделает невозможным «выведение» из закона возрастания энтропии каких угодно законов, в том числе социальных и экономических (см. например [611, с.355-366]) и, можно надеяться, побудит теоретиков заняться изучением специфических законов специфических явлений.

## К вопросу о необратимости природных процессов

Однако устранение из термодинамики «закона» возрастания энтропии или даже понятия энтропии не устранил из нее посылки, на основе которых возможно получение противоречащих диалектическому материализму следствий. Существует еще одно сомнительное с точки зрения диалектического материализма положение термодинамики – утверждение, будто неравновесные процессы, протекающие в природе, являются необратимыми.

Согласно определению, «любой процесс, переводящий изолированную систему из состояния 1 в состояние 2, есть процесс *необратимый*, если процесс, имеющий единственным своим результатом возвращение системы из состояния 2 в 1, невозможен» [503, с.72]<sup>2</sup>.

Допущение необратимости природных процессов в сочетании с пониманием того, что совокупность всех природных процессов есть движение материи (Вселенной), влечет заключение о необратимой эволюции Вселенной. Если, кроме того, допустить, что «невозможно

---

<sup>1</sup> Кстати, В. П. Белоусов открыл не колебательные химические реакции, а **новый класс** колебательных химических реакций; периодические химические реакции были открыты почти за полтора века до открытия Белоусова [185, с.25]. А за 13 лет до открытия В. П. Белоусова – в 1938 г. – была издана монография Ф. М. Шемякина и П. Ф. Михалева «Физико-химические периодические процессы» [там же], по-видимому, не известная членам редколлегии тех журналов, в которых В. П. Белоусов пытался опубликовать сообщение о своем открытии.

<sup>2</sup> Философ, написавший: «Принцип энтропии есть выражение необратимости теплового движения» [211, с.158], явно не знаком с этим определением.



каким бы то ни было способом сполна обратить процесс, при котором тепло возникает благодаря трению» [479, с.91], что «фактически в природе нет процессов, которые бы не сопровождалось трением» [479, с.96], то нельзя избежать заключения о постоянном накоплении во Вселенной тепла и движении Вселенной к тепловой смерти <sup>1</sup>.

Соответственно, для опровержения вывода о необратимой эволюции материи необходимо доказать, что процессы превращения форм движения и материи не являются необратимыми. А для опровержения вывода о грядущем превращении всех форм энергии в тепло необходимо опровергнуть представление, будто необратимым является процесс образования тепла путем трения <sup>2</sup>.

Это несложно сделать. Прежде всего обратим внимание на одно существенное обстоятельство, касающееся сущности термодинамической необратимости.

«Из того, что процесс сам по себе не идет в обратном направлении, еще не следует, что он необратим» [479, с.92].

Многие современные авторы этого не понимают и утверждают: «Спонтанное разделение смеси на чистую воду и чистый спирт никогда не наблюдается. Следовательно, перемешивание спирта и воды — необратимый процесс» [496, с.34]. (См. также [140, с.130; 613, с.31]). Или в качестве иллюстрации обращения необратимого процесса приводят рисунок, на котором куча досок после взрыва превращается в строение [507, с.32]. Или пишут, будто вращение храповика с собачкой (защелкой), которое может происходить только в одну сторону — необратимый процесс [585, с.372-378].

Ошибочность последнего примера необратимости легко продемонстрировать. Если вращение происходит без трения, то начальное состояние механизма восстанавливается после каждого оборота храповика. Такой, чисто механический, круговой процесс является обратимым, хотя и характеризуется «необратимостью элементарной» (термин Т. А. Афанасьевой-Эренфест [89, с.11]), «непосредственно не обратим» [10, с.428].

---

<sup>1</sup> «Теория «тепловой смерти» признает, что все тепловые процессы в мире необратимы и что сам мир, как целое, представляет собой с термодинамической точки зрения также необратимый процесс» [336, с.128].

<sup>2</sup> Э. В. Ильенков писал, что ход качественных превращений энергии «не может быть односторонним, необратимым ни в одном из своих звеньев. Все формы движения материи тем или иным способом взаимно превращаются в другие, они взаимно обратимы. Если бы этого не было, то ныне существующая Вселенная не могла бы существовать без постоянного вмешательства сверхъестественных сил, а закон сохранения материи и движения превратился бы в фикцию» (выделено мной — В. И.) [290, с.429]. Вряд ли Э. В. Ильенков глубоко изучал термодинамику, но по поводу необратимости процессов преобразования энергии в природе высказался совершенно точно.

Из того, что существуют непосредственно необратимые процессы, вроде перемешивания спирта и воды, заключение об эволюции Вселенной не следует, подобно тому как из того, что храповик с собачкой вращается только в одну сторону, не следует, что повторение начального состояния механизма невозможно.

Когда в термодинамике необратимость понимают так, как ее понимали классики, то подразумевают, что «не существует не только непосредственной обратимости, но также не существует даже косвенной обратимости» [501, с.435], примером которой является вращение храповика с собачкой.

«Значение второго начала – писал М. Планк – заключается в том, что он дает необходимый и достаточный критерий для определения обратимости или необратимости всякого происходящего в природе процесса. Так как решение этого вопроса зависит только от того, можно ли полностью обратить данный процесс, то для него существенны исключительно природа начального и конечного состояний, то для него совершенно безразлично, как в остальном протекает процесс» [480, с.46].

Только при таком понимании необратимости можно говорить, что в необратимых процессах «природа проявляет к конечному состоянию «большее расположение», чем к начальному» [483, с.10], и ввести функцию состояния энтропию – «меру «предпочтения» природой соответствующего состояния» [483, с.11]. Разумеется, для храповика с собачкой такую функцию ввести нельзя.

Обращаем внимание на то обстоятельство, что, поскольку необратимость или обратимость определяется природой конечного и начального состояний, то наблюдая, например, за свободным падением стального шарика, не зная, куда он упадет, нельзя сказать, является его падение обратимым или необратимым процессом: если упадет на стальную плиту, процесс падения обратимый, если в ящик с песком – необратимый.

То, что какой-то процесс является необратимым (обратимым), не может быть очевидным. Поэтому в курсах термодинамики приводят доказательства существования необратимых процессов. Доказательство состоит из двух частей. Сначала доказывают необратимость ряда процессов (образования тепла путем трения, расширения газа в пустоту, перехода тепла от нагретого тела к холодному, смешения газов), основываясь на постулатах Клаузиуса либо Томсона-Планка (см. например [479, с.97-104; 503, с.71-73]), а затем делают заключение:

«Так как фактически в природе нет процессов, которые бы не сопровождались трением или переходом тепла благодаря теплопроводности, то все природные процессы в действительности необратимы...» [479, с. 96].

Таким образом, заключение о необратимости природных процессов основано, в конечном итоге, на постулатах Клаузиуса или Томсона-

Планка<sup>1</sup>. Поскольку, как говорилось выше, эти постулаты ничем не обоснованы, положения о необратимости природных процессов и об одностороннем изменении Вселенной следует считать необоснованными гипотезами. А если учесть, что эти гипотезы противоречат идее вечно движущейся, но остающейся неизменной материи (Вселенной), то их можно считать столь же фантастическими, как «гипотезу» существования потустороннего мира.

Заметим, что Планк не считал утверждение о существовании необратимых процессов абсолютно достоверным. Он писал

«Вообще говоря, существование необратимых процессов наперед неизвестно и недоказуемо, ибо, логически рассуждая, вполне возможно, что когда-нибудь будет найдено средство, применяя которое удастся вполне обратить процесс, считавшийся до того времени необратимым, например процесс трения или переход тепла благодаря теплопроводности» [479, с.94].

Если это будет сделано, то, по мнению Планка, «все здание второго начала должно рухнуть, и все многочисленные соотношения, выведенные с его помощью, уже не могут считаться строго доказанными, сколько бы этих соотношений ни было подтверждено на опыте; теоретическая работа должна быть начата сначала» [там же].

Но, как сказано выше, все подтверждающиеся на опыте и используемые в практических расчетах химических и фазовых равновесий уравнения можно вывести на принципа существования энтропии (уравнения (8) и (9)), а также на основе уравнения (11), которые относятся к равновесиям и не связаны с утверждением о существовании необратимых процессов.

Поэтому если отказаться в теории от положения о необратимости природных процессов, то рухнет только второй закон термодинамики для необратимых процессов, тот, который, по словам Дж. Джинса, «заставляет Вселенную двигаться все время в одном направлении по дороге, которая приводит к смерти и уничтожению» [230, с.176].

А все то, что относится к изучавшимся до сих пор равновесиям и подтверждалось практикой, останется без существенных изменений.

Нужно сделать одно уточнение. Из того, что процесс не является необратимым, не следует, что он может быть обращен. Он может быть непосредственно необратим. В. Краевский писал, что Больцман и Смолуховский «считали, что обратимость физических явлений име-

---

<sup>1</sup> Кстати, хотя «до сих пор неявно считалось, что именно возрастание энтропии является первопричиной необратимости динамических процессов» [406, с.1127], в действительности «возрастание энтропии можно рассматривать лишь как *признак* необратимости протекающих в системе процессов» [там же]. Разумеется, как «нельзя сказать, что абстрактная форма кризиса есть причина кризиса» [8, с.573], так нельзя сказать, что возрастание энтропии есть причина необратимости. Поведение энтропии — физической величины, некоторой абстракции — может, в лучшем случае, отражать поведение физических объектов.

ет абсолютный характер, вследствие чего во Вселенной будто бы нет определенного направления времени. Это мнение ошибочно. Строго говоря, никакое реальное явление не может быть полностью обратимым, так как его связи с окружающим миром бесконечно сложны, и поэтому совокупность условий, в которых происходит явление, никогда не повторяется с абсолютной точностью» [344, с.117].

С цитированным автором можно полностью согласиться. На наш взгляд, все процессы превращения конечных форм движения материи во Вселенной являются непосредственно необратимыми, поскольку являются процессами развития. Но при этом Вселенная в целом не меняется – это и есть мировой круговорот.

## О вечных двигателях второго рода

Как говорилось выше, в последние годы появляется все больше публикаций, авторы которых утверждают о возможности создания так называемых вечных двигателей второго рода. Эти публикации часто встречали резкую критику со стороны специалистов. Не претендуя на исчерпывающее освещение вопроса, выскажем ряд соображений относительно этих двигателей.

Вечным двигателем второго рода называется устройство, преобразующее в механическое движение или электроэнергию теплоту, поглощаемую из «равновесной окружающей среды» [140, с.116], которая, по мнению подавляющего большинства физиков, «не может служить источником энергии» [там же]. На наш взгляд, эти преобразователи следует разделить на два класса – монотермические двигатели, работающие в изотермической среде, и двигатели, поглощающие теплоту из равновесной атмосферы.

Коротко об истории проблемы. Невозможность монотермического теплового двигателя есть следствие принципа Карно <sup>1</sup>, согласно которому для превращения теплоты в работу необходим не только источник теплоты, но и холодильник <sup>2</sup>. Как говорилось выше, этот прин-

---

<sup>1</sup> По словам Я. М. Гельфера, В. Томсон, в отличие от Р. Клаузиуса, «исходит непосредственно из принципа Карно об условии получения работы за счет теплоты. Это условие он формулирует как принцип невозможности вечного двигателя второго рода» [199, с.206].

<sup>2</sup> В одной из статей, где критикуются те, кто предлагает создавать вечные двигатели второго рода, читаем: «Тепловые двигатели работают за счет перехода тепла от горячего тела к холодному. Тепло идет, совершая работу, и частично рассеивается в пространстве» [127, с.87].

Автор явно находится в плену представлений С. Карно. «Тепловые двигатели работают за счет перехода тепла от горячего тела к холодному!» А механическое движение откуда в них берется? В действительности, «тепловые двигатели работают за счет перехода» теплоты в механическое движение! А «за

цип является ложным положением; в теории С. Карно он появился с целью согласования положений о невозможности получения работы из ничего (без компенсации) и о неуничтожимости теплорода<sup>1</sup>. В модифицированном виде – в виде утверждения о невозможности получения работы из теплоты без того, чтобы часть теплоты не перешла к холодильнику – принцип Карно был включен Р. Клаузиусом и В. Томсоном в механическую (динамическую) теорию теплоты – термодинамику. Об этом подробно говорилось выше.

Таким образом, положение о невозможности монотермического теплового двигателя, во-первых, основано на тех представлениях, согласно которым работа в тепловых двигателях возникает за счет падения теплорода с высокого температурного уровня на низкий, а во-вторых, получено чисто умозрительно – никаких опытов по проверке этого положения ни В. Томсон, который ввел запрет на вечный двигатель второго рода, ни М. Планк, ограничивший запрет В. Томсона круговыми процессами, ни В. Оствальд (который ввел термин «вечный двигатель второго рода» (см. [140, с.114])) не производили.

Мало кто занимался опытным подтверждением невозможности (или возможности) создания вечных двигателей второго рода и позже. Сведения о проектах вечного двигателя второго рода, тем более о попытках практического создания такого двигателя, в литературе найти непросто<sup>2</sup>. В таких книгах по истории физики и термодинамики, как

---

счет перехода тепла к холодному телу» происходит замыкание круговых процессов, если таковые имеют место в двигателях.

В этой же статье есть и другое замечательное место: *«Паранаука представляет собой область пересечения науки и невежества. Всякое неизвестное ранее явление относится к паранауке, пока не найдет убедительного объяснения – тогда оно переходит в область науки. Если же явление окажется необъясненным, оно либо так и остается паранаучным, либо перейдет в область невежества»* [там же]. Изобретатели, не показывайте настоящим ученым такое, чего они не смогут объяснить: вас могут объявить параучеными или невеждами!

<sup>1</sup> Еще раз процитируем М. Планка: «Так как во времена Карно полным признанием пользовалась теория теплоты, которая рассматривала теплоту как неуничтожаемое вещество, наличие которого в большем или меньшем количестве обуславливало большую или меньшую нагретость тела, то он должен был прийти к мысли, что тепловое вещество производит живую силу таким же образом, как и тяжесть весомой материи. ...Карно искал компенсацию для совершенной работы в переходе теплоты от более высокой температуры к более низкой...» [482, с.24].

<sup>2</sup> Согласно В. М. Бродянскому, за четыре десятилетия, прошедших от появления постулата В. Томсона до 1892, когда В. Оствальд ввел термин «вечный двигатель второго рода», была предпринята 1 (одна) попытка создания таких двигателей [140, с.178]. Утверждение «Обобщение огромного экспериментального материала привело к выводу о невозможности построения вечного двигателя второго рода» [227, с.254] является плодом воображения его авторов.

[199, 347, 544, 545], нет сведений о попытках создания таких двигателей. В книге [427] сообщается о множестве проектов вечных двигателей первого рода, приводится более сотни рисунков таких двигателей, построенных за несколько веков (и, разумеется, не работавших), есть раздел, посвященный вечным двигателям второго рода, однако не сообщается ни об одной попытке создания такого двигателя, не названо ни одного имени изобретателя, предлагавшего такой двигатель<sup>1</sup>.

По-видимому, первым с обоснованием возможности создания вечного двигателя второго рода выступил К. Э. Циолковский. В брошюре «Второе начало термодинамики» он писал:

«...Согласно усердным последователям Клаузиуса и Томсона, теплота тел стремится к уравнению, к одной определенной средней температуре; иными словами энтропия вселенной непрерывно растет. Настанет время, когда солнце потухнет, мир замрет, живое уничтожится. Но этого не будет, если постулат Калузиуса не признавать началом или законом.

Мир существует давно, даже трудно предположить, что он когда-нибудь не существовал. А если он уже существует бесконечное время, то давно должно наступить уравнение температур, угасание Солнца и всеобщая смерть. А раз этого нет, то и закона нет, а есть только явление, часто повторяющееся. Также невозможно, оказывается, отрицать и *perpetuum mobile* второго рода, ибо сам мир не отрицает его. Вот как важен спор о втором начале термодинамики!» [622, с.24].

Циолковский высказал идею, что в газе, жидкости, твердом теле под действием тяготения возникает вертикальный градиент температуры и что это явление можно использовать в практических целях как источник энергии. Насколько известно автору, эта брошюра Циолковского осталась незамеченной<sup>2</sup>.

Независимо от К. Э. Циолковского, проблему создания вечного двигателя второго рода поставил в начале 50-х гг. XX века выдающийся советский инженер П. К. Ощепков. Знаменательно, что уверенность в возможности создания такого двигателя ему придало чтение работ Ф. Энгельса.

В своих воспоминаниях П. К. Ощепков писал:

«Существует постулат Клаузиуса, согласно которому теплота не может сама собой переходить от тел более холодных к телам более нагретым. Есть множество других теорий, призванных доказать деградацию энергии и невозможность ее обратной концентрации.

---

<sup>1</sup> Соответствующий раздел книги [427, с.182-183] демонстрирует, что ее автор имеет весьма смутное представление о сути проблемы вечного двигателя второго рода. В частности, вечным двигателем второго рода ошибочно названа машина, способная без потерь осуществлять циклическое преобразование: теплота — механическое движение — теплота — механическое движение и т. д.

<sup>2</sup> Идеям Циолковского посвящены две книги И. И. Гвая [191, 192] и глава в книге Е. И. Опарина [463, с.49-56].

Но ведь природа вечно изменяется, вечно находится в движении, а она не могла бы бесконечно существовать, если бы все процессы в ней шли только в сторону диссипации, т. е. рассеяния энергии.

В природе обязательно должны иметь место и процессы обратного характера, т. е. процессы концентрации энергии.

...Я ясно понял, что это всеобщий закон, в природе так должно происходить. Но где найти подтверждение своим мыслям? Я начал жадно изучать литературные источники. Будучи горячо убежден в том, что в основе всякого поиска лежит анализ, методология, я обратился прежде всего к классикам марксизма, основоположникам диалектического материализма. И я не ошибся в своих предположениях и надеждах. Именно у них я нашел высказывания, давшие мне первое удовлетворение.

Фридрих Энгельс в своем знаменитом труде «Диалектика природы» писал:

«Мы приходим, таким образом, к выводу, что излученная в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем — путем, установление которого будет когда-то в будущем задачей естествознания,— превратиться в другую форму движения, в которой она сможет снова сосредоточиться и начать активно функционировать. Тем самым отпадает главная трудность, стоящая на пути к признанию обратного превращения отживших солнц в раскаленную туманность»...

