

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
СТАРО-ОСКОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

ВЫПУСК I

г. Старый Оскол
1957 г.

Е. М. ПУГАЧЕВ,
кандидат философских наук.

**НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОТКРЫТИЯ
ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ.**

Редакционная коллегия:

П. Т. Антонченков (ответственный редактор),
Ф. Н. Барановский (ответственный секретарь),
И. И. Лихачев, М. В. Селезнева, М. Н. Снегирев.

Закон сохранения и превращения энергии был и остается одним из важнейших законов естествознания, имеющих огромное значение как для современной физики, так и для философии диалектического материализма. Не случайно классики марксизма-ленинизма оценивали закон сохранения и превращения энергии как установление основных положений материализма.

Истории открытия этого закона посвящено немало работ как советских, так и зарубежных авторов. Однако в этих работах в целом недостаточно полно освещаются научные и технические предпосылки открытия закона сохранения и превращения энергии.

Исследование вопроса о научных и технических предпосылках открытия закона сохранения и превращения энергии дает возможность показать несостоятельность махистской трактовки 1) истории открытия этого закона, согласно которой данный закон якобы был открыт задолго до 40-х годов XIX века вместе с открытием принципа невозможности вечного двигателя.

Анализ научных и технических предпосылок открытия закона сохранения и превращения энергии также дает возможность уточнить вопрос, касающийся роли М. В. Ломоносова и других выдающихся ученых в открытии этого закона.

В ряде учебников физики для средней школы 2) и в некоторых других работах 3) нет ясности в этом вопросе.

1) См. Э. Мах. Принцип сохранения работы. История и корень его. Перевод Котляра, 1909.

2) А. В. Перишкин, Г. И. Фалеев, В. В. Крауклис, Физика, ч. II, Учпедгиз, 1955, стр. 61; И. И. Соколов, Курс физики, ч. II, Учпедгиз, 1952, стр. 56.

3) Б. Степанов. История великого закона, изд. «Молодая гвардия», 1952, стр. 72 и последующие; Словарь иностранных слов, М., 1949, стр. 763.

Настоящая статья представляет собою попытку дать анализ научных и технических предпосылок открытия закона сохранения и превращения энергии и в связи с этим уточнить некоторые вопросы относительно этого закона, затронутые в нашей учебной и популярной литературе.

Открытие закона сохранения и превращения энергии было подготовлено всем ходом развития общественной практики, промышленности, техники и достижениями науки о природе.

Представления о неумножимости движения своими истоками уходят в глубокую древность.

Еще доисторический человек получал огонь и тепло посредством трения. Уже здесь первобытные люди стихийно пользовались следствиями закона сохранения движения, превращения механического движения в теплоту. Но только много времени спустя человек смог обобщить известные ему факты добывания огня посредством трения и выразить их в форме вполне сознательного суждения: трение есть источник теплоты.

Для древних философов-материалистов, признававших неумножимость и несотворимость материи, естественным было признание неумножимости и несотворимости неразрывно связанного с материей движения. Однако этот взгляд еще носил наивный характер; он не опирался на эксперимент, не доказывался в подробностях.

В дальнейшем, после эпохи средневековья, под влиянием запросов развивающегося производства наступает бурный расцвет естествознания. Среди естественных наук на первое место выдвигается механика, получившая развитие в трудах Галилея, Декарта, Ньютона и др. выдающихся ученых того времени. Развитие учения о сохранении движения тесно связано с развитием механики.

Идеи о сохранении движения были высказаны в замечательной работе Галилея «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению» (1638 г.).

Галилей показал, что тело способно подняться на ту же самую высоту, с которой оно упало за счет приобретенной им при падении скорости. Он пишет, что если при падении тела по любой наклонной плоскости наступает и подъем, то вследствие приобретенного телом импульса оно поднимается до той же степени возвышения или высоты над горизонтом, с которой оно начало падение. 1)

В решении задачи о колебании маятника Галилей формулирует ту же мысль о сохранении движения: «...каждый момент, развивающийся при падении тела по дуге, равен моменту, могущему поднять (тело) по той же дуге». 2) В обоих указанных случаях, по Галилею, импульс, появляющийся в результате падения тела с некоторой вы-

1) Галилео Галилей. Соч., т. 1, 1934, стр. 377.

2) Галилео Галилей. Соч., т. 1, 1934, стр. 309.

соты, способен поднять это же тело на ту же высоту. Огромной заслугой Галилея явилось то, что он опроверг ошибочное аристотелевское учение о движении, которое господствовало в течение многих веков. Исходя из опытных данных, Галилей, в противоположность Аристотелю, установил важнейшее, отправное положение новой механики, гласившее, что движение тел под действием постоянных сил происходит не с постоянной скоростью, как полагал Аристотель, а равномерно-ускоренно. Наряду с этим Галилей показал, что движение, будучи сообщенным какому-либо телу, не может само собою уничтожаться или исчезать, а сохраняется в виде прямолинейного равномерного движения до тех пор, пока действие внешней силы или препятствия не отнимут его от движущегося тела. Это положение известно под названием закона инерции и имеет в механике важнейшее значение.