В начале 50-х годов в нашей лаборатории образовалась небольшая, но инициативная группа по изучению проблемы концентрации энергии, начавшая разработку ее методологических основ. Было задумано составить записку, которая отражала бы все научно-философские основания правомерности постановки проблемы... В итоге в 1953 г. была написана работа под названием «Закон концентрации энергии — фундаментальный закон природы» [469, с.199-211].

В 1954 г. Президиум АН СССР принял постановление, которым П. К. Ощепкову поручалось подготовить материалы и провести эксперименты по вопросам концентрации энергии. Эти работы поддержал вице-президент АН СССР академик И. П. Бардин. Лаборатория П. К. Ощепкова была переведена в систему АН СССР и до конца дней И. П. Бардина (он умер в 1960 г.) П. К. Ощепков работал под его общим руководством.

Насколько можно судить по публикациям [395, 463, 469], ни П. К. Ощепкову, ни сотрудникам его лаборатории, ни сотрудниками организованного им в 1967 г. Общественного института энергетической инверсии не удалось создать работающий образец вечного двигателя второго рода. Думается, потому, что они мало внимания уделили теории и, в частности, не осознали, насколько существенно изменилось содержание второго закона термодинамики в XX веке. Однако это не умаляет заслугу П. К. Ощепкова: именно он первый — вслед за К. Э. Циолковским — на основе «философского» вывода о невозможности тепловой смерти Вселенной заявил о существовании в природе

процессов, обратных рассеянию энергии, и поставил инженерную задачу практического использования таких процессов.

20 ноября 1959 г. Президиум АН СССР на своем заседании осудил «покушения» на второй закон термодинамики, о чем на второй день, 21 ноября 1959 г., сообщила газета «Правда» [493], а 22 ноября в этой же газете против П. К. Ощепкова выступили три академика АН СССР — Л. А. Арцимович, И. Е. Тамм, П. Л. Капица [85]. Следует отметить, что термодинамика не была специальностью ни одного из этих академиков и, насколько известно автору, ни один из них не занимался исследованиями в области оснований термодинамики.

Когда в 1987 г. П. К. Ощепков опубликовал в журнале «Коммунист» статью «Одна из революционных идей в области научно-технического прогресса» [470], против него в той же газете «Правда» снова выступили три академика АН СССР — Е. Велихов, А. Прохоров, Р. Сагдеев [175]. И снова не специалисты в термодинамике <sup>1</sup>.

Думается, такой состав «троек» неслучаен. Только люди, имевшие поверхностные представления о состоянии классической термодинамики во второй половине XX в. и уверенные в своей непогрешимости, могли так грозно в 1959 и в 1987 гг. обвинять П. К. Ощепкова в попытках нарушить второй закон термодинамики, возмущаться по поводу невежества тех, кто предлагает обратить рассеяние энергии и т. п. <sup>2</sup>

Сказать, что создание вечного двигателя второго рода противоречит второму закону термодинамики, можно было в первой четверти XX в. — до появления статьи Т. А. Афанасьевой-Эренфест [89] <sup>3</sup>. А после появления этой статьи об этой невозможности следовало бы написать более подробно. Ведь в этой статье показано, что для выполнения постулата «Во всяком квазистатическом круговом процессе невозможно превращение тепла в работу без того, чтобы некоторое соответствующее количество тепла не перешло от тела более нагрето-

---

<sup>1</sup> Любопытно, что сообщения о возможности нарушения закона сохранения энергии, насколько известно автору, не вызывали гнева академиков — ни в 20-30-е гг. XX в. (см. например [196]), ни в первой половине 60-х гг. XX в. (см. [212, с.76-77]). В 1934 г. академик А. Ф. Иоффе писал: «Святых законов в физике не может быть, закон сохранения энергии тоже не есть святой закон, и канонизировать его нет никаких оснований» (цит. по [196, с.75]). Непонятно, почему так нельзя сказать о втором законе термодинамики.

<sup>2</sup> А. А. Гухман, лучше других представлявший ситуацию с обоснованием второго закона термодинамики, оценивал идею П. К. Ощепкова так: «...в очень острой и конкретной форме поставлен большой, чрезвычайно сложный вопрос. Нет никаких общих принципиальных оснований отклонять его. В конечном счете вопрос сводится в опытам и к конкретным результатам экспериментальных исследований» (цит. по [469, с.213]).

<sup>3</sup> А преподнести второй закон термодинамики как абсолютную истину после 1947 г. могли только люди, не знакомые с книгой А. А. Гухмана [221].



го к телу менее нагретому» [там же, с.16] должны выполняться **четыре аксиомы** [там же, с.12-16], среди которых аксиома тепловой связи, которую потом назвали нулевым законом термодинамики. Если академики не читали «Журнал технической физики», то же самое, со ссылкой на статью Т. А. Афанасьевой-Эренфест, излагается в «Курсе термостатики» Ван-дер-Ваальса и Констамма [156, с.139].

Учитывая результаты Т. А. Афанасьевой-Эренфест, можно сразу сказать, что не будет вечным двигателем второго рода машина, состоящая из двух сопряженных машин Карно, использующих в качестве рабочих тел вещества или смеси веществ, для которых справедливы уравнения (7) или (11). А другие проекты нужно анализировать особо <sup>1</sup>.

Например, часто высказывалась идея, что под влиянием гравитационного поля в вертикальном столбе газа сам собой возникает вертикальный градиент температуры, величина которого зависит от молекулярной массы газа. Об этом можно прочесть в работах И. Лошмидта [391], К. Э. Циолковского [622], И. И. Гвая [191, 192], В. Ф. Яковлева [655, 656], Е. Г. Опарина [462, 463], Г. А. Бегунова [107]. Если указанные авторы правы, то, поставив рядом две заполненные различными газами трубы, стенки и верхние торцы которых термоизолированы, а нижние могут обмениваться теплотой с атмосферой, можно получить разность температур верхних торцов. И если подвести к этим торцам спай термопар, то можно получать электроэнергию за счет теплоты изотермического объема, контактирующего с нижними торцами труб [462, 463].

Сегодня нельзя говорить, что такого рода устройство, которое по всем признакам является вечным двигателем второго рода (но не монотермическим двигателем), действует вопреки второму закону термодинамики. С учетом различия второго и нулевого законов термодинамики следует сказать, что функционирование такого рода устройства, как и существование вертикального градиента температуры в газе, зависящего от молекулярной массы газа, противоречит нулевому закону термодинамики.

Однако зависимость вертикального градиента температуры от молекулярной массы газа не только в высшей степени вероятна, но даже необходима с точки зрения диалектики. Ведь другие равновесия — диффузионное, химическое, электрическое и т. д. — существуют при

---

<sup>1</sup> В одной из статей сказано: «За последние годы резко возросло количество различных проектов, находящихся в явном или скрытом противоречии со вторым законом термодинамики... Как правило, авторы таких проектов предлагают весьма сложные схемы преобразования энергии, включающих фазовые превращения, действие гравитационных и иных полей, электронные процессы и др.» [118, с.42]. Можно заключить, что авторы этих проектов действовали в правильном направлении — то, что доказано для машины Карно с идеальным газом в качестве рабочего тела, на такие схемы не распространяется.

равных значениях соответствующих потенциалов (параметров интенсивности) — концентрации, электрического потенциала — только «при прочих равных». Любое из этих равновесий может иметь место и при различных значениях соответствующих потенциалов, если контактируют тела различного состава. И понятно почему. Ведь, например, при установлении электрического равновесия происходит не выравнивание уровней «электрической жидкости», а обмен электронами или ионами, которые обладают не только электрическим зарядом, но и химическими и другими свойствами. Если химические свойства контактирующих сред одинаковы, равновесие устанавливается при равных электрических потенциалах, если различные — под влиянием электрического и химического потенциалов. Соответственно, электрическое равновесие может быть тогда, когда среды имеют различные электрические потенциалы, диффузионное равновесие может быть при различных концентрациях растворенного вещества и т. д. Разумеется, поскольку тепловое равновесие — это не равновесие теплорода в телах, наступающее при равных его уровнях, то можно ожидать, что и условие теплового равновесия тоже не такое простое и безусловное, как постулируется нулевым законом термодинамики. Нельзя заранее исключать того, что в условиях теплового равновесия существует скачок температуры на границе двух тел различного состава, а также вертикальный градиент температуры в столбе газа, зависящий от молекулярной массы газа.

Если тепловое равновесие в вертикальном столбе газа существует только при определенном значении градиента температуры, то при меньшем значении этого градиента возникнет тепловой поток, направленный в сторону более высокой температуры. Этот вывод в статье [641] представлен как абсурдный. Но он выглядит абсурдным только в глазах тех, кто считает нулевое начало термодинамики абсолютным законом, для чего, однако, нет оснований.

Разумеется, если градиент температуры в газе возникает под влиянием гравитационного поля, то он должен возникнуть и под влиянием центробежной силы. А поскольку центробежное ускорение в вихревом потоке может превышать ускорение свободного падения на 5–6 порядков, то возможно создать вечный двигатель второго рода, используя вихревую турбину (см. [536, 537]).

Далее, вечный двигателя второго рода можно создать, используя системы, для которых не выполняется принцип существования энтропии, для которых величина  $\delta Q/T$  не является полным дифференциалом (так называемые неголономные системы) (см. [264, 538, 539]). Такой вывод критикуется в статье [624], в которой, как и в большинстве работ тех, кого называют специалистами, отсутствует понимание того, что сегодня второй закон термодинамики имеет другое содержание, чем в XIX веке, что есть проблема доказательства существования энтропии,

что есть системы, для которых энтропия, определяемая уравнением (8), не существует<sup>1</sup>.

Детальный анализ условий, необходимых для создания вечного двигателя второго рода, дается в книгах А. И. Вейника [171, 173]. Там же сообщается об опытах, подтверждающих принципиальную возможность создания такого двигателя. А. И. Вейник писал:

«Подробный анализ проблемы показывает, что для осуществления ПД<sup>2</sup> необходимо соблюсти два важнейших условия. Первое заключается в том, чтобы обратиться к тем явлениям природы, которые при данной температуре (при температуре одного источника) сопровождаются самопроизвольным возникновением различного рода неоднородностей и образованием соответствующих разностей интенсивов — температур, электрических потенциалов, давлений, химических потенциалов, хроналов и т. д. К таким явлениям относятся, например, испарение жидкости, термоэлектричество, осмос, диффузия, химические превращения и многое другое. В частности, при испарении жидкость автоматически охлаждается ниже температуры окружающей среды, а при конденсации — нагревается, появляется необходимая разность температур. Термоэлектрические явления характеризуются тем, что при данной температуре между различными телами возникает некоторая разность электрических потенциалов. В явлениях осмоса образуется разность давлений...

Однако соблюдение первого требования необходимо, но его далеко не достаточно для осуществления обсуждаемого устройства. Второе важнейшее требование состоит в том, чтобы создать условия, при которых вещество, сопряженное с возникшей разностью интенсивов, самопроизвольно и непрерывно подавалось бы на эту разность. Необходимо умудриться сконструировать замкнутый циркуляционный контур для сопряженного вещества, в контуре должен происходить круговой процесс изменения состояния этого вещества.

Второе требование выполнить неизмеримо труднее, чем первое, но в нем-то и заключается вся соль проблемы. Поэтому запрет, наложенный Клаузиусом на подобную непрерывную циркуляцию, долгое время казался вполне естественным и правильным: согласно Клаузиусу, необратимость реальных процессов должна неизбежно привести к деградации энергии циркулирующего вещества и к прекращению самой циркуляции.

С целью удовлетворения второму требованию возможно вместо простой замкнутой циркуляции вещества осуществить какой-либо другой, более сложный круговой процесс, или цикл, например, типа того, что проис-

---

<sup>1</sup> Об этом убедительно свидетельствует заключительное предложение статьи: «Весь опыт человечества, накопленный до сих пор, подтверждает правдивость этого закона, и вероятность того, что он ошибочен, столь же мала, как и вероятность того, что частицы газа в замкнутом сосуде самопроизвольно соберутся в одну его половину» [624, с.142].

<sup>2</sup> ПД — перспективный двигатель. Так А. И. Вейник называет вечный двигатель второго рода.

ходит в паровой машине, холодильнике и т. д. Главное заключается в том, чтобы система периодически возвращалась в исходное состояние (или находилась в стационарном состоянии – В. И.) и благодаря этому устройство было бы способно работать неограниченно долго. Однако здесь я буду говорить только о циркуляционных вечных двигателях второго рода, отличающихся наибольшей простотой и наглядностью и не требующих для своего осуществления никаких уникальных и дорогих устройств.

Должен сказать, что круговая циркуляция вещества обычно обладает малой интенсивностью, так как самопроизвольно возникающие разности потенциалов весьма невелики. Это – одна из причин, почему ранее ее обнаружить не удавалось...

Весьма существенно, что каждая такая самофункционирующая система нарушает, помимо закона Клаузиуса, еще какой-нибудь известный закон либо опирается на некий новый закон, неизвестный ранее. Например, термофазовый ПД нарушает уравнение Томсона-Кельвина..., один из термоэлектрических ПД нарушает закон Вольта..., а другой имеет в своей основе новый закон...» [171, с.448-450; 173].

Далее А. И. Вейник подробно обсуждает термофазовый и термоэлектрический вечные двигатели второго рода, а также описывает результаты опытов. Термофазовый вечный двигатель второго рода в простейшем варианте представляет собой кольцевую трубку (плоскость кольца расположена вертикально), наполовину заполненную жидкостью, одна поверхность которой открытая, а другая смачивает стеклянный фильтр [171, с.451; 173], термоэлектрический – замкнутая цепь из нескольких металлов [171, с.465-478; 173]. По данным А. И. Вейника, в первом и втором случае в термостате при температуре примерно 20°C зафиксирована ЭДС порядка микровольт [171, с.470-477, 173].

Ряд работающих вечных двигателей второго рода – «кольцар Лазарева», так называемый молекулярный реактор Е. Г. Сменковского, то, что можно назвать двигателем Ю. И. Володько – описан в книге Е. Г. Опарина [463, с.57-62].

Интересный вариант немонотермического вечного двигателя второго рода предложен В. В. Кушиным [363], хотя автор не пишет ни о концентрации энергии, ни, тем более, о вечном двигателе второго рода. Анализируя известные факты, он приходит к выводу, что смерть – это «гигантская гравитационно-тепловая машина огромной мощности, в которой мощные воздушные потоки создаются и поддерживаются за счет теплоты, которая выделяется водой из любого естественного водоема, когда она попадает в верхние слои тропосферы» [363, с.23]. В. В. Кушин также рассматривает возможность практического освоения «таких гигантских энергоустановок с питанием от экологически идеального источника энергии, каким является вода морей, океанов, рек» [там же].

«Образно говоря, гравитационно-тепловая энергетическая установка с использованием искусственного смерча представляет собой газовую горелку высотой 12-15 км, в которой сгорает не газ или нефть, а обычная вода из любого естественного водоема, которая, превращаясь в лед, отдает воздушным потокам всю свою теплоту, включая теплоту фазового перехода вода — лед. Турбогенераторы такой установки могут размещаться как в восходящем, так и в нисходящем потоках смерча. Все выделенное тепло (за исключением того, что преобразовывается в электроэнергию — В. И.) отдается верхним слоям тропосферы, а вниз на поверхность земли падает своеобразная «зола», «шлак» от этого процесса — замерзшая вода (град). На единицу мощности в 1 ГВт необходимо подавать в смерч 15-20 т воды каждую секунду, которые будут возвращаться на землю уже в виде льда и охлаждать ближайшие окрестности вокруг установки» [363, с.23].

Разумеется, сегодня трудно представить, как создать такого рода установку, запустить ее и управлять ею. Но, думается, трудности здесь не больше, чем при создании термоядерного реактора.

Завершая раздел, хотелось бы заметить следующее. Автор настоящей монографии не предложил ни одной конструкции вечного двигателя второго рода, не произвел ни одного опыта в этом направлении, и у него нет никакой личной заинтересованности в успехе этих опытов. Автор также не может гарантировать, что повторение опытов, описанных А. И. Вейником и другими, будет успешным. Но автор знает, что невозможность создания вечных двигателей второго рода до сих пор никем не была доказана. Поэтому считает весьма перспективным проведение экспериментов в этом направлении.

Кстати, «в 40-е годы в нашем родном отечестве стали раздаваться голоса, что химические колебания противоречат законам термодинамики, их следует приравнять к вечному двигателю и запретить. И запрещали. Анафеме предавались новые статьи, диссертации...» [185, с.25].

И еще. В свое время Н. А. Козырев сообщил, будто ему удавалось с помощью обыкновенного резистора фиксировать какое-то воздействие, передающееся от звезды быстрее света. И сорок лет после этого различные специалисты приводили как пример совершеннейшей нелепости это утверждение Н. А. Козырева. Когда же опыты Н. А. Козырева повторили, результат оказался положительным [365]...

Может, учитывая сказанное, специалистам в области энергетики пора перестать уподобляться тем флорентийским академикам, которые отрицали существование спутников Юпитера и не желали смотреть в телескоп Галилея. Почему бы не повторить опыты, описанные А. И. Вейником, Е. И. Опариним и другими? Особых затрат они не требуют, опасности для окружающей среды не представляют. А практическую пользу могут принести — в отличие от опытов по поиску гравитационных волн, магнитных монополей или нейтрино...

## Заключение

Подведем краткие итоги наших исследований в области классической термодинамики, целью которых было, с одной стороны, определение логических оснований гипотезы тепловой смерти Вселенной, с другой – поиск ложных положений в основаниях самой этой науки.

Логическими основаниями гипотезы тепловой смерти Вселенной являются:

– ложное положение о невозможности полного превращения теплоты в другие формы движения,

– ложное положение о невозможности превращения теплоты в другие формы движения при постоянной температуре и необходимости разности температур для такого превращения,

– ложное положение о деградации (потере способности к дальнейшим превращениям) энергии в природных процессах;

– ложное положение о «второсортности» теплоты как вида энергии, ее меньшей, по сравнению с другими формами движения, способности к превращению в другие формы движения (виды энергии);

– ложное положение о неизбежном переходе всякой изолированной системы в равновесие;

– не имеющий исключений «закон» возрастания энтропии, являющийся в действительности тавтологией и не позволяющий сделать никакого заключения о естественных процессах, кроме того, что во всех этих процессах энтропия возрастает;

– гипотетическое положение о необратимости процессов преобразования форм движения, протекающих в природе.

В литературе приводятся разного рода ошибочные «доказательства» названных положений, основанных либо на логически некорректных сравнениях теплоты с другими формами движения, либо неочевидных и недоказанных аксиомах. Распространенной ошибкой является приписывание теплоте особенностей, присущих круговым процессам преобразования энергии.

Чтобы сжато изложить важнейшие результаты поиска ложных положений в основаниях классической термодинамики, кратко охарактеризуем все 18 формулировок второго закона термодинамики, приведенных в книге К. А. Путилова [503].

*«Невозможен процесс, имеющий единственным своим результатом превращение тепла в работу»* [503, с.60] – формулировка ложная, имеющая вид правдоподобия из-за употребления неоднозначного выражения *«единственным результатом»*.

*«Невозможно превращение тепла в работу без компенсации»* [там же, с.61] – при строгом понимании «компенсации» формулировка ложная, при нестрогом – бессодержательная, применимая к любому процессу.

«Теплота не может переходить от холодного тела к теплоте сама собой, даровым процессом» [там же, с.61] — не доказано.

«Невозможно превратить в работу теплоту какого-либо тела, не произведя никакого другого действия, кроме охлаждения этого тела» [там же, с.61-62] — положение ложное.

«Осуществление перпетуум мобиле второго рода невозможно» [там же, с.62] — не доказано.

«Невозможно построить периодически действующую машину, которая не производит ничего другого, кроме поднятия груза и охлаждения резервуара теплоты» [там же, с.62] — выражает не особенности теплоты как формы движения, а особенность кругового процесса.

«Наибольший коэффициент полезного действия тепловой машины не зависит от природы рабочего тела и вполне определяется температурами, между которыми машина работает» [там же, с.62] — не доказано.

«Для равновесных процессов сумма приведенных теплот не зависит от пути процесса» [там же, с.68] — не доказано.

«Энтропия является однозначной функцией состояния» [там же, с.69] — истинно для немногих систем.

«Элемент тепла при равновесном процессе, деленный на абсолютную температуру, является полным дифференциалом энтропии» [там же, с.69] — истинно для немногих систем.

«Абсолютная температура является фактором интенсивности теплоотдачи, а энтропия является фактором экстенсивности теплоотдачи» [там же, с.70] — истинно не во всех случаях.

«Уравнение для элемента тепла в равновесных процессах

$$\delta Q = dU + p dV + P_1 q_1 + P_2 q_2 + \dots$$

при любом числе независимых параметров всегда голономно, причем интегрирующим делителем является абсолютная температура» [там же, с.70] — положение ложное.

«В произвольной близости каждого состояния системы тел имеются соседние состояния, которые недостижимы из первого состояния адиабатным путем» [там же, с.70] — истинно для немногих систем.

«Для любого неравновесного цикла сумма приведенных теплот всегда есть величина отрицательная (неравенство Клаузиуса)» [там же, с.77] — не доказано.

«Энтропия всякой изолированной системы стремится к максимуму» [там же, с.80] — положение ложное: энтропия **существует** не у всех изолированных систем.

«Природа стремится от состояний менее вероятных к состояниям более вероятным» [там же, с.81] — бессодержательное утверждение, ввиду неопределенности понятия вероятности состояния.

«Каждый процесс, происходящий в природе сам собой, может совершить положительную работу; в природе могут происходить только такие процессы, при которых может быть получена положительная рабо-

та» [там же, с.82] – тавтология: единый процесс превращения энергии, имеющий две стороны здесь представлен как два; одна сторона называется «процесс, происходящий в природе сам собой», другая – «положительная работа».

«Изолированная система проходит в самопроизвольном развитии такой ряд состояний, что если бы система была проведена через этот ряд квазиравновесно, то на любом элементе процесса система производила бы в арифметическом смысле работу, поглощая эквивалентное количество тепла» [там же, с.82] – эта формулировка (по словам К. А. Путилова – более строгая формулировка предыдущей), относится только к процессам перехода изолированных систем в равновесие.

То истинное, что сегодня есть во втором законе термодинамики, можно выразить формулой:

$$(\partial U/\partial x_i)_T + A_i = T(\partial A_i/\partial T)_{x_i}$$

где  $U$  – внутренняя энергия системы,  $A_i$  – обобщенная сила (например давление, электродвижущая сила (ЭДС) электрохимической системы),  $x_i$  – обобщенная координата состояния (объем, электрический заряд и т.п.),  $T$  – термодинамическая температура.

Эта формула распространяется на простые равновесные системы, содержащие идеальные газы, газы, уравнение состояния которых описывается уравнением Ван-дер-Ваальса, по-видимому, жидкости и растворы в равновесии с насыщенным паром, равновесные смеси реагирующих газов, и, наверное, на некоторых другие. В системах не должно быть перегоронок, влияние внешних полей должно быть несущественным. Заметим, что в приведенную формулу энтропия не входит.

В этой формуле, по-видимому, находит отражение то, что вещества состоят из атомов, соединяющихся в молекулы, которые находятся в постоянном движении и распределяются по энергии в соответствии с законом Больцмана. Формулу можно вывести из закона Больцмана.

Такой результат полусторавекового развития второго закона термодинамики неслучаен. «Спасти старую традицию от натиска научного мышления» [10, с.455] – вот главный лозунг, которым полтора века руководствовались все те, кто развивал классическую термодинамику.

– Теплорода нет, следовательно, необоснованным является положение С. Карно о необходимости разности температур для превращения теплоты в работу.

– Придумаем новые постулаты, чтобы сохранить в теории положение о необходимости разности температур для превращения теплоты в работу – решают Р. Клаузиус и В. Томсон.

– Вопреки постулату В. Томсона теплота превращается в работу при охлаждении тела ниже температуры окружающей среды.

– Ограничим постулат В. Томсона круговыми процессами – предлагает М. Планк.



– Величина  $\delta Q/T$  для термически неоднородной системы не является полным дифференциалом – доказывает Т. А. Афанасьева-Эренфест.

– Будем считать энтропией такой системы сумму энтропий ее термически однородных частей – предлагает она же.

– Доказательство существования энтропии, данное основоположниками термодинамики, несостоятельно – доказывает А. А. Гухман.

– Примем ее существование без доказательств – предлагает он.

Подобные примеры можно приводить долго.

При таком отношении к противоречиям, возникающим в ходе развития науки, любая теория превращается в эклектичную смесь истинных и ложных положений, на основе которой можно с равным успехом делать как истинные, так и ложные заключения.

Выявить множество ложных положений в основаниях классической термодинамики автор сумел потому, что, будучи убежденным в истинности диалектико-материалистической картины мира, квалифицировал как сомнительные все положения термодинамики, не соответствующие диалектико-материалистическому мировоззрению – о «второсортности» теплоты как формы энергии, о том, что второй закон термодинамики определяет направление всех процессов, о необратимости природных процессов и др. Руководствуясь материалистической диалектикой как теорией познания и методом, автор смог объективно оценить истинность многих общепринятых положений термодинамики.

Кроме прочего, автор продемонстрировал плодотворность подхода, против которого с негодованием выступал О. Д. Хвольсон в своей «подлой черносотенной брошюрке» [57, с.370] «Гегель, Геккель, Коссут и двенадцатая заповедь»: второй закон термодинамики противоречит философии и должен быть опровергнут (см. [615, с.110-112]). Кстати, О. Д. Хвольсон не заметил, что сам он руководствовался крайне сомнительным принципом: «Пусть погибнет Вселенная, но второй закон термодинамики останется неизблемым!»

В настоящей главе представлена почти исключительно отрицательная критика классической термодинамики, заключающаяся в демонстрации ошибочности тех или иных ее положений. Поэтому в заглавии главы стоят слова «Введение в критику...». Изложенное в настоящей главе требует продолжения в виде положительной критики классической термодинамики – переработки ее рационального содержания диалектико-материалистическим методом, придания ей истинной – диалектико-материалистической – формы.

## Послесловие

В 1997 г. автор настоящей монографии опубликовал тезисы, в которых, в частности, писал:

«Известно, что «точное представление о вселенной ... может быть получено только диалектическим путем» (Энгельс Ф. Анти-Дюринг // Маркс К. Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20, с.22). Известно, что основы большинства естественных наук были заложены в то время, когда можно было «по пальцам пересчитать естествоиспытателей, научившихся мыслить диалектически» [там же]. Поэтому не исключено, что некоторые положения так называемых точных наук, сформулированные их основателями, являются ложными.

Известно, что в естественных науках, особенно в физических, длительное время господствовали позитивистские представления. Известно, что «позитивизм как теория познания и логика... играл и играет в процессе развития науки, по существу, ретроградную роль.., так как разрабатываемый им формальный аппарат годится для чего угодно, но только не для критического анализа современного (т.е. на сегодняшний день достигнутого) уровня знаний, не для выявления заключающихся в нем противоречий (не решенных еще теоретических проблем)». (Ильенков Э.В. Ленинская диалектика и метафизика позитивизма, М., Политиздат, 1980, С.158-159). Поэтому не исключено, что некоторые ложные положения, высказанные классиками физики, сохранились до нашего времени в качестве вечных истин.

В физических науках действует несколько «механизмов торможения» развития теории, основывающихся на позитивистской методологии. Во-первых, неразрешимому противоречию в общепринятой теории могут присвоить название парадокса (пример – парадокс близнецов в специальной теории относительности), и приостановить развитие науки в направлении, ведущем к новой теории. Во-вторых, новую теорию могут отвергнуть лишь на том основании, что она противоречит старой, как будто новая теория может не противоречить старой.

Кроме того, отвергая философские категории как «метафизические», позитивизм лишает науку средств содержательного анализа ее собственных категорий. По этой причине, например, в термодинамике до сих пор крайне редко встречаются правильные определения основных категорий этой науки: энергии, теплоты, работы...

Ошибочные положения и подходы в бесспорных для позитивистов и идеалистов физических теориях можно обнаружить в ходе критического анализа этих теорий с позиций материалистической диалектики, примерами которого являются статьи Фридриха Энгельса, вошедшие в «Диалектику природы», – «Основные формы движения», «Мера движения. – Работа», «Приливное трение. Кант и Томсон-Гейт», «Электричество»...

Способствовать движению физических теорий к истине может их критика. Причем не только критика тех положений, которые противоречат диалектическому материализму, но и критика, устраняющая препят-

ствия на пути превращения теоретической физики в единую логическую систему, в прикладную Логику. Следует учесть, что в наше время приведение в единую систему категорий различных естественных наук возможно только на основе диалектического материализма. Ведь даже по мнению постороннего наблюдателя, американского профессора, «по универсальности и степени разработанности диалектико-материалистическое объяснение природы не имеет равных среди современных систем мысли» (Грэхэм Л.Р. Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе, М., Политиздат, 1991, с.415) [270].

Тезисы назывались «Критика физических теорий с позиций диалектического материализма – перспективное направление научного творчества». Автор надеется, что представленные в настоящей монографии результаты исследований, особенно в гл. 7, убедительно демонстрируют плодотворность критики физических теорий с позиций диалектического материализма.

Для тех, кто знает историю философии, это не должно показаться неожиданным. Диалектический материализм – не выдумка Карла Маркса и Фридриха Энгельса, а закономерное продолжение двухтысячелетнего развития философии как науки об истинном познании мира. Диалектический материализм впитал достижения как материалистической, так и идеалистической философии и сегодня является единственной философией, способной вести теоретика к истине.

Еще раз напомним слова Фридриха Энгельса: «Какую бы позу ни принимали естествоиспытатели, над ними властвует философия. Вопрос лишь в том, желают ли они, чтобы над ними властвовала какая-нибудь скверная модная философия, или же они желают руководствоваться такой формой теоретического мышления, которая основывается на знакомстве с историей мышления и ее достижениями» [10, с.525].

И добавим: скверные модные философии, сочиненные разными махами, карнапами, попперами властвуют над физиками более столетия, из-за чего теоретическая физика из дела познания истины в XX веке превратилась в какую-то интеллектуальную забаву, «решение головоломок» (Т. Кун). За это время накопилось множество противоречий и фактов, которые игнорируются теми, кто скудоумие, называемое «экономией мышления» и «принципом простоты», возвел в руководящий принцип построения физических теорий.

Сегодня достаточно к существующим теориям и уже известным фактам применить материалистическую диалектику – и в науке начнется настоящая революция, начнется новая эпоха, когда естествознание сделает «такие успехи, что это совершенно затмит все сделанное до сих пор» [10, с.359].

Физики, изучайте и применяйте материалистическую диалектику!

## Список литературы

1. Маркс К. Тезисы о Фейербахе // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения /2-е изд. – Т. 42. – С. 261-266.
2. Маркс К. Экономическо-философские рукописи 1844 года // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 42. – С. 41-174.
3. Маркс К. Нишета философии. Ответ на «Философию нищеты» г-на Прудона // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 4. – С. 65-185.
4. Маркс К. К критике политической экономии // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 13. – С. 1-167.
5. Маркс К. Заработная плата, цена и прибыль // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 16. – С. 101-155.
6. Маркс К. Введение // Экономические рукописи 1857 – 1858 годов. Ч. 1. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 46. – С. 17-48.
7. Послесловие ко второму изданию «Капитала» // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 23. – С. 12-22.
8. Маркс К. Теории прибавочной стоимости. Ч. 2 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 26.
9. Маркс К. Исповедь // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 491-492.
10. Энгельс Ф. Диалектика природы // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 20. – С. 343-626.
11. Энгельс Ф. Диалектика природы // Архив К. Маркса и Ф. Энгельса. Кн. 2. – М.-Л.: ГИЗ, 1925. – XXXII, 504 с.
12. Энгельс Ф. Диалектика природы /Изд. 6-е. – М.: Партиздат, 1932. – 304 с.
13. Энгельс Ф. Диалектика природы. – М. : Госполитиздат, 1952. – 328 с.
14. Энгельс Ф. Анти-Дюринг // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 20. – С. 5-342.
15. Материалы к «Анти-Дюрингу» // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 20. – С. 629-654.
16. Энгельс Ф. набросок введения к «Анти-Дюрингу» // Маркс К., Энгельс Ф. Избранные Соч. в 9-ти т. Т. 5. – М. : Политиздат, 1986. – С. 631-635.
17. Энгельс Ф. Конспекты и выписки из книг К. Фрааса, Г. Гельмгольца и Ж. Даламбера (из подготовительных материалов к «Диалектике природы») // Вопросы истории естествознания и техники. – 1970, Вып. 3(32). – С. 3-13.
18. Энгельс Ф. Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 21, с. 269-317.
19. Энгельс Ф. Развитие социализма от утопии к науке // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 19. – С. 185-230.
20. Энгельс Ф. Положение Англии. Восемнадцатый век // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 1. – С. 598-617.
21. Энгельс Ф. Карл Маркс. «К критике политической экономии» // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 13. – С. 489-499.
22. Энгельс Ф. Рецензия на первый том «Капитала» К. Маркса, для газеты «Veobachter» // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т.16. – С. 231-233.

23. Маркс К., Энгельс Ф. Святое семейство, или критика критической критики // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – М. : Госполитиздат, 1955-1981. – Т. 2. – С. 3-230.
24. Маркс К. Энгельсу. 14 января 1858 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 29. – С. 211-213.
25. Энгельс Ф. Марксу. 14 июля 1858 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 29. – С. 275-277.
26. Энгельс Ф. Марксу. 11 или 12 декабря 1859 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 29. – С. 424.
27. Маркс К. Энгельсу. 19 декабря 1860 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 30. – С. 102.
28. Маркс К. Лиону Филиппу. 17 августа 1864 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 30. – С. 552-554.
29. Маркс К. Энгельсу. 25 января 1865 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 37.
30. Маркс К. Энгельсу. 13 февраля 1865 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 60.
31. Энгельс Ф. Фридриху Альберту Ланге. 29 марта 1865 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 392-395.
32. Маркс К. Энгельсу. 31 июля 1865 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 122-125.
33. Маркс К. Энгельсу. 19 августа 1865 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 111-112.
34. Маркс К. Энгельсу. 22 августа 1865 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 126-127.
35. Энгельс Ф. Марксу. 4 января 1866 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 141-142.
36. Маркс К. Энгельсу. 20 февраля 1866 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 153-154.
37. Маркс К. Энгельсу. 7 августа 1866 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 208-210.
38. Энгельс Ф. Марксу. 2 октября 1866 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 215-216.
39. Маркс К. Энгельсу. 3 октября 1866 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 216-217.
40. Энгельс Ф. Марксу. 5 октября 1866 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 218-220.
41. Энгельс Ф. Марксу. 16 июня 1867 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 257-258.
42. Маркс К. Энгельсу. 22 июня 1867 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 260.
43. Энгельс Ф. Марксу. 24 июня 1867 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 31. – С. 262-263.
44. Маркс К. Энгельсу. 18 ноября 1868 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 32. – С. 164-166.
45. Энгельс Ф. Марксу. 23 ноября 1868 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 32. – С. 170.