В 1644 г. Декарт в «Началах философии» дает формулировку закона сохранения движения. Сущность этой формулировки состоит в том, что если одно тело сталкивается с другим, то оно может сообщить этому другому телу столько движения, сколько само одновременно потеряет, и отнять от него лишь столько, насколько оно увеличит свое собственное движение. Декарт предложил меру движения, пропорциональную величине массы тела и его скорости. Декартова мера движения—количество движения (произведение массы движущегося тела на его скорость) — была лишь мерой перенесенного, т. е. продолжавшегося движения и не могла характеризовать превращение механического движения в другие формы движения. Кроме того, Декарт ошибочно считал, что количество движения является скалярной, а не векторной величиной. Отсюда произошли ошибки и в его теории удара. Ограниченность декартовой формулировки закона сохранения движения и меры движения не умаляет роли Декарта как предшественника великого открытия закона сохранения и превращения энергии. Оценивая заслуги и недостатки Декарта в этом вопросе, Энгельс писал: «Неумножимость движения выражена в положении **Декарта**, что во вселенной сохраняется всегда одно и то количество движения. Естествоиспытатели, говоря о «неумножимости силы», выражают эту мысль несовершенным образом. Чисто количественное выражение Декарта тоже недостаточно: движение как таковое, как существенное проявление, как форма существования материи, неумножимо, как и сама материя,—эта формулировка включает в себя количественную сторону дела. Значит и здесь естествоиспытатель через двести лет подтвердил философа». 1)

В дальнейшем развитие идеи сохранения движения мы находим в работах Гюйгенса. Для Гюйгенса, развившего в 1673 г. теорию физического маятника, исходя из того положения, что маятник при движении вверх не может поднять свой центр тяжести выше исходного

1) Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1952, стр. 195.

положения, было само собою разумеющимся признание невозможности *перпетуум мобиле*. Для случая упругого удара, а также других случаев движения соединенных в одну систему тел Гюйгенс нашел, что сумма произведений масс на квадраты скоростей остается неизменной до удара и после него. Таким образом, Гюйгенс формулировал уже принцип «живой силы». Само же название «живая сила» для величины, выражаемой произведением массы движущегося тела на квадрат его скорости, было введено Лейбницем в 1696 г. (множитель 0,5 впервые появляется в 1829 г. у Кориолиса). Если, согласно Декарту, сохраняется количество движения, то, согласно Лейбницу, сохраняется «живая сила», которую он вывел непосредственно из закона падения. Так как декартова мера движения во многих случаях оказывается правильной, то Лейбниц движущие силы разделил на «мертвые» и «живые». К первым он относил, например, «давления» и за меру их считал произведение массы на скорость, за меру «живой силы» он считал произведение массы движущегося тела на квадрат скорости.

Спор о двух мерах движения, возникший между сторонниками Декарта и Лейбницем, долгое время после их смерти не был тогда разрешен, так как он велся в рамках механицизма. Решение вопроса о двух мерах движения было дано с позиции диалектического материализма Энгельсом.

Говоря о подготовке открытия закона сохранения и превращения энергии, необходимо упомянуть работы физиков Иоганна и Даниила Бернулли. Иоганн Бернулли исходил из того, что движение в природе не может ни исчезать, ни возникать из ничего. Он подчеркивал, что если «живая сила» исчезает, то способность производить работу вовсе не теряется, но превращается в другую форму. Даниил Бернулли, работавший с 1725 по 1733 г. в Петербургской Академии наук, вывел уравнение гидродинамики, устанавливающее связь между скоростью и давлением в потоке жидкости. Это уравнение известно под названием уравнения Бернулли. Оно выражает постоянство кинетической и потенциальной энергии в консервативной системе. А это и есть, говоря современным языком, закон сохранения энергии для случая несжимаемой жидкости.

В рассматриваемый период подготовки открытия закона сохранения и превращения энергии, когда возникает и развивается экспериментальное естествознание, складывается метафизический метод мышления, противоположный наивно-диалектическому методу мышления древних греков. Познание направлено на изучение частных, например, отдельных форм движения материи, которые вырываются из их общей связи и рассматриваются изолированно друг от друга. На этом этапе познания движение рассматривалось оторванным от материи. Считалось, что движение якобы не внутренне присуще самой материи, а сообщается ей извне. Материя представлялась лишенной всякой активности, самодвижения. Движение

рассматривалось как чисто механическое. Такой взгляд на движение и его отношение к материи был характерен для Ньютона и его последователей.