46. Маркс К. Людвигу Кугельману. 5 декабря 1868 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 32. – С. 482-485.
47. Энгельс Ф. Марксу. 21 марта 1869 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 32. – С. 226-229.
48. Маркс К. Полю Лафаргу. 18 апреля 1870 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 32. – С. 560-562.
49. Маркс К. Людвигу Кугельману. 27 июня 1870 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 32. – С. 570-572.
50. Энгельс Ф. Вильгельму Либкнехту, 7 мая 1872 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 33. – С. 383-385.
51. Энгельс Ф. Марксу. 30 мая 1873 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 33. – С. 67-71.
52. Энгельс Ф. Марксу. 21 сентября 1874 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 33. – С. 103-106.
53. Энгельс Ф. П. Л. Лаврову, 12-17 ноября 1875 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 34. – С. 133-138.
54. Энгельс Ф. Марксу, 28 мая 1876 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 34. – С. 14-16.
55. Энгельс Ф. Вильгельму Бракке. 25 июня 1877 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 34. – С. 215-217.
56. Энгельс Ф. Марксу. 23 ноября 1882 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. /2-е изд. – Т. 35. – С. 96-98.
57. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм // Полное собрание сочинений – Т. 18. – С.7-334.
58. Ленин В.И. Десять вопросов референту // Полн. собр. соч.– Т.18. – С.1-6.
59. Ленин В. И. Памяти Герцена // Полн. собр. соч. – Т. 21. – С.255-262.
60. Ленин В. И. Философские тетради // Полн. собр. соч. – Т. 29.
61. Ленин В. И. Еще раз о профсоюзах, о текущем моменте и об ошибках тт. Троцкого и Бухарина // Полн. собр. соч. – Т. 42. – С.264-304.
62. Ленин В. И. О значении воинствующего материализма // Полн. собр. соч. – Т. 45. – С.23-33.
63. Engels F. Dialektik der Natur (1873-1882) // Marx K., Engels F. Gesamtausgabe (MEGA). – Bd. 26. – Berlin: Dietz Verlag, 1985. – Text. S. 1-558.
64. Engels F. Dialektik der Natur (1873-1882) // MEGA. – Bd. 26. – Berlin: Dietz Verlag, 1985. – Apparat. S. 559-1112.
65. Engels F. Exzerpte aus Werken von William Thomson, Peter Guthrie Tait, Carl Fraas, Hermann Helmholtz und Jean Baptiste Le Rond d'Alembert // MEGA. – Bd. 31. – Berlin: Akademie Verlag, 1999. – Text. S. 477-525.
66. Engels F. Exzerpte aus Gustav Wiedemann: Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus // MEGA. – Bd. 31. – Berlin: Akademie Verlag, 1999. – Text. S. 527-606.
67. Engels F. Notiz über Wärme // MEGA. – Bd. 31. – Berlin: Akademie Verlag, 1999. – Text. S. 609.
68. Engels F. Notiz über elektrische Maßeinheit // MEGA. – Bd. 31. – Berlin: Akademie Verlag, 1999. – Text. S 613-614.

69. Абалакин В. К. Основы эфемеридной астрономии. – М.: Наука, 1979. – 448 с.
70. Алексеев Г. Н. Преобразование энергии. – М.: Наука, 1966. – 190 с.
71. Алексеев Г. Н. Энергоэнтропика. – М.: Знание, 1983. – 192 с.
72. Алексеев П. В., Панин А. В. Диалектический материализм (Общие теоретические принципы). – М.: Высш. школа, 1987. – 335 с.
73. Альберт Иозефович Вейник (Редакционная статья) // Литейное производство. – 1996. – №12. – С.98. (<http://www.veinik.ru/memo//1//20.html>).
74. Альвен Г. Миры и антимирры. Космология и антиматерия. – М.: Мир, 1968. – 120 с.
75. Альвен Х. Происхождение Солнечной системы // Будущее науки: Сборник статей. – М.: Наука, 1979. – С. 59–80.
76. Альтшуллер Г. С. Основы изобретательства. – Воронеж: Центр.-Черноземное кн. изд., 1964. – 240 с.
77. Амбарцумян В. А. Современное естествознание и философия // Успехи физических наук. – 1968. – Т. 96, Вып. 1. – С. 3–19.
78. Антонова И. К. Марксизм вне политики. Источники, генезис и структура работ Маркса и Энгельса по естествознанию. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 192 с.
79. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия /4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1984. – 519 с.
80. Аристотель. Физика // Аристотель. Сочинения: В 4-х т. – Т. 3. – М.: Мысль, 1981. – С. 59–262.
81. Арнольд Л. В., Михайловский Г. А., Селивестров В. М. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. школа, 1979. – 446 с.
82. Аррениус С. Образование миров. – Одесса: Mathesis, 1908. – IV, 199 с.
83. Аррениус С. Проблемы физической и космической химии. Лекции, читанные в Сорбонне. –Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1925. – 96 с.
84. Арсеньев А. С. О гипотезе расширения метagalaktики и «красном смещении» // Вопросы философии. – 1958, №8. – С. 187–190.
85. Арцимович Л., Капица П., Тамм И. О легкомысленной погоне за научными сенсациями // Правда. – 1959. – 22 нояб.
86. Астрономия. Методология. Мировоззрение. – М.: Наука, 1979. – 388 с.
87. Ауэрбах Ф. Царица мира и ее тень. – Одесса: Mathesis, 1911. – 50 с.
88. Афанасьев В. Г. Основы философских знаний /Изд. 4-е, доп. – М.: Мысль, 1976. – 336 с.
89. Афанасьева-Эренфест Т. А. Необратимость, односторонность и второе начало термодинамики // Журнал прикладной физики. – 1928. – Т. V, Вып. 3–4. – С. 3–28.
90. Ацюковский В. А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 280 с.
91. Ацюковский В. А. Общая эфиродинамика. Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире /Изд. 2-е. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 584 с.
92. Ацюковский В. А. Материализм и релятивизм. Критика методологии современной теоретической физики. – М.: Энергоатомиздат. 1992. – 192 с.

93. Ащоковский В. А. Эфиродинамические гипотезы. – Жуковский: Изд-во «Петит». – 1997. – 198 с.
94. Ащоковский В. А. Концепции современного естествознания. История. Современность. Проблемы. Перспективы: Курс лекций. – М.: МСЭУ, 2000. – 448 с.
95. Багатурия Г. «Диалектика природы» // *Философская энциклопедия*. Т.1. – М.: Советская энциклопедия, 1960. – С. 478-479.
96. Баев К. Л. Представления о вселенной и антирелигиозная пропаганда // *Под знаменем марксизма*. – 1937, №6. – С. 98–108.
97. Базаров И. П. О мере механического движения // *История и методология естественных наук*. Вып. II. Физика. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. – С. 284-285.
98. Базаров И. П. Парадокс Гиббса и его решение // *Журнал физической химии*. – 1972. – Т. 46, Вып. 7. – С. 1892-1895.
99. Базаров И. П. Об ответе Любошица В. Л. и Подгорецкого М. И. // *Журнал физической химии*. – 1972. – Т. 46, №9. – С. 2456-2458.
100. Базаров И. П. Парадоксы смещения газов // *Успехи физических наук*. – 1976. – Т. 118, Вып. 3. – С. 539-543.
101. Базаров И. П. Термодинамика /4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа. – 1991. – 376 с.
102. Базаров И. П. Заблуждения и ошибки в термодинамике /Изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 120 с.
103. Базаров И. П., Николаев П. Н. Парадоксальная история // *Журнал физической химии*. – 1987. – Т. 61, №9. – С. 2567.
104. Баландин Р. В. Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие. – М.: Знание, 1979. – 176 с.
105. Баранник В. П., Романов В. В. К вопросу о том, как понимать и измерять коррозию металлов // *Защита металлов*. – 1982. – Т. 18, №2. – С. 309-314.
106. Батищев Г. С. Противоречие как категория диалектической логики. – М.: Высш. школа. – 1963. – 120 с.
107. Бегунов Г. А. Закон единства термодинамических противоположностей. – Киев: Логос, 2001. – 216 с.
108. Беккерель Ж. Эволюция материи и миров /2-е изд. – Петроград: 17-я Государственная типография, 1919. – 32 с.
109. Бутрын Ст. Идея спонтанного возникновения материи «из ничего» в космологии XX века // *Вопросы философии*. – 1986. – №4. – С. 70-83.
110. Белов Н. В. Раздвигающаяся вселенная // *Природа*. – 1931, №9. – С. 903–905.
111. Белоконь Н. И. Термодинамика. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1954. – 416 с.
112. Белоконь Н. И. Основные принципы термодинамики. – М.: Недра, 1968. – 110 с.
113. Белопольский А. А. *Астрономические труды*. – М.: ГИТТЛ, 1954. – 320 с.
114. Беляев Н. М. Термодинамика. – Киев: Вища школа. – 1987. – 344 с.
115. Бердяев Н. А. Истоки и смысл русского коммунизма. – М.: Наука, 1990. – 224 с.
116. Бернал Дж. Наука в истории общества. – М.: Изд. иностр. лит. – 1956. – 736 с.



117. Бесконечность и Вселенная. — М.: Мысль, 1969. — 325 с.
118. Биберман Л. М. Второй закон термодинамики и энергетика // Энергия: экономика, техника, экология. — 1984. — №1. — С. 33-43.
119. Блюменфельд Л. А. Критерий живого и физика // Критерий живого. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. — С. 57-64.
120. Блюменфельд Л. А., Гросберг А. Ю. Парадокс Гиббса и понятие конструкции системы в термодинамике и статистической физике // Биофизика. — 1995. — Т. 40, вып. 3. — С. 660-667.
121. Богданов А. А. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2-х кн.: Кн. 1. — М.: Экономика, 1989. — 304 с.
122. Богораз В. Г. (Тан) Эйнштейн и религия. Применение принципа относительности к исследованию религиозных явлений. — М.-Пг.: Изд-во Л. Д. Френкель, 1923. — 120 с.
123. Богородский А. Ф. К вопросу о природе красного смещения в спектрах внегалактических туманностей. Циркуляр Главной астрономической обсерватории в Пулковке, №29. — М.-Л., 1940. — С. 5-17.
124. Богородский А. Ф. Всемирное тяготение. — Киев: Наукова думка, 1971. — 352 с.
125. Болдинг К. Большие проблемы большого взрыва // [http://klein.zen.ru/old//Large\\_bursh\\_new.htm](http://klein.zen.ru/old//Large_bursh_new.htm).
126. Болотовский Б. М., Вавилов Ю. Н., Киркин А. Н. Сергей Иванович Вавилов — ученый и человек: взгляд с порога XXI века // Успехи физических наук. — 1998. — Т. 168, №5. — С. 551-567.
127. Болотовский Б. М. Справиться с истиной не так-то легко // Наука и жизнь. — 1992, №5-6. — С. 86-91.
128. Больцман Л. Статьи и речи. — М.: Наука, 1970. — 406 с.
129. Больцман Л. Избранные труды. — М.: Наука, 1984. — 590 с.
130. Большаков Б. Е. Человек. Энергия. Ноосфера // Прометей: Ист.-биограф. альм. Сер. «Жизнь замечательных людей». Т. 15. — М.: Мол. гвардия, 1988. — С. 249-252.
131. Борн М. Физика в жизни моего поколения. — М.: Изд. иностр. лит. — 1963. — 536 с.
132. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. — М.: Мир, 1964. — 452 с.
133. Борн М. Критические замечания по поводу традиционного изложения термодинамики // Развитие современной физики. — М.: Наука, 1964. — С. 223-256.
134. Босенко В. А. Диалектика как теория развития. — Киев: Изд-во КГУ, 1966. — 248 с.
135. Босенко В. А. Актуальные проблемы диалектического материализма. — Киев: Вища школа. — 1983. — 175 с.
136. Босенко В. А. Всеобщая теория развития. — Киев: 2001. — 470 с.
137. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. — М.: Физматгиз, 1960. — 392 с.
138. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. — М.: Мир, 1966. — 272 с.
139. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. — М.: Мир, 1972. — 142 с.

140. Бродянский В. М. Вечный двигатель – прежде и теперь. От утопии к науке, от науки – к утопии. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 256 с.
141. Бродянский В. М. Классическая термодинамика на рубеже XXI века: состояние и перспективы развития // Известия Академии наук. Энергетика. – 2001. – №5. – С. 17-43.
142. Бронштейн М. П. Современное состояние релятивистской космологии // Успехи физических наук. – 1951. – Т. 1, вып. 1. – С. 124-184.
143. Бронштэн В. А. Гипотезы о звездах и Вселенной. – М.: Наука, 1974. – 384 с.
144. Брумберг В. А. Релятивистская небесная механика. – М.: Наука, 1972. – 382 с.
145. Брумберг В. А. Обсуждаются проблемы релятивистской небесной механики // Вестник Академии наук СССР. – 1986, № 1. – С. 89-93.
146. Бруно Д. Диалоги. – М.: Госполитиздат, 1949. – 552 с.
147. Бугаевский А. А., Мухина Т. П. Методы расчета равновесного состава в системах с произвольным количеством реакций // Математика в химической термодинамике. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 20-36.
148. Бунге М. Философия физики. – М.: Прогресс, 1975. – 350 с.
149. Буховцев Б. Б., Климонтович Ю. Л., Мякишев Г. Я. Физика: Учебное пособие для 9-го класса средней школы /Изд. 7-е. – М.: Просвещение, 1977. – 272 с.
150. Вавилов С. И. Экспериментальные основания теории относительности // Вавилов С. И. Собрание сочинений. Т. 4. – М., Изд-во АН СССР. 1956. – С. 9-110.
151. Вавилов С. И. Старая и новая физика // История и методология естественных наук. Вып. III. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. – С. 3-12.
152. Вавилов С. И. Новая физика и диалектический материализм // Под знаменем марксизма. – 1938, №12. – С. 27-33.
153. Вавилов С. И. О принципах спектрального преобразования света // Вавилов С. И. Собрание сочинений. Т. 2. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 131-151.
154. Вазюлин В. А. Логика «Капитала» К. Маркса. – М.: Современный гуманитарный университет, 2002. – 390 с.
155. Вайнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. – М.: Энергоиздат, 1981. – 209 с.
156. Ван-дер-Ваальс И. Д., Констамм Ф. Курс термостатики. Ч. 1. – М.: ОНТИ, 1936. – 452 с.
157. Вант-Гофф Г. Я. Очерки по химической динамике // Вант-Гофф Г. Я. Избранные труды по химии. – М.: Наука, 1984. – С. 10-135.
158. Варшавский Ю. С., Шейнин А. Б. Об энтропии систем, содержащих трудно различимые компоненты // Доклады АН СССР. – 1963. – Т. 148, №5. – С. 1099-1101.
159. Варшавский Ю. С., Шейнин А. Б. Гиббс о «парадоксе Гиббса» // Вопросы истории естествознания и техники. – 1983, № 1. – С. 68-75.
160. Варшалович Д. А., Левшаков Г. А., Потехин А. Ю. Проверка неизменности фундаментальных констант за космологическое время // Успехи физических наук. – 1993. – Т. 163, №7. – С. 111-113.

161. Вблизи Млечного Пути обнаружено множество молодых галактик // <http://hitech.compulenta.ru/2004/12/23//52898/>
162. Введение в философию: Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 1. // Фролов И. Т., Араб-Оглы Э. А., Арефьева Г. С. и др. – М., Политиздат, 1989. – 367 с.
163. Введение в философию: Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 2. /Фролов И. Т., Араб-Оглы Э. А., Арефьева Г. С. и др. – М.: Политиздат, 1989. – 639 с.
164. Вейник А. И. Техническая термодинамика и основы теплопередачи. – М.: Металургиздат, 1956. – 448с.
165. Вейник А. И. Термодинамика. – Минск: Изд-во министерства высшего, среднего специального и проф. образования БССР, 1961. – 365 с.
166. Вейник А. И. Термодинамика /Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1965. – 404 с.
167. Вейник А. И. Новая система термодинамики обратимых и необратимых процессов. – Минск: Высшая школа, 1966. – 48 с. (<http://veinik.ru/lib/books//1//115.html>)
168. Вейник А. И. Термодинамика необратимых процессов. – Минск: Наука и техника, 1966. – 359 с.
169. Вейник А. И. Термодинамика /Изд. 3-е, перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1968. – 463 с.
170. Вейник А. И. Термодинамическая пара. – Минск: Наука и техника, 1973. – 382 с. (<http://veinik.ru/lib/books//1//266.html>)
171. Вейник А. И. Термодинамика реальных процессов. – Минск: Наука и техника, 1991. – 576 с. (<http://veinik.ru/lib/books//1//4.html>)
172. Вейник А. И. Теория движения // <http://veinik.ru/lib/books//1//269.html>
173. Вейник А. И. Книга скорби // <http://veinik.ru/lib/books//1//5.html>.
174. Великий труд по философским вопросам естествознания // Вопросы философии. – 1973, № 8. – С. 113-125.
175. Велихов Е., Прохоров А., Сагдеев Р. Чудо не состоялось // Правда. – 1987. – 22 июня.
176. Вернадский В. И. Очерки геохимии // Вернадский В. И. Избранные сочинения. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 7-394.
177. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Изд. иностр. Лит, 1958. – 200 с.
178. Возможное изменение постоянной тонкой структуры // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, №9. – С. 1004.
179. Волков Г. Н. Путь гения. – Киев: Веселка, 1981. – 247 с.
180. Волков Г. Н. Социология науки. – М.: Политиздат, 1968. – 328 с.
181. Волькенштейн М. В. Молекулы и жизнь. Введение в молекулярную биофизику. – М.: Наука, 1965. – 504 с.
182. Волькенштейн М. В. Биофизика в кривом зеркале // Наука и жизнь. – 1977. – №7. – С. 62-66.
183. Волькенштейн М. В. Сущность биологической эволюции. Успехи физических наук. – 1984. – Т. 143, вып. 3. – С. 429-466.
184. Волькенштейн М. В. Биофизика /2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 592 с.
185. Вольтер Б. В. Маяк в лаборатории // Химия и жизнь. – 1991. – №7. – С. 24-25.

186. Воронин Г. Ф. Основы термодинамики. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — 192 с.
187. Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной /Изд. 2-е. — М.: ГИТТЛ, 1952. — 528 с.
188. Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной /Изд. 4-е. — М.: Физматгиз, 1959. — 532 с.
189. Воронцов-Вельяминов Б. А. Лаплас /2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1985. — 288 с.
190. Вышнеградский А. И. Механическая теория теплоты. Лекции, читанные в С. П. Практ.-Технол. Ин-те в 1883-1884 г. — СПб.: Лит. Кремер Ф., 1883.
191. Гвай И. И. К. Э. Циолковский о круговороте энергии. — М.: Изд-во Академии наук СССР, 1957. — 80 с.
192. Гвай И. И. К. Э. Об одной малоизвестной гипотезе Циолковского. Калуга. Кн. изд-во, 1959. — 298 с.
193. Гегель Г. Энциклопедия философских наук. Т. 1. Наука логики. — М.: Мысль, 1974. — 452 с.
194. Геккель Э. Мировые загадки. — М.: ОГИЗ Гос. антирелигиозное изд-во, 1937. — 536 с.
195. Гельмгольц Г. Популярные речи. Ч. I. /Изд. 2-е, пересмотр. и испр. — СПб.: Издание К. Л. Риккера, 1898. — 145 с.
196. Горелик Г. Е. О сохранности законов сохранения // Природа. — 1992. — №7. — С. 69-77.
197. Гливенко В. Понятие дифференциала у Маркса и Адамара // Под знаменем марксизма. — 1934. — №5. — С. 79-85.
198. Гельфер Я. М. Что такое теплота. (Популярное введение в теорию теплоты и теплопередачи) /Изд. 2-е., перераб. — М.: Энергия, 1968. — 128 с.
199. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики. Т. 1. — М.: Высш. школа, 1969. — 476 с.
200. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики. Т. 2. — М.: Высш. школа, 1973. — 280 с.
201. Гельфер Я. М., Любошиц В. Л., Подгорецкий М. И. Парадокс Гиббса и тождественность частиц в квантовой механике. — М.: Наука, 1975. — 272 с.
202. Герцен А. И. Сочинения. В 2-х т. Т. 1. — М.: Мысль, 1985. — 592 с.
203. Герцен А. И. Былое и думы. Детская и университет. Тюрьма и ссылка. Владимир-на-Клязьме. Москва. Петербург и Новгород /Изд 11-е. — М.: Детская литература, 1976. — 576 с.
204. Гессен Б. Механический материализм и современная физика // Под знаменем марксизма. — 1928. — №7-8. — С. 5-47.
205. Гетман Ф., Даниельс Ф. Основы физической химии. — М.-Л.: ГНТИ Хим. л-ры, 1941. — 628 с.
206. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая механика. — М.: Наука, 1982. — 584 с.
207. Гинзбург В. Л. Как устроена Вселенная и как она развивается во времени // Гинзбург В. Л. Современная астрофизика. — М.: Наука, 1970. — С. 46-110.
208. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике: Статьи и выступления. — М.: Наука, 1985. — 400 с.

209. Гинзбург В. Л. Теория относительности. Последовательна ли она? Отвечает ли она физической реальности? // Наука и жизнь. – 1987, №4. – С. 41-49.
210. Глазов В. М. Основы физической химии. – М.: Высш. школа, 1981. – 456 с.
211. Готт В. С. Философские вопросы современной физики. – М.: Высш. школа, 1967. – 296 с.
212. Готт В. С., Перетулин А. Ф. Абсолютное и относительное в законе сохранения и превращения энергии // Вопросы философии. – 1967. – №3. – С. 76-86.
213. Гохштейн Д. П. Остановятся ли мировые часы? (Популярное изложение учения об энтропии). – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 104 с.
214. Гребенников Е. А., Рябов Ю. А. Поиски и открытия планет. – М.: Наука, 1975. – 216 с.
215. Гризе А. «Диалектика природы» Ф. Энгельса: теоретическая концепция и историко-философские предпосылки // Методологический анализ физического познания. – Киев: Наукова думка, 1985. – С. 259-278.
216. Грэхэм Л. Р. Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. – М.: Политиздат, 1991. – 480 с.
217. Грэхэм Л. Р. Очерки истории российской и советской науки. – М.: Янус, 1998. – 312 с.
218. Губин В. Б. Некоторые требования к правильному разрешению парадоксов Гиббса // Журнал физической химии. – 1985. – Т. 59, вып. 2. – С. 517-520.
219. Губин В. Б. Физические модели и реальность. (Проблема согласования термодинамики и механики). – Алматы, 1993. – 231 с. //
220. Гумилев Л. Н. География этноса в исторический период. – Л.: Наука, 1990. – 280 с.
221. Гухман А. А. Об основаниях термодинамики. – Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР, 1947. – 106 с.
222. Гухман А. А. Об основаниях термодинамики. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 384 с.
223. Даты жизни и деятельности К. Маркса и Ф. Энгельса (март 1872 – март 1875) // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения /2-е изд. – Т. 18. – С. 730-759.
224. Девис П. Суперсила. – М.: Мир, 1989. – 272 с.
225. Декарт Р. Избранные произведения. – М.: Госполитиздат, 1950. – 712 с.
226. Декарт Р. Рассуждение о методе с приложениями: Диоптрика, Метеоры, Геометрия. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 656 с.
227. Детлаф А. А., Яворский Б. М., Милковская Л. Б. Курс физики /Изд. 4-е, перераб. – М.: Высш. школа, 1973. – 384 с.
228. Джилас М. Несовершенное общество // Джилас М. Лицо тоталитаризма. – М.: Новости, 1992. – С. 361-540.
229. Двойников О. Можно ли обвинять в невежестве Ньютона? или Эйнштейна? // Атомная стратегия. – 2005, № 18 (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=16>).
230. Джинс Дж. Физика вселенной // Под знаменем марксизма. – 1929. – №1. – С. 163-178.

231. Диалектика в природе. Серия IV. Сб. №5. Механика новейшего похода на диалектический материализм. – М.: Издание Гос. Тимирязевского научно-исследовательского института, 1929. – 104 с. .
232. Диалектический материализм. – М.: Госполитиздат, 1954. – 440 с.
233. Долгов А. Д., Зельдович Я. Б. Космология и элементарные частицы // Успехи физических наук. – 1980. – Т. 130, вып. 3. – С. 559-614.
234. Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сажин М. В. Космология ранней Вселенной. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1988. – 199 с.
235. Дорфман Я. Г. Ленинский философский анализ и развитие физики в XX столетии // Вопросы истории естествознания и техники. – 1970. – Вып. 1(30). – С. 10-19.
236. Еремеева А. И., Цицин Ф. А. История астрономии: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 349 с.
237. Еремин Е. Н. Основы химической термодинамики /Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1978. – 391 с.
238. Естествознание в борьбе с религиозным мировоззрением. – М.: Наука, 1988. – 245 с.
239. Ефремов Ю. Н. В глубины Вселенной /Изд. 2-е, перераб. – М.: Наука, 1977. – 224 с.
240. Жданов А. А. Выступление / Дискуссия по книге Г. Ф. Александрова «История западноевропейской философии» // Вопросы философии. – 1947, №1. – С. 271.
241. Жданов Ю. А. Моделирование в органической химии // Вопросы философии. – 1963, №6. – С. 63-74.
242. Жданов Ю. А. Значение трудов Ф. Энгельса для развития материалистической диалектики как науки // История материалистической диалектики. От возникновения марксизма до ленинского этапа. – М.: Мысль, 1971. – С. 369-442.
243. Жданов Ю. А. Материалистическая диалектика и проблема химической эволюции // Вопросы философии. – 1980, №2. – С. 59-80.
244. Жук Н. А. Космология. – Харьков: ООО «Модель Вселенной», 2000. – 464 с.
245. Жуковский В. С. Техническая термодинамика. – М.-Л.: ОНТИ Энергоиздат, 1934. – 300 с.
246. Жуковский В. С. Термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 304 с.
247. Забелин И. М. Человечество – для чего оно? // Москва. – 1966. – №8. – С. 172-186.
248. Зарафьянц М. Г. Что такое энтропия? – М.: ОНТИ, 1935. – 83 с.
249. Захар'їн Г. П. Курс загальної фізики. Т. 1. Механіка. Теплога. Молекулярна фізика і термодинаміка. – Київ: Радянська школа. – 1961. – 642 с.
250. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – Киев.: Наукова думка, 2005. – 744 с.
251. Зельдович Я. Б. Проблемы современной физики и астрономия // Успехи физических наук. – 1962. – Т. 78, вып. 4. – С. 549-578.
252. Зельдович Я. Б. Теория расширяющейся Вселенной, созданная А. А. Фридманом // Успехи физических наук. – 1963. – Т. 80, вып. 3. – С. 357-390.

253. Зельдович Я. Б. Современная космология // Природа. – 1983, №9. – С. 11-24.
254. Зельдович Я. Б. Почему расширяется Вселенная // Природа. – 1984, №2. – С. 66-71.
255. Зельдович Я. Б. Возможно ли образование Вселенной «из ничего» // Природа. – 1988, №4. – С. 16-26.
256. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Общая теория относительности и астрофизика // Эйнштейновский сборник, 1966. – М.: Наука, 1966. – С. 18-120.
257. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Релятивистская астрофизика. – М.: Наука, 1967. – 656 с.
258. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Строение и эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1975. – 736 с.
259. Зельдович Я. Б., Гришук Л. П. Общая теория относительности верна! // Успехи физических наук. – 1988. – Т. 155, вып. 3. – С. 517-527.
260. Зельманов А. Л. Космология // Развитие астрономии в СССР. 1917-1967 гг. – М.: Наука, 1976. – С. 320-390.
261. Зельманов А. Л. Космология // Физический энциклопедический словарь. Т. 2 – М.: Советская энциклопедия, 1962. – С. 491-501.
262. Зильберглейт А. С., Скорняков Г. В. Тепловые процессы в двухпараметрической системе // Письма в «Журнал технической физики». – 1989. – Т. 15, вып. 16. – С. 87-90.
263. Зильберглейт А. С., Скорняков Г. В. Исправление // Письма в «Журнал технической физики». – 1990. – Т. 16, вып. 3. – С. 92-930.
264. Зильберглейт А. С., Скорняков Г. В. Преобразование тепла в работу с помощью потенциальных систем // Журнал технической физики. – 1992. – Т. 62, вып. 2. – С. 190-195.
265. Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики. Т. 1. Механика, молекулярная физика, колебания и волны /Изд. 5-е, стереотипное. – М.: Наука, 1972. – 340 с.
266. Зоммерфельд А. Термодинамика и статистическая физика. – М.: Изд-во иностр. Литературы, 1955. – 480 с.
267. Иваненко Д. Введение в теорию элементарных частиц // Успехи физических наук. – 1947. – Т. 32, вып. 3. – С. 149-184.
268. Иванов И. И., Равдоник В. С. Электротехника. – М.: Высш. школа, 1984. – 375 с.
269. Ивахненко А. Г., Зайченко Ю. П., Димитров В. Д. Принятие решений на основе самоорганизации. – М.: Сов. радио, 1976. – 280 с.
270. Игнатович В. Н. Критика физических теорий с позиций диалектического материализма – перспективное направление научного творчества // Матеріали 4-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Творчість як предмет міждисциплінарних досліджень та навчання» 24-25 квітня 1997 року. – Київ: НТУУ «КПІ», 1997. – С. 51-52.
271. Игнатович В. Н. Основанный на старых идеях Фридриха Энгельса новый взгляд на проблему тепловой смерти вселенной // Марксизм и современность. – 1997, №3. – С. 66-71; 1998, №1. – С. 102-112.
272. Игнатович В. Н. «Диалектика природы» Фридриха Энгельса как руководство к действию // Марксизм и современность. – 2001, №1-2. – С. 3-17.

273. Игнатович В.Н. Критические заметки по современной космологии // Марксизм и современность. – 2001, №3-4. – С.50–61; 2003, №1–2. – С.78–88.
274. Игнатович В. Н. К диалектико-материалистической физике космоса // Марксизм и современность. – 2004, №1. – С. 59–65.
275. Игнатович В. Н. Взгляд марксиста на релятивистскую космологию и задачи марксистов в области физики космоса. Первый ответ на статью В. Г. Гамова «По поводу одной статьи в «Марксизме и современности» // [http://www.geocities.com/zaschita/Otveta\\_Gamovu\\_1.htm](http://www.geocities.com/zaschita/Otveta_Gamovu_1.htm).
276. Игнатович В. Н. Марксизм и физика: взгляд с порога XXI века // Марксизм: прошлое, настоящее, будущее: Материалы международной научно-практической конференции «Марксизм, обществоведческая мысль современности и социалистические тенденции развития человечества в XXI веке». Москва, Институт философии РАН, 22-24 апреля 2002 г. – М.: МАКС Пресс, 2003. – С. 448-451.
277. Игнатович В. Н. Революция в физике XX века: взгляд марксиста // Научное наследие К. Маркса и современные социальные процессы: Материалы международной научной конференции (Киев, 5–6 мая 2004 г.). – Киев: «ЭКМО», 2004. – С. 175–179.
278. Игнатович В. Н. Физики, читайте Герцена! // Марксизм и современность. – 2005, №1–2. – С. 108-115.
279. Идлис Г. М. Революции в астрономии, физике и космогонии. – М.: Наука, 1985. – 232 с.
280. Изгарышев Н. А. Химическая термодинамика. – Л.: Научное хим.-техн. изд-во, 1927. – 142 с.
281. Изменение гравитационной постоянной со временем (Новости физики в сети Internet) // Успехи физических наук.– 1996. – Т. 166, №8. – С. 918.
282. Изменяются ли физические константы со временем? (Новости физики в сети Internet) // Успехи физических наук.– 1995. – Т. 165, №8. – С. 974.
283. Иллюстрированная энциклопедия суеверий и волшебства. От древности до наших дней /Сост. д-р Леманн.– Киев: Изд-во «Україна», 1991.– 400 с.
284. Ильенков Э. В. Диалектика абстрактного и конкретного в «Капитале» Маркса. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 286 с.
285. Ильенков Э. В. Идеальное // Философская энциклопедия. Т. 2. – М.: Советская энциклопедия, 1962. – С. 219-227.
286. Ильенков Э. В. Учитесь мыслить смолоду. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
287. Ильенков Э. В. Ленинская диалектика и метафизика позитивизма: (Размышления над книгой В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»). – М.: Политиздат, 1980. – 175 с.
288. Ильенков Э. В. Диалектическая логика: Очерки истории и теории /2-е изд., доп. – М.: Политиздат, 1984. – 320 с.
289. Ильенков Э. В. Диалектика и мировоззрение // Ильенков Э. В. Философия и культура. – М.: Политиздат, 1991. – С. 345-365.
290. Ильенков Э. В. Космология духа // Ильенков Э. В. Философия и культура. – М.: Политиздат, 1991. – С. 415-437.
291. Иноземцев Н. В. Основы термодинамики и кинетики химических реакций. – М.: Гос. Науч.-техн. изд-во машиностроит. л-ры, 1950. – 210 с.



292. Иоффе А. Ф. Курс физики. Ч. 1 /Изд. 2-е. – М.-Л.: Гостехтеориздат, 1933. – 367 с.
293. Иоффе А. Ф. Основные представления современной физики. – Л.-М.: ГИТТЛ, 1949. – 368 с.
294. Исаев С. И. Курс химической термодинамики /2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1986. – 272 с.
295. История и теория атеизма: Учебное пособие. – М.: Мысль, 1974. – 429 с.
296. История учения о химическом процессе. Всеобщая история химии. – М.: Наука, 1981. – 448 с.
297. История философии в СССР. Т. 5. Кн. 1. – М.: Наука, 1985. – 800 с.
298. Каблуков И. А. Термохимия /Изд 2-е, испр. и доп. – М.-Л.: ОНТИ ГХТИ, 1934. – 348 с.
299. Колмогоров А. Н. Математика // Большая советская энциклопедия. Т. 26 /2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1976. – С. 464-483.
300. Камке Д., Кремер К. Физические основы единиц измерения. – М.: Мир, 1980. – 208 с.
301. Камшилов М. М. Биотический круговорот. – М.: Наука, 1970. – 160 с.
302. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. Статьи и выступления /Изд. 3-е, доп. – М.: Наука, 1981. – 496 с.
303. Кара-Мурза С. Г. Идеология и мать ее наука. – М.: Алгоритм, 2002. – 256 с.
304. Карапетьянц М. Х. Химическая термодинамика /Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 584 с.
305. Каратеодори К. Об основах термодинамики // Развитие современной физики. – М.: Наука, 1964. – С. 188-222.
306. Кравец Т. П. Эволюция учения об энергии // Успехи физических наук. – 1948. – Т. 36, вып. 3. – С. 338-358.
307. Карлюк А. С. Борьба материализма и идеализма в отечественной физике (II половина XIX и начало XX вв.). Часть вторая. – Минск: Ред.-изд. отдел БПИ имени И. В. Сталина, 1960. – 352 с.
308. Карно С. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных производить эту силу // Второе начало термодинамики. – М.-Л. Гостехтеориздат, 1934. – С. 15-69.
309. Католин Л. «Мы были тогда дерзкими парнями...» /Изд. 2-е, доп. – М., 1979. – 208 с.
310. Карнап Р. Философские основания физики. – М.: Прогресс, 1971. – 391 с.
311. Кашин Н. В. Учение об энергии. Введение в термодинамику. – Л.: Изд-во Брокгауз-Ефрон, 1925. – 336 с.
312. Кашин Н. В. Курс физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика. Для учительских институтов. – М.: Госпедиздат, 1948. – 438 с.
313. Кашин Н. В. Курс физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика /Изд. 4-е. – М.: Высш. школа, 1960. – 462 с.
314. Кедринский И. А., Дмитренко В. Е., Грудянов И. И. Литиевые источники тока. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
315. Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук /2-е изд. – М.: Наука, 1967. – 436 с.