Своими знаменитыми «Математическими началами натуральной философии» Ньютон заложил прочный фундамент наиболее развитой ветви тогдашней физики—классической механики. Энгельс отмечал заслугу Ньютона, когда говорил, что Ньютон открытые Кеплером законы движения планет сформулировал под углом зрения общих законов движения материи.

Законы механики Ньютона фактически содержат закон сохранения энергии в области механических процессов. Но сам Ньютон не обращал на это обстоятельство должного внимания. Он стоял на той точке зрения, что движение не сохраняется, а теряется вследствие трения или несовершенной упругости. Само понятие силы в духе Ньютона допускало такое истолкование, согласно которому движение могло порождаться и исчезать. Силы рассматривались по их действиям, без вскрытия физического содержания. Эти силы, будучи оторванными от материи, превращались в самостоятельные сущности, не связанные друг с другом. Вся природа оказалась расчлененной на отдельные области: в каждой такой области действовала своя неизменная сила. Каждая форма движения материи была превращена в XVIII в. в особое вещество или невесомые жидкости (флюиды)—теплород, электрические и магнитные жидкости и т. д.

В середине XVIII в. метафизический метод познания природы под напором новых успехов науки дает первые трещины, хотя и продолжает господствовать в естествознании. Развитие в этот период материалистических воззрений на материю и движение, постепенно освобождающихся от узких метафизических и механистических рамок, тесно связано с именем М. В. Ломоносова. Своими теоретическими и экспериментальными исследованиями Ломоносов нанес чувствительный удар по метафизическому взгляду на соотношение материи и движения. Он теоретически обосновал положение о сохранении движения в неразрывной связи с положением о сохранении материи. Впервые в истории науки Ломоносов сформулировал единый, универсальный закон сохранения материи и движения в своем письме к академику Леонарду Эйлеру от 5-го июля 1748 года. Почти дословно формулировку этого закона Ломоносов воспроизводит в своей работе «Рассуждение о твердости и жидкости тел» (1760 г.): «Все перемены,—пишет Ломоносов,—в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому, так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее

своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает». 1)

Формулируя основные законы природы — закон сохранения материи и закон сохранения движения — вместе, в виде «всеобщего естественного закона», Ломоносов тем самым гениально предугадывал их глубокую внутреннюю связь. Ломоносов не ограничился общей формулировкой закона сохранения материи и движения. Он применил этот закон к исследованию разнообразных физических и химических процессов. Так, при разработке теории теплоты Ломоносов исходил из положения, что движение не уничтожается и не творится из ничего и пришел к выводу, что сущность тепла заключается в движении частиц материи.

Исходя из своих представлений об атомистическом строении вещества, Ломоносов пришел к заключению, что при физических и химических превращениях количество вещества не может изменяться. Для проверки этого положения он произвел опыты с обжиганием металла в закрытом сосуде (1756 г.). Этими опытами Ломоносов обосновал один из самых основных естественно-научных законов — закон сохранения массы вещества, открытие которого было одним из важнейших достижений науки XVIII в. Спустя почти 20 лет французский ученый Лавуазье повторил опыт Ломоносова и пришел к тем же результатам.

Ломоносов искал конкретную количественную формулировку и для закона сохранения движения, который он называет «всеобщим законом». По свидетельству ученика Эйлера Румовского известно, что Ломоносов для решения вопроса о мере движения проделал опыт с маленьким колесом, помещенным в канал с водой. Но нельзя думать, что Ломоносов в середине XVIII в. мог решить полностью вопрос о мере движения и открыть механический эквивалент теплоты. Тогда еще не созрели для такого открытия материально-технические предпосылки. Закон сохранения и превращения энергии мог быть открыт только с установлением взаимной превращаемости различных видов энергии на основе открытия механического эквивалента теплоты, когда было доказано, что любая форма энергии может превращаться в любую другую форму энергии в строго постоянном количественном соотношении. Значение открытого М. В. Ломоносовым всеобщего начала сохранения всех коренных свойств материи не сводится только к открытию законов сохранения массы вещества и движения. «Всеобщий естественный закон» Ломоносова охватывает всю объективную реальность со всеми ее свойствами и проявлениями. Как отмечал С. И. Вавилов, «Ломоносов на века вперед как бы взял в общие скобки все виды сохранения свойств материи. Глубочайшее содержание великого начала природы, усмот-

1) М. В. Ломоносов. Избранные философские произведения, 1950. стр. 341

ренного Ломоносовым, раскрывалось постепенно и продолжает раскрываться в прогрессивном историческом процессе развития науки о природе». 1)

Важнейшими этапами в раскрытии смысла общего начала сохранения материи и движения, сформулированного М. В. Ломоносовым, являются следующие: а) открытие Ломоносовым в 1756 г. закона сохранения массы вещества, который через 20 лет был подтвержден Лавуазье; б) открытие в 40-х годах XIX века закона превращения и сохранения энергии (Р. Майер, Джоуль, Гров, Ленц, Гельмгольц и др.) на