316. Кедров Б. М. Три аспекта атомистики. Парадокс Гиббса. Логический аспект. — М.: Наука, 1969. — 294с.
317. Кедров Б. М. Фридрих Энгельс. Развитие его взглядов на диалектику естествознания. — М.: Наука, 1970. — 160 с.
318. Кедров Б. М. Энгельс и диалектика естествознания. — М.: Политиздат, 1970. — 471 с.
319. Кедров Б. М. Энгельс о химии. — М.: Наука, 1971. — 304 с.
320. Кедров Б. М. О «Диалектике природы» Фридриха Энгельса. — М.: Высш. школа, 1977. — 184 с.
321. Кемпфер Ф. Путь в современную физику. — М.: Мир, 1972. — 375 с.
322. Кикоин А. К., Кикоин И. К. Молекулярная физика /Изд. 2-е. перераб. — М.: Наука, 1976. — 480 с.
323. Киппер А. Я. О сущности космологического красного смещения // Астрофизика. — 1974. — Т. 10, вып. 2. — С. 283-293.
324. Киппер А. Старение и конечное время жизни фотона в космологическом пространстве. Таллин: Валгус, 1981. — 60 с.
325. Киреев В. А. Краткий курс физической химии. — М.: ГНТИ Хим. л-ры, 1959. — 600 с.
326. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика /4-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 416 с.
327. Китайгородский А. И. Введение в физику. — М.: Наука, 1973. — 688 с.
328. Киттель Ч. Статистическая физика. — М.: Наука, 1977. — 366 с.
329. Клаузиус Р. Механическая теория тепла // Второе начало термодинамики. — М.-Л. Гостехтеориздат, 1934. — С. 71-158.
330. Климишин И. А. Астрономия наших дней /3-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1986. — 560 с.
331. Климишин И. А. Релятивистская астрономия /2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1989. — 288 с.
332. Климонтович Ю. Л. Проблемы статистической теории открытых систем: критерии относительной степени упорядоченности состояний в процессах самоорганизации // Успехи физических наук. — 1989. — Т. 158, вып. 1. — С. 59-91.
333. Климонтович Ю. Л. Критерий относительной упорядоченности открытых систем // Успехи физических наук. — 1996. — Т. 166, №11. — С. 1231-1243.
334. Кобозев Н. И. Парадокс Гиббса и физико-химическое моделирование нешенноновской информации // Журнал физической химии. — 1967. — Т. 41, вып. 6. — С. 1539-1541.
335. Кольман Э. «Массовое порождение коммунистического сознания» и естественные науки // Под знаменем марксизма. — 1934. — №1. — С.10-18.
336. Кольман Э. О так называемой «тепловой смерти вселенной» // Под знаменем марксизма. — 1940. — №11. — С. 124-151.
337. Кольман Э. Об одной ленинской мысли // Вопросы истории естествознания и техники. — 1970. — Вып. 1(30). — С. 54-57.
338. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник /2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1975. — 720 с.

339. Копнин П. В. Диалектика как логика и теория познания. — М.: Наука, 1973. — 324с.
340. Копнин П. В. Диалектика, логика, наука. — М.: Наука, 1973. — 464 с.
341. Копнин П. В. Гносеологические и логические основы науки. — М.: Мысль, 1974. — 568 с.
342. Коровин Н. В. Электрохимическая энергетика. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 264 с.
343. Космогония // Большая советская энциклопедия. Т. 34. — М.: ОГИЗ РСФСР, 1937. — С. 419-431.
344. Краевский В. Борьба Мариана Смолуховского за научную атомистику // Вопросы философии. — 1956, №4. — С. 114-117.
345. Краткий философский словарь. — М.: Госполитиздат, 1954. — 704 с.
346. Кричевский И. Р., Петрянов И. В. Термодинамика для многих. — М.: Педагогика, 1975. — 160 с.
347. Кричевский И. Р. Понятия и основы термодинамики /Изд. 2-е, пересмотр. и доп. — М.: Химия, 1970. — 440 с.
348. Кропоткин П. Н. Соотношение мировых физических констант и расширение Вселенной // Доклады АН СССР.— 1971.— Т.198, №4. — С.798- 800.
349. Кропоткин П. Н. Космологическое красное смещение в стационарной Вселенной Зеелигера-Эйнштейна // Доклады АН СССР. — 1988. — Т. 298, №4. — С. 827- 829.
350. Кропоткин П. Н. Космологическое красное смещение в стационарной Вселенной // Физические аспекты современной астрономии. — Л.: АН СССР ВАГО ГАО, 1985. — С. 94-120.
351. Кропоткин П. Н. Совершенный космологический принцип и эффект Хаббла // Доклады АН СССР. — 1989. — Т. 305, №4. — С. 820-824.
352. Ксанфомалити Л. В. Темная Вселенная. Сюрприз космологии к 100-летию открытия Эйнштейна // Наука и жизнь. — 2005. — № 5. (<http://nkj.ru/archive/articles/687>).
353. Кубо Р. Термодинамика. — М.: Мир, 1970. — 304 с.
354. Кузнецов И. В. Об одном порочном толковании второго начала термодинамики // Успехи физических наук.— 1949.— Т. 39, вып. 2.— С.299-306.
355. Кузнецов И. В. Против идеалистических извращений понятий массы и энергии // Успехи физических наук. — 1952. — Т. 48, вып. 2. — С. 221-262.
356. Кузнецов И. В. Учение Ф. Энгельса о формах движения материи и современное естествознание // Вопросы философии. — 1970. — №11. — С. 62-73.
357. Кузнецов П. Г. Противоречие между первым и вторым законами термодинамики // Известия АН Эстонской ССР. Т. VIII. Сер. технич. и физ.-мат. наук. 1959. №3. С. 194-206.
358. Кузнецов П. Г. Проблема жизни и второй закон термодинамики // Философская энциклопедия. Т. 2. — М.: Советская энциклопедия, 1962. — С. 133-134.
359. Козырев Н. А. Причинная или несимметричная механика в линейном приближении // Козырев Н. А. Избранные труды. — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. — 448 с.
360. Кун Т. Структура научных революций. — М.: Прогресс, 1975. — 288 с.
361. Купер Л. Физика для всех. Т. 1. — М.: Мир, 1973. — 480 с.

362. Курс физической химии Т. 1 /Герасимов Я. И., Древинг В. П., Еремин Е. Н. и др. ; Изд. 2-е, испр. – М.: Химия, 1970. – 529 с.
363. Кушин В. В. Смерч // Природа. – 1988. – №7. – С. 14-23.
364. Лаберенн П. Происхождение миров. – М.: Гостехтеориздат, 1957. – 260 с.
365. Лаврентьев М. М, Еганова И. А., Луцет М. К., Фоминых С. Ф. О дистанционном воздействии звезд на резистор // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 314, №2. – С. 352-355.
366. Лавров П. Л. Опыт истории мысли. Т. 1. – СПб., 1875. – 162 с.
367. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц М. А. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика /Изд. 2-е испр. – М.: Наука, 1969. – 399 с.
368. Ландау Л. Д., Лифшиц М. А. Теория поля /Изд. 3-е, перераб. – М.: Физматгиз, 1960. – 400 с. – (Теоретическая физика. Т. II).
369. Ландау Л. Д., Лифшиц М. А. Статистическая физика. Ч. 1. – М.: Наука, 1976. – 584 с. – (Теоретическая физика. Т. V).
370. Ландау Л. Д., Румер Ю. Б. Что такое теория относительности. – М.: Советская Россия, 1960. – 62 с.
371. Лаплас П. С. Изложение системы мира. – Л.: Наука, 1982. – 376 с.
372. Левитан Е. П. Физика Вселенной. – М.: Наука, 1976. – 200 с.
373. Левитан Е. П. Эволюционирующая Вселенная: Кн. для учащихся 10-11 кл. – М.: Просвещение, 1993. – 159 с.
374. Лейзер Д. Создавая картину Вселенной. – М.: Мир, 1988. – 324 с.
375. Леонова В. Ф. Термодинамика. – М.: Высш. школа, 1968. – 158 с.
376. Леонтович М. А. Введение в термодинамику /Изд. 2-е, испр. – М.-Л., 1952. – 200 с.
377. Ливанова А. Л. Л. Д. Ландау. – М.: Знание, 1978. – 192 с.
378. Лидоренко Н. С., Мучник Г. Ф. Экологическая энергетика // Природа. – 1974. – №9. – С. 9.
379. Линде А. Раздувающаяся Вселенная // Успехи физических наук. – 1984. – Т. 144, вып. 2. – С. 177-214.
380. Линде А. Раздувающаяся Вселенная // Наука и жизнь. – 1985. – №8. – С. 25-32.
381. Линде А. Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990. – 280 с.
382. Лисичкин В., Шелепин Л. Глобальная империя Зла // <http://rusk.com.ru/lib/zagovor/giz/giz1.html>,  
<http://rusk.com.ru/lib/zagovor/giz/giz2.html>,  
<http://rusk.com.ru/lib/zagovor/giz/giz3.html>
383. Литературное наследство К. Маркса и Ф. Энгельса. История публикации и изучения в СССР. – М.: Политиздат, 1969. – 512 с.
384. Литлвуд Дж. Математическая смесь. – М.: Наука, 1978. – 144 с.
385. Лифшиц М. А. Карл Маркс. Искусство и коммунистический идеал /2-е изд. – М.: Художественная литература, 1979. – 471 с.
386. Логунов А. А. Релятивистская теория гравитации // Природа. – 1987. – №1. – С. 36-47.
387. Логунов А. А. Новая теория гравитации // Наука и жизнь. – 1987, №2. – С. 38-44; №3. – С. 60-71.

388. Логунов А. А., Лоскутов Ю. М. Мествиришвили М. А. Релятивистская теория гравитации и ее следствия // Успехи физических наук. – 1988. – Т. 155, вып. 3. – С. 369-396.
389. Логунов А. А., Мествиришвили М. А. Релятивистская теория гравитации. – М.: Наука, 1989. – 304 с.
390. Лоренц Г. А. Лекции по термодинамике. – М.-Л.: ОГИЗ ГТТЛ, 1941. – 156 с.
391. Лошмидт И. О состоянии теплового равновесия в системе частиц с учетом силы тяжести // Больцман Л. Избранные труды. – М.: Наука, 1984. – С. 426-429.
392. Лукьянов А. Т. От натурфилософии к сознательно-диалектическому естествознанию. – Киев: Вища школа. – 1981. – 192 с.
393. Львов Н. Н. Расширение Вселенной и новая космология Милна // Мирведение. – 1933. – №5. – С. 1-13.
394. Львов В. Е. На фронте космологии // Под Знаменем Марксизма. – 1938. – №7. – С. 137-167.
395. Лихошерстных Г. В поисках энергии // Техника – молодежи. – 1983. – №11. – С. 26-29.
396. Любищев А. А. Уроки самостоятельного мышления // Изобретатель и рационализатор. – 1975. – №8. – С. 36-41; 1975. – №9. – С. 43-45.
397. Любошиц В. Л., Подгорецкий М. И. Энтропия поляризованных газов и парадокс Гиббса // Доклады АН СССР. – 1970. Т. 194, №3. – С. 547-550.
398. Любошиц В. Л., Подгорецкий М. И. О работе И. П. Базарова «Парадокс Гиббса и его решение» // Журнал физической химии. – 1972. – Т. 46, вып. 7. – С. 1896-1898.
399. Майер Р. Ю. Закон сохранения и превращения энергии. Четыре исследования. – М.-Л.: Гостехтеориздат, 1933. – 312 с.
400. Максвелл Д. К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2-х т. Т. 2. – М.: Наука, 1989. – 438 с.
401. Максимов А. А. О философских воззрениях академика В. Ф. Миткевича и о путях развития советской физики // Под знаменем марксизма. – 1937. – №7. – С. 25-55.
402. Мареев С. Н. Встреча с философом Э. Ильенковым. Изд. 2-е, доп. М., Эребус. 1997. 192 с.
403. Мареев С. Н. Какой философии надо учить (Возражения профессору Лузгину С. Н.) // ...Изм. 1999. – №2 (22).
404. Марксистско-ленинская философия. Диалектический материализм / Изд. 2-е, дораб. – М.: Мысль, 1972. – 335 с.
405. Марри Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. – М.: Мир, 1983. – 398 с.
406. Мартынов Г. А. Неравновесная статистическая механика, уравнения переноса и второе начало термодинамики // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, №10. – С. 1105-1133.
407. Материалистическая диалектика как общая теория развития. – М.: Наука, 1982. – 496 с.
408. Материалисты древней Греции. Собрание текстов Гераклита, Демокрита и Эпикура. – М.: Госполитиздат, 1955. – 238 с.

409. Мегрелидзе К. Р. Основные проблемы социологии мышления. — Тбилиси: Мецниереба, 1973. — 438 с.
410. Мельников О. А., Попов В. С., Калиняк А. А. Недопплеровское объяснение красного смещения в спектрах далеких галактик // Некоторые вопросы физики космоса. — М.: Изд. ВАГО, 1974. — 204 с.
411. Мелюхин С. Т. Проблема конечного и бесконечного. — М.: Политиздат, 1958. — 264 с.
412. Мелюхин С. Т. Материя в ее единстве, бесконечности и развитии. — М.: Мысль, 1966. — 384 с.
413. Менделеев Д. И. Попытка химического понимания мирового эфира /Изд. 2-е. — СПб.: Тип. М. П. Фроловой, 1910. — 54 с.
414. Мешков В. В. Основы светотехники. Ч. 1 /2-е изд. — М.: Энергия, 1979. — 368 с.
415. Мигдал А. Б. Поиски истины. — М.: Мол. Гвардия, 1983. — 238 с.
416. Мигдал А. Б. Как рождаются физические теории. — М.: Педагогика, 1984. — 128 с. (Б-чка Детской энциклопедии «Ученые школьнику»).
417. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Т. 2. — М.: Мир, 1977. — 525 с.
418. Милликен Р. Полезная энергия // Под знаменем марксизма. — 1929. — №1. — С. 179-186.
419. Милликен Р. Возникновение химических элементов и космические лучи // Научное слово. 1929. — №2. — С. 25-37.
420. Милликен Р. Теория и практика разложения и синтеза атомов (современное положение вопроса) // За марксистско-ленинское естествознание. — 1931. — №2. — С. 85-93.
421. Милликен Р. Электроны (+ и -), протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи. — ГОНТИ, 1939. — 312 с.
422. Мартынов Д. Я. Курс общей астрофизики. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Наука. 1971. 616 с.
423. Миткевич В. Ф. Основные физические воззрения: Сб. докладов и статей /Изд. 2-е, доп. — М.-Л.: Изд. АН СССР, 1936. — 164 с.
424. Миткевич В. Ф. Магнитный поток и его преобразования. — М.-Л.: Изд. АН СССР, 1946. — 358 с.
425. Михайлов А. А. О наблюдении эффекта Эйнштейна // Астрономический журнал. — 1956. — Т. 33, вып. 6. — С. 912-927.
426. Михайлов А. А. О наблюдении эффекта Эйнштейна во время солнечного затмения 31 июля 1981 г. // Письма в «Астрономический журнал». — 1980. — Т. 6, №1. — С. 58-60.
427. Михал С. Вечный двигатель вчера и сегодня. — М.: Мир, 1984. — 256 с.
428. Минин В. О тепловой энергии.—М.: Типография К.Индриха,1878.— 99 с.
429. Молевич Е. Ф. Круговорот и необратимость в мировом движении. Историко-философский очерк. — Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1976. — 108 с.
430. Морозов Н. А. Основы качественного физико-математического анализа и новые физические факторы, обнаруживаемые им в различных явлениях природы. — М.: Типография т-ва И. Д. Сытина, 1908. — 404 с.
431. Морозов Н. А. Вселенная // Итоги науки в теории и практике. Т. II. — М.: Изд. т-ва «Мир», 1916. — С. 605–904.

432. Моррис Г. Сотворение мира: научный подход. — Киев: Друг читача, 1990. — 76 с.
433. Мах Э. Научно-популярные очерки. — М.: Типолитография т-ва Кушнерев и К°, 1901. — 128 с.
434. Мюнстер А. Химическая термодинамика. — М.: Химия, 1971. — 296 с.
435. Наан Г. И. Космология // Большая советская энциклопедия. Т. 13 /3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1973. — С. 256-258.
436. Налимов В. В. Теория эксперимента /Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Наука, 1971. — 207 с.
437. Налимов В. В. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. — М.: Наука, 1974. — 272 с.
438. Налимов В. В. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков /2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1979. — 304 с.
439. Налимов В. В., Голикова Т. И. Логические основания планирования эксперимента. — М.: Металлургия, 1981. — 152 с.
440. Наука открывает время прежде времени // <http://main.vipcentr.ru/cosmos/cosmos7.html>
441. Начала Евклида. Книги I-VI /Изд. 2-е, стереотипное. — М.-Л.: ГИТТЛ, 1950. — 448 с.
442. Нернст В. Теоретическая химия с точки зрения закона Avogadro и термодинамики. — СПб.: Тип. М. М. Стасюлевича, 1904. — 619 с.
443. Нернст В. Мироздание в свете новых исследований. — М.-Пг.: Госиздат, 1923. — 59 с.
444. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. — М.: Мир, 1979. — 512 с.
445. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение — М.: Мир, 1990. — 342 с.
446. Новаковский В. М. К стандартной научной системе коррозионно-электрохимических понятий и терминов. I. Общие понятия // Защита металлов. — 1982. — Т. 16, №3. — С. 250-264.
447. Новаковский В. М. Коррозия — понятие и псевдопонятие // Защита металлов. — 1983. — Т. 19, №4. — С. 658-665.
448. Новиков Б. В. Творчество и философия. — Киев: Изд-во при Киевском университете, 1984. — 168 с.
449. Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная. — М.: Наука, 1988. — 176 с. — (Б-чка «Квант», вып. 68).
450. Новиков И. Д. Эволюция Вселенной /3-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1990. — 192 с.
451. Новиков И. Д. Предисловие редактора перевода // Силк Дж. Большой взрыв. Рождение и эволюция Вселенной. — М.: Мир, 1982. — С. 5-6.
452. Новиков И. И. Термодинамика. — М.: Машиностроение, 1984. — 592 с.
453. Новик И. Б. Некоторые аспекты взаимоотношения философии и естествознания // Вопросы философии. — 1969. — №9. — С. 109-114.
454. Об Альтернативной космологической группе // <http://www.inscience.ru/index.php?page=viewarticle&division=nnf&id=20/>

455. Огородников К. Ф. О «расширяющейся» Вселенной // Мирозведение. — 1934. — №2. — С. 86–96.
456. Огородников К. Ф. К дискуссии о «возрасте» Вселенной // Мирозведение. — 1935. — №5. — С. 283–294.
457. Огородников К. Ф. Динамика звездных систем. — М.: Физматгиз, 1958. — 627 с.
458. Огурцов А. П. «Философия природы» Гегеля и ее место в истории философии и науки // Гегель Г. Энциклопедия философских наук. Т. 2. Философия природы. — М.: Мысль, 1975. — С. 592–622.
459. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы. — М.: Прогресс, 1978. — 380 с.
460. Окатов М. Термостатика. — СПб.: Типография Академии наук, 1871. — 176 с.
461. Опарин А. И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. — М.: Изд. АН СССР, 1960. — 192 с.
462. Опарин Е. Г. Experimentum crucis. Решающий эксперимент по прямому определению разности температур в газе в стационарном состоянии в поле тяжести // Журнал русской физической мысли. — №1. — Петров: Общественная польза, 1991. — С. 40–46.
463. Опарин Е. Г. Физические основы бестопливной энергетики (ограниченность второго начала термодинамики). — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 136 с.
464. Оствальд В. Основания теоретической химии. — М.: Изд-е М. и С. Сабадашниковых, 1902. — 410 с.
465. Оствальд В. Философия природы. 1-е бесплатное приложение к журналу «Вестник и библиотека самообразования» на 1903 г. — СПб.: Тип. Акц. Общ. Брокгауз-Ефрон, 1903. — 326 с.
466. «Ось Зла» пронзает этот мир // <http://www.cnews.ru/newtop/index.shtml?2005//10//24//190446>.
467. Открытое письмо научному сообществу // <http://www.inscience.ru/index.php?page=viewarticle&division=nfn&id=20>.
468. Относительности теория // Техническая энциклопедия. Т. 15. — М.: ОГИЗ РСФСР, 1931. — С. 351–371.
469. Ощепков П. К. Жизнь и мечта /2-е изд. — М.: Московский рабочий, 1967. — 296 с.
470. Ощепков П. К. Одна из революционных идей в области научно-технического прогресса // Коммунист. — 1986. — №2. — С. 71–73.
471. Павленко А. Н. Европейская космология: основания эпистемологического поворота. — М.: Институт философии РАН — Интрада, 1997. — 256 с.
472. Павленко А. Н. Возможен ли союз христианского богословия и хаотической космологии? // <http://www.standrews.ru/index-ea=1&ln=1&shp=1&chp=showpage&num=322>
473. Певзнер Л. Основы биоэнергетики. — М.: Мир, 1977. — 310 с.
474. Перель Ю. Г. Развитие представлений о Вселенной /Изд. 2-е. — М.: Физматгиз, 1962. — 392 с.
475. Петров А. З. Предисловие редактора перевода // Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. — М.: Мир, 1972. — С. 5–10.



476. Петров В. Происхождение солнечной системы // Под знаменем марксизма. – 1939. – №6. – С. 121–133.
477. Петров В. Некоторые вопросы космологии // Под знаменем марксизма. – 1940. – №7. – С. 113–128.
478. Пиблс П. Физическая космология. – М.: Мир, 1975. – 310 с.
479. Планк М. Термодинамика. – М.-Л.: Госиздат, 1925. – 312 с.
480. Планк М. Введение в теоретическую физику. Часть пятая. Теория теплоты. – М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. – 228 с.
481. Планк М. Об основании второго закона термодинамики // Ван-дер-Ваальс И. Д., Констамм Ф. Курс термостатики. Ч. 1. – М.: ОНТИ, 1936. – С. 438–452.
482. Планк М. Принцип сохранения энергии. – М.: ОНТИ НКТП СССР, 1938. – 235 с.
483. Планк М. Избранные труды. – М.: Наука, 1975. – 788 с.
484. Плотников В. А. Курс термодинамики. – Киев: Изд. В. А. Просяниченко. 1915. – 176 с.
485. Плеханов Г. В. Философские взгляды А. И. Герцена (К столетию со дня его рождения) // Плеханов Г. В. Избр. филос. произв. в 5 т. Т. IV. – М.: Соцэкгиз, 1958. – С. 679–737.
486. Пойа Д. Математическое открытие. – М.: Наука, 1970. – 452 с.
487. Поликаров А. Относительность и кванты. Философские проблемы современной физики. – М.: Прогресс, 1966. – 500 с.
488. Поль Р. В. Механика, акустика и учение о теплоте. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 484 с.
489. Поппер К. Что такое диалектика? // Вопросы философии. – 1995. – №1. – С. 118–138.
490. Предисловие // Энгельс Ф. Диалектика природы. – М.: Госполитиздат, 1952. – С. III–XVIII.
491. Предисловие // Маркс К. Энгельс Ф. Соч., 2-е изд. Т. 20. М., С. V–XXII.
492. Предисловие // Энгельс Ф. Диалектика природы. М., Политиздат. 1982. С. I–XVI.
493. Против нездоровых сенсаций // Правда. – 1959. – 22 ноября.
494. Пригожин И. Время структура и флуктуации (Нобелевская лекция по химии 1977 года) // Успехи физических наук. – 1980. – Т. 131, вып. 2. – С. 185–207.
495. Пригожин И. Переоткрытие времени // Вопросы философии. – 1989. – №8. – С. 3–19.
496. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
497. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. – М.: Мир, 2002. – 461 с.
498. Примечания // Маркс К. Энгельс Ф. Соч., 2-е изд. Т. 20. М., С. 679–746.
500. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
501. Пуанкаре А. Механицизм и опыт // Больцман Л. Избранные труды. – М.: Наука, 1984. – С. 434–437.
502. Путилов К. А. Курс физики. Т.1. /Изд. 6-е, перераб.–М.: ГИТТЛ, 1956. 708 с.

503. Путилов К. А. Термодинамика. – М.: Наука, 1971. – 376 с.
504. Радужкевич Л. В. Курс термодинамики. – М.: Просвещение, 1971. – 288 с.
505. Радциг А. А. Термодинамика. – Киев: Типография И. И. Чоколова, 1900. – 299+IV с.
506. Радциг А. А. Сади Карно и его «Размышления о движущей силе огня» // Архив истории науки и техники. Вып. 3. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – С. 31-49.
507. Рейф Ф. Статистическая физика /Изд. 2-е, стереотипное. – М.: Наука, 1977. – 352 с. (Берклеевский курс физики. Т. V).
508. Рейхенбах Г. Р. Направление времени. – М.: Иностранная литература, 1962. – 396 с.
509. Робертс Дж. Теплота и термодинамика. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1950. – 592 с.
510. Епископ Василий (Родзянко). Теория распада Вселенной и вера отцов // <http://www.starlab.ru/cool/book/book1//8.shtml>.
511. Рожанский И. Д. Естественнонаучные сочинения Аристотеля // Аристотель. Сочинения. В 4-х т. Т. 3. – М.: Мысль, 1981. – С. 5-57.
512. Розенбергер Ф. История физики (перевод с нем. издания 1890 г.). Ч. 3. Вып. 2. – М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. – 448 с.
513. Розенталь М. М. Принципы диалектической логики. – М.: Издательство социально-экономической литературы, 1960. – 479 с.
514. Роузвер Д. А был ли Большой Взрыв? // <http://www.crimea.com/~creation/text//24c.htm>.
515. Роузвер Н. Т. Перигелий Меркурия. От Леверье до Эйнштейна. – М.: Мир, 1985. – 246 с.
516. Руткевич М. Н. Диалектический материализм: Курс лекций для философских факультетов. – М.: Мысль, 1973. – 527 с.
517. Рыбников К.А. История математики. – М.: Изд-во МГУ. 1994. – 496 с.
518. Рязанов Д. Предисловие редактора // Архив К. Маркса и Ф. Энгельса. Кн. 2. – М.-Л.: ГИЗ, 1925. – С. I-XXXII.
519. Рязанов Д. Маркс и Энгельс о диалектике природы // Энгельс Ф. Диалектика природы /Изд. 2-е, испр. и доп. – М.-Л.: ГИЗ, 1929. – С. XIII-XLIX.
520. Рязанов Д. Предисловие ко второму изданию // Энгельс Ф. Диалектика природы /Изд. 2-е, испр. и доп. – М.-Л.: ГИЗ, 1929. – С. III-XII.
521. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 1. Механика и молекулярная физика /Изд. 2-е, перераб. – М.: Наука, 1982. – 432 с.
522. Саката Сиро. Практическое руководство по управлению качеством. – М.: Машиностроение, 1980. – 214 с.
523. Сальников И. Е. К теории периодического протекания гомогенных химических реакций. II. Термокинетическая автоколебательная модель // Журнал физической химии. – 1949. – Т. 23, вып. 3. – С. 258-272.
524. Самая молодая галактика во Вселенной // <http://astronews.prao.psn.ru>.
525. Саслау У. Гравитационная физика звездных и галактических систем. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
526. Свиридонов М. Н. Развитие понятия энтропии в работах Т. А. Афанасьевой-Эренфест // История и методология естественных наук. Вып. 10. Физика. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. – С. 112-129.

527. Седов Е. А. Одна формула и весь мир. Книга об энтропии. – М.: Знание, 1982. – 175 с.
528. Секки А. Единство физических сил. Опыт естественно-научной философии. – Вятка: Печатня изд-е Красовского, 1873. – 538 с.
529. Семенов Н. Н. Марксистско-ленинская философия в вопросы естествознания // Вестник АН СССР. – 1968. – №8. – С. 24-40.
530. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Теплота и молекулярная физика /Изд. 2-е, исправленное. – М.: Наука, 1979. – 552 с.
531. Силк Дж. Большой взрыв. Рождение и эволюция Вселенной. – М.: Мир, 1982. – 391 с.
532. де Ситтер В. Раздвигающаяся вселенная // Природа. – 1931. – №5. – С. 425–435.
533. Сквайрс Дж. Практическая физика. – М.: Мир, 1971. – 246 с.
534. Скопление галактик (Новости физики в сети Internet) // Успехи физических наук. – 1998. – Т. 168, №9. – С. 1036.
535. Скорняков Г. В. О термодинамике анизотропных магнетиков // Журнал технической физики. – 1986. – Т. 56, вып. 3. – С. 579-581.
536. Скорняков Г. В. Новый принцип преобразования тепла в работу // Письма в «Журнал технической физики». – 1989. – Т. 15, вып. 22. – С. 12-14.
537. Скорняков Г. В. Самоорганизация и преобразование тепла в работу // Журнал технической физики. – 1995. – Т. 65, вып. 1. – С. 35-45.
538. Скорняков Г. В. Преобразование тепла в работу с помощью термически неоднородных систем // Письма в «Журнал технической физики». – 1995. – Т. 21, вып. 23. – С. 1-5.
539. Скорняков Г. В. О неинтегрируемых термодинамических системах // Журнал технической физики. – 1996. – Т. 66, вып. 1. – С. 3-14.
540. Смирнов Г. В. Под знаком необратимости (Очерки о теплоте). – М.: Знание, 1977. – 144 с.
541. Смородинский Я. А. Температура. – М.: Наука, 1981. – 160 с. – (Б-ка «Квант». Вып 12).
542. Соколовский Ю. И. Понятие работы и закон сохранения энергии. Научно-методический анализ с историческим очерком. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962. – 344 с.
543. Соловьев Ю. И. Очерки по истории физической химии. – М.: Наука, 1964. – 342 с.
544. Спасский Б. И. История физики. Ч. 1 /Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Высш. школа, 1977. – 320 с.
545. Спасский Б. И. История физики. Ч. 2 /Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Высш. школа, 1977. – 309 с.
546. Спасский Б. И. Физика для философов. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 188 с.
547. Спасский Б. И., Сарангов Ц. С. К истории открытия теоремы Карно // Успехи физических наук. – 1969. – Т. 99, вып. 2. – С. 347-352.
548. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике /Абалакин В. К., Аксенов Е. П., Гребеников Е. А. и др. ; Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Наука, 1976. – 864 с.

549. Сталин И. В. О диалектическом и историческом материализме // Сталин И. Вопросы ленинизма /Изд. 11-е. – М.: Гос. изд-во полит. л-ры, 1952. – С. 574–602.
550. Степанова Е. А. Фридрих Энгельс. Краткий биографический очерк /4-е изд., перераб. и доп. – М.: Политиздат, 1985. – 238 с.
551. Струмилин С. Г. Избранные произведения в пяти томах. Т. 5. Проблемы социализма и коммунизма в СССР. – М.: Наука, 1965. – 468 с.
552. Субботин М. Ф. Введение в теоретическую астрономию. – М.: Наука, 1968. – 800 с.
553. Суворов С. Г. Еще раз к вопросу о так называемом физическом понятии материи (ответ В. Г. Фридману) // Успехи физических наук. – 1953. – Т. 49, вып. 1. – С. 125-146.
554. Сычев В. В., Шпильрайн Э. Э. В погоне за миражом // Энергия: экономика, техника, экология. – 1987. – №2. – С. 49-53.
555. Тамм И. Е. Новые принципы статистической механики Бозе-Эйнштейна в связи с вопросом физической природы материи // Успехи физических наук. – 1926. – Т. 6, вып. 2. – С. 112-141.
556. Татарский В. И. О критериях степени хаотичности // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158, вып. 1. – С. 123-126.
557. Тахтаджян А. Л. Слово о тектологии // Богданов А. А. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2-х кн.: Кн. 2. – М.: Экономика, 1989. – С. 348-351.
558. Телеснин Р. В. Молекулярная физика. – М.: Высш. школа, 1965. – 298 с.
559. Тер Хаар Д., Вергеланд Г. Элементарная термодинамика (Elements of thermodynamics) – М.: Мир, 1968. – 220 с.
560. Термодинамика. Основные понятия. Терминология. Буквенные обозначения величин. – М., Наука. 1984. – 40 с.
561. Терлецкий Я. П. Статистическая физика. – М.: Высшая школа. – 1966. – 236 с.
562. Тер-Оганезов В. Т. О марксистско-ленинском представлении пространства и времени // Мироведение. – 1934. – №2. – С. 97–106.
563. Тетельбаум С. И. К вопросу о круговороте материи в бесконечной вселенной // Известия Киевского ордена Ленина политехнического института. – 1954. – Т. 16. – С. 100-110.
564. Тетельбаум С. І. До питання про інтенсивність та спектральний склад метагалактичного випромінювання // Доповіді Академії наук Української РСР. – 1955. – №1. – С. 57-62.
565. Тимирязев А. К. Введение в теоретическую физику. – М.-Л.: ГТТИ, 1933. – 440 с.
566. Тимирязев А. К. Волна идеализма в современной физике на Западе и у нас // Под знаменем марксизма. – 1933, №5. – С. 94-123.
567. Товбин М. В. Физическая химия. – Киев: Вища школа. – 1975. – 488 с.
568. Товмасын Г. М. Внегалактические источники радиоизлучения. – М.: Наука, 1986. – 240 с.
569. Томпсон Б. Научные доказательства сотворения // <http://creabooks.nm.gu/Thompson.htm>.
570. Томсон-Кельвин В. О динамической теории теплоты // Второе начало термодинамики. – М.-Л. Гостехтеориздат, 1934. – С. 161-174.

571. Томсон-Кельвин В. О проявляющейся в природе общей тенденции к рассеянию механической энергии // Второе начало термодинамики. – М.-Л. Гостехтеориздат, 1934. – С. 180-182.
572. Трайбус М. Термостатика и термодинамика. – М.: Энергия, 1970. – 504 с.
573. Тринчер К. С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики /Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Наука, 1965. – 120 с.
574. Троицкий В. С. Экспериментальная проверка релятивистской космологии указывает на гравитационную природу красного смещения // Гравитация. – 1995. – Т. 1. В. 1. – С. 71-82. ([http://gravity.ezhiki.ru//russian//articles//experim\\_check.shtml](http://gravity.ezhiki.ru//russian//articles//experim_check.shtml))
575. Троицкий В. С. Экспериментальные свидетельства против космологии Большого взрыва // Успехи физических наук. – 1995. – Т. 165, №6. – С. 703-707.
576. Трофименко А. П. Вселенная: творение или развитие? – Мн.: Беларусь, 1987. – 160 с.
577. Тяготение // Энциклопедический словарь Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона. Т. 67. – 1902. – С. 379-387.
578. Уемов А. И. Логические ошибки. Как они мешают правильно мыслить. – М.: Госполитиздат, 1958. – 119 с.
579. Уилл К. Теория и эксперимент в гравитационной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
580. Уилл К. М. Теория гравитации и эксперимент // Общая теория относительности. – М.: Мир, 1983. – С. 11-86.
581. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
582. Фаталиев Х. М. Марксизм-ленинизм и естествознание. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 352 с.
583. Федулаев Л. Е. Физическая форма гравитации: Диалектика природы. – М.: КомКнига, 2006. – 288 с.
584. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Современная наука о природе. Законы механики. (Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1). – М.: Мир, 1965. – 268 с.
585. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Излучение. Волны. Кванты. Кинетика. Теплота. Звук. (Фейнмановские лекции по физике. Вып. 3-4) /Изд. 2-е. – М.: Мир, 1976. – 496 с.
586. Фейнман Р. Характер физических законов /Изд. 2-е, испр. – М.: Наука, 1987. – 160 с. (Б-чка «Квант». Вып. 62).
587. Фен Дж. Машины, энергия, энтропия. – М.: Мир, 1986. – 336 с.
588. Ферми Э. Термодинамика. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1969. – 140 с.
589. Физика космоса. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. 1976. – 655 с.
590. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – 944 с.
591. Философия естествознания. Вып. 1-й. – М.: Политиздат, 1966. – 413 с.
592. Философия и мировоззренческие проблемы современной науки. XVI Всемирный философский конгресс. – М.: Наука, 1981. – 382 с.

593. *Философская энциклопедия*. Т.1. – М.: Советская энциклопедия, 1960. – 504 с.
594. *Философская энциклопедия*. Т.2. – М.: Советская энциклопедия, 1962. – 576 с.
595. *Философская энциклопедия*. Т.3. – М.: Советская энциклопедия, 1964. – 548 с.
596. *Философская энциклопедия*. Т.4. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 592 с.
597. *Философская энциклопедия*. Т.5. – М.: Советская энциклопедия, 1970. – 740 с.
598. *Философские проблемы астрономии XX века*. – М.: Наука, 1976. – 480 с.
599. *Философские проблемы естествознания: Учеб. пособие*. /Под ред. С. Т. Мелюхина. – М.: Высш. школа, 1985. – 400 с.
600. *Философские проблемы современного естествознания. Труды всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания*. – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 664 с.
601. *Философский словарь /4-е изд.* – М.: Политиздат, 1981. – 445 с.
602. *Фок В. А. Теория пространства, времени и тяготения*. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 504 с.
603. *Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике*. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1947. – 367 с.
604. *Франкфурт У. И. К истории аксиоматики термодинамики // Развитие современной физики*. – М.: Наука, 1964. – С. 257-292.
605. *Фридман А. А. О кривизне пространства // Успехи физических наук*. – 1963. – Т. 80, вып. 3. – С. 439-446.
606. *Фридрих Энгельс. Биография*. – М.: Политиздат, 1970. – 627 с.
607. *Фридрих Энгельс и современность // Вопросы философии*. – 1960. – №12. – С. 13-24.
608. *Ф. Энгельс и естествознание (библиография основной литературы) // Вопросы истории естествознания и техники*. – 1970. – Вып.3(38). – С.50-54.
609. *Фридрих Энгельс о диалектике естествознания. Хрестоматийное издание /Редактор-составитель Б. М. Кедров*. – М.: Наука, 1973. – 576 с.
610. *Хайтун С. Д. История парадокса Гиббса*. – М.: Наука, 1986. – 168с.
611. *Хайтун С. Д. Механика и необратимость*. – М.: Янус, 1996. – 448 с.
612. *Хакен Г. Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах*. – М.: Мир, 1985. – 423 с.
613. *Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам*. – М.: Мир, 1991. – 240 с.
614. *Харкевич А. А. Рассуждения о коэффициенте полезного действия // Вестник АН СССР*. – 1965. – №6. – С. 27-33.
615. *Хвольсон О. Д. Гегель, Геккель, Коссут и двенадцатая заповедь. Критический этюд*. – СПб, 1911. – 188 с.
616. *Хвольсон О. Д. Курс физики. Т. 3. Учение о теплоте /Изд. 5-е*. – Берлин: Гос. изд-во РСФСР, 1923. – 752 с.
617. *Хениг К. Карл Шорлеммер. Первоклассный химик и коммунист*. – М.: Мир, 1978. – 86 с.
618. *Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени*. – М.: Мир, 1990. – 168 с.

619. Цейтлин З. Закон движения Энгельса (Опыт конкретного применения диалектики к физике) // Диалектика в природе. Сборник по марксистской методологии естествознания. Серия IV. Сборник №2. – Вологда: Северный печатник, 1926. – С. 126-176.
620. Центер Б. И., Лызлов Н. Ю. Металл-водородные электрохимические системы. Теория и практика. – Л.: Химия, 1989. – 282 с.
621. Цехмистро И. З. К квантовому рождению Вселенной «из ничего» // Философские науки. – 1988. – №9. – С. 91-95.
622. Циолковский К. Э. Второе начало термодинамики // Журнал русской физической мысли. – №1. – Реутов: Общественная польза, 1991. – С.22-39.
623. Циолковский К. Э. Живая Вселенная // Вопросы философии. – 1992. – №6. – С. 135-158.
624. Цирлин А. М. Второй закон термодинамики и предельные возможности тепловых машин // Журнал технической физики. – 1999. – Т. 69, №1. – С. 140–142.
625. Чернавский Д. С., Хазин М. Л. Парадокс Гиббса и смысл понятия энтропии в классической термодинамике // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2001. – №10. – С. 39-47.
626. Чесноков Д.И. Мироззрение Герцена. – М.: Госполитиздат, 1948. – 367 с.
627. Чудинов Э. М. Теория относительности и философия. – М.: Политиздат, 1974. – 304 с.
628. Шама Д. Современная космология. – М.: Мир, 1973. – 254 с.
629. Шама Д. Вступление // Силк Дж. Большой взрыв. Рождение и эволюция Вселенной. – М.: Мир, 1982. – С. 7.
630. Шамбадаль П. Развитие и приложение понятия энтропии. – М.: Наука, 1967. – 280 с.
631. Шапиро И. Экспериментальная проверка общей теории относительности // Астрофизика, кванты, и теория относительности. – М.: Мир, 1982. – С. 215-240.
632. Шаров А. С., Новиков И. Д. Человек, открывший взрыв Вселенной: Жизнь и труд Эдвина Хаббла. – М.: Наука, 1989. – 208 с.
633. Шафиркин В. О строении вселенной и некоторых реакционных идеях буржуазной космологии // Под Знаменем Марксизма. – 1938. – №7. – С. 115-136.
634. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 420 с.
635. Шиллер Н. Н. О втором законе термодинамики и одной новой его формулировке. – Киев: Типография ун-та, 1898. – 12 с.
636. Шишковский Б. А. Энергия и энтропия. – Киев: Типография Имп. ун-та св. Владимира, 1909. – 23 с.
637. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум /Изд. 4-е. – М.: Наука, 1976. – 368 с.
638. Шкловский И. С. Проблемы современной астрофизики. – М.: Наука, 1982. – 224 с.
639. Шмидт О. Ю. Избранные труды. Геофизика и космогония. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 212 с.
640. Шпильрайн Э. Э. О предельных к. п. д. теплосиловых установок // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1982. – №4. – С. 121–126.

641. Шпильрайн Э. Э., Семенов А. М. Параэнергетика или как не надо искать энергию // Энергия: экономика, техника, экология. – 1984. – №4. – С. 38-47.
642. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика /Изд. 2-е. – М.: Атомиздат, 1972. – 88 с.
643. Штернов А. О некоторых «достижениях» термодинамики // Под знаменем марксизма. – 1938. – №4. – С. 171-174.
644. Эйгенсон М. С. О бесконечности вселенной // Под знаменем марксизма. – 1940. – №8. – С. 61–85.
645. Эйгенсон М.С. Внегалактическая астрономия.– М.: ГИФМЛ, 1960. – 414 с.
646. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. I. – М.: Наука, 1965. – 700 с.
647. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. II.– М.: Наука, 1966.– 878 с.
648. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. III.– М.: Наука, 1966.–632 с.
649. Эйнштейн и современная физика (Сборник памяти А. Эйнштейна). – М.: ГИТТЛ, 1956. – 260 с.
650. Элиашберг Г. М. Термодинамика // Большая советская энциклопедия. Т. 25 /3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1973. – С. 481-482.
651. Энергетика /Швец И. Т., Толубинский В. И., Букшпун И. Д. и др. ; изд. 2-е, перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1971. – 616 с.
652. Энциклопедический словарь юного физика /2-е изд., испр. и доп. – М.: Педагогика, 1991. – 336 с.
653. Эрдеи-Груз Т. Химические источники энергии.– М.: Мир, 1974.– 304 с.
654. Юсти Э., Винзель А. Топливные элементы. – М.: Мир, 1964. – 480 с.
655. Яковлев В. Ф. Курс физики. Теплота и молекулярная физика. – М.: Просвещение, 1976. – 320 с.
656. Яковлев В. Ф. Теплопередача излучением при стационарных градиентах температур в молекулярных газах // Журнал физической химии. – 1984. – Т. 58, вып. 7. – С. 1821-1823.
657. Яковленко С. И. Проблема качества энергии // Вопросы философии. – 1994. – №9. – С. 95-103.
658. Яновская С. О математических рукописях К. Маркса // Под знаменем марксизма. – 1933. – №1. – С.74-115.
659. An Open Letter to the Scientific Community//<http://cosmologystatement.org>.
660. About the Alternative Cosmology Group // <http://www.cosmology.info>.
661. Clausius R. Abhandlungen über die mechanische Wärmttheorie. Abtheilung II. – Braunschweig: Druck und Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, 1867. – 351 S.



## Приложение 1

**Письмо А. И. Вейнику<sup>1</sup>**

Глубокоуважаемый Альберт-Виктор Иозефович!

Пишет Вам тот самый инженер из Киева, который 22 мая с.г. разговаривал по телефону с Вашим сотрудником и обещал сообщить нечто важное о философских основаниях Вашей общей теории.

С Вашей теорией я познакомился год назад по книге «Термодинамика» издания 1968 года. Книга вызвала одновременно восхищение и сожаление. Восхищение грандиозностью теории, которая выводит из одного постулата все законы физики, сожаление тем, что такое грандиозное построение не имеет прочного философского основания.

Вы писали: «Для доказательства факта существования обобщенного заряда (целесообразна именно такая более общая постановка вопроса) необходимо выйти за пределы термодинамики и встать на позиции, которые отличались бы большей общностью, чем те, которые привели к понятиям элементарной формы движения материи и обобщенного заряда. В каком именно направлении следует искать доказательство — на это в современном естествознании (и философии) нет даже намеков» (с.265-266).

Похоже, Вы считаете, что тот, кто принимает Вашу теорию, должен **поверить** в реальное существование обобщенного заряда (Вы ведь не сомневаетесь в факте существования обобщенного заряда, но **доказать** этот факт пока не можете). Тем самым Вы загоняете обоснование своей теории в тупик и даете своим оппонентам повод просто проигнорировать такую теорию, которая требует веры.

Между тем, в современной философии есть идеи, на основе которых можно доказать истинность общей теории (но не факт существования обобщенного заряда!). В этих идеях нуждается не только Ваша теория, но и вся современная физика.

Физики до сих пор не поняли и не приняли как руководство к действию уже ставшие прописными истинами следующие положения диалектического материализма:

**I. Познание есть отражение человеком природы. Научные понятия, законы природы, научные теории, математические модели — формы отражения.**

---

<sup>1</sup> Это письмо было написано автором в начале июня 1985 г. и, разумеется, в нем отражаются воззрения автора того времени. В письме есть неточные выражения и ошибочные положения. Но подход к критике термодинамики, который затем реализовывался более десяти лет, сформулирован достаточно точно и подробно.

**II. Цель науки — не познание ради знания, а познание ради преобразования. «Философы до сих пор объясняли мир, дело же заключается в том, чтобы изменить его».**

В силу этого в физике не до конца преодолена созерцательность метафизического материализма. В большинстве физических теорий действительность рассматривается только как объект, не в зависимом от деятельности субъекта виде. Иногда кажется, что физики рассматривают энергию, массу, пространство, время как нечто **данное**, т.е. **существующее в природе** до и независимо от человека. В действительности мир человеку **дан** в ощущениях. Понятия человек **создает** в процессе познания. «Убегая» от идей позитивистов, многие наши физики, по существу, «залетают» в объективный идеализм. «На самом деле в процессе познания человек имеет дело не столько с природой как таковой, сколько с «очеловеченным» миром, т.е. так или иначе вовлеченным в процесс производства, и именно практическое преобразование мира открывает человеку его закономерности. Поэтому познание есть не пассивное созерцание, а активная деятельность, неразрывно связанная с практическим преобразованием мира» (Философский словарь, под ред. И.Т.Фролова, М. Политиздат, 1981, с.338).

Тем не менее, физики продолжают выяснять, «как мир устроен на самом деле», т.е. по существу хотят в процессе познания обойтись без субъекта. Но это же абсурд! Гениальный физик Нильс Бор, не зная марксистской гносеологии, приходит к аналогичным выводам, формулирует принцип дополнительности, из которого следует невозможность «абсолютного объективного познания» (такого, в котором не участвует субъект). Все равно, в недавно изданном «Физическом энциклопедическом словаре» пишут: «Дополнительности принцип отражает объективные свойства квантовых систем, не связанные с существованием наблюдателя»!

В своей теории Вы частично преодолели созерцательность физики, в частности, когда понимаете энергию как свойство системы. Обычно энергию понимают фактически как некую субстанцию, которая может принимать различные формы, перетекать из тела в тело, расходоваться, накапливаться и т.п. Такому пониманию способствует также знаменитая формула  $E=mc^2$ . Закон сохранения энергии выступает как некий жандарм, который не разрешает создавать вечный двигатель. В Философском словаре под ред. И.Т.Фролова пишут: «Качественно различные физические формы движения материи способны превращаться друг в друга, и этот процесс превращения контролируется (Именно так! Контролируется, а не «может быть описан») строго определенными количественными эквивалентами» (с.429). Вы же утверждаете, что под А можно понимать бесчисленное множество различных свойств материи. Это могут быть энергия, дав-

ление, температура, емкость и т.д.» (с.24). Основное свойство А по Вашей теории **выбирает** субъект! И от этого выбора зависит форма законов природы! Тем самым в Вашей теории субъект активно участвует в познании.

Трактовка энергии как свойства системы, по-моему, одно из лучших достижений общей теории.

В то же время трудно составить определенное мнение о Вашем понимании термического заряда. Иногда Вы пишете о термическом заряде как о понятии, иногда, как о чем-то существующем реально, о субстанции. Вы писали: «Термический заряд существует реально» (с.228); «Для доказательства факта существования обобщенного заряда...» (с.265); «...отдельные (изолированные) элементарные формы движения в природе обычно не встречаются» (с.79).

Мне кажется, Ваша теория сильно выиграет, если Вы с самого начал определите, что элементарная форма движения, обобщенный заряд – понятия, абстракции, формы отражения действительности в науке термодинамике.

Если принять, что термический заряд – нечто данное (объект, субстанция), то становится невозможным обсуждение вопроса, что лучше – термический заряд или энтропия. Этот вопрос окажется таким же абсурдным как вопрос, что лучше, **α** Лебеда или **τ** Кита. Но если признать, что термический заряд – понятие, абстракция, то потом можно доказать, что это понятие лучше, полнее отражает действительность, чем понятие энтропии, т.е. является более истинным.

В своей книге Вы доказываете, что термический заряд более истинное понятие, чем энтропия, однако из-за отсутствия четкого представления о заряде как о понятии доказательство оказывается, на мой взгляд, не очень убедительным.

Для того, чтобы по достоинству оценить значение Вашей теории, недостаточно одного понимания сущности познания. Необходимо также иметь верное понимание сущности науки.

С 60-х годов советскими философами развиваются следующие идеи:

**III. Всякая наука есть прикладная логика.**

**IV. Марксизм есть Логика (логика с большой буквы), т.е. диалектика, логика и теория познания современного материализма. (Ленин: Не надо трех слов – это одно и то же).**

Эти идеи не стали еще господствующими в марксистской философии, не говоря уже о физике. Поэтому физики знают только один критерий истины – эксперимент, и не понимают, что истинная теория не может противоречить Логике (поскольку всякая наука есть прикладная логика). Из-за этого совершают множество преступлений против разума, в числе которых, по моему мнению, теория

Большого взрыва, формула  $E=mc^2$  ( $c=\text{const}$ ), представление об элементарных частицах как о «кирпичиках» мироздания (это представление доведено до абсурда в кварковой модели), представление о неизменности физических законов во времени, вероятностная трактовка времени.

Физики в большинстве своем не понимают, что развитие науки идет не только вширь — в плане открытия и объяснения все новых явлений, но и вглубь — в плане совершенствования логического построения науки. (Эйнштейн, впрочем, писал о критериях «внешнего оправдания» и «внутреннего совершенства» теорий. Однако об этих критериях, похоже, вспоминают только тогда, когда пишут об Эйнштейне).

Ваша общая теория как раз делает переворот в физике как логике.

Нужно раскрыть сущность этого переворота. А для этого недостаточно показать, что общая теория в большинстве случаев соответствует традиционным теориям и не противоречит опытным данным. Для объяснения каждого факта в физике имеется добрый десяток разных теорий и появление еще одной ничего не меняет. Нужно поэтому показать, что появление общей теории — не результат какой-то игры ума, а закономерный этап развития физики как логики.

Для этого необходимо то, что Вы показали в «Термодинамике», дополнить рассмотрением истории понятий физики, т.е. осуществить в общей теории единство логического и исторического, как того требует Логика. Только проследившая развитие понятий физики, можно доказать необходимость понятий обобщенного заряда, элементарной формы движения и других.

При изложении общей теории необходимо особо выделять случаи, когда общая теория соответствует Логике, но противоречит общепринятым взглядам. Это, в частности, закон диссипации, из которого следует необратимость времени; критика общей теорией теории относительности и теории Большого взрыва.

Развитая общая теория станет одним из двух общих методов физики (второй метод — метод моделей). Но для этого еще нужно много поработать — и совершенствуя общую теорию, и пропагандируя ее идеи. Я хотел бы по мере возможности принять участие в этой работе, например, путем обсуждения с Вами общей теории.

Возможно, в этом письме я не всегда высказывался достаточно ясно. Если Вам что-либо покажется неубедительным, я готов в меру своего понимания и способностей разъяснить. Здесь я написал далеко не обо всех замеченных мной недостатках общей теории. Если Вам будет интересно, в дальнейшем можно было бы продолжить разбор теории.

Понимание положений I-IV возникло у меня после чтения книг <sup>1</sup>:

1. Ленин В.И. Философские тетради // Полн. собр. соч. Т.29
2. Энгельс Ф. Диалектика природы // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т.20
3. Копнин П.В. Гносеологические и логические основы науки. — М.: Мысль, 1974. — 568 с.
4. Копнин П.В. Диалектика. Логика. Наука. — М.: Наука, 1974. — 464 с.
5. Ильенков Э.В. Диалектическая логика. Очерки истории и теории. — М.: Политиздат, 1974. — 271 с.
6. Ильенков Э.В. Ленинская диалектика и метафизика позитивизма: (Размышления над книгой В.И.Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»).— М.: Политиздат, 1980. — 175 с.
7. Босенко В. А. Диалектика как теория развития. — Изд-во КГУ, Киев, 1966. — 248 с.
8. Мегрелидзе К. Р. Основные проблемы социологии мышления. — Тбилиси: Мецниереба, 1973.— 438 с.
9. Кондаков Н. И. Логический словарь. — М.: Наука, 1971.— 656 с.

Вкратце о себе. Мне 27 лет. В этом году заканчиваю аспирантуру по прикладной электрохимии. Последние три года все больше интересуюсь философскими проблемами науки. В будущем хотел бы более серьезно заняться этими проблемами.

6.06.85 г.

В.Н. Игнатович

---

<sup>1</sup> Предложение «Понимание положений I-IV возникло у меня после чтения книг» должно было означать: «Почитайте, пожалуйста, следующие книги» — предложение, которое в письме молодого инженера доктору наук, члену корреспонденту АН БССР, по мнению автора, выглядело бы бестактным.

Интересно отметить, что в списке книг, которые автор рекомендовал А. И. Вейнику, нет таких, которые он сегодня обязательно включил бы в такого рода список: «Анти-Дюринг» Ф. Энгельса, «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленина, «Диалектика абстрактного и конкретного в «Капитале» Маркса» Э. В. Ильенкова, «Актуальные проблемы диалектического материализма» В. А. Босенко, «Противоречие как категория диалектической логики» Г. С. Батищева, поскольку к моменту написания письма автор еще не проработал их и не оценил в должной мере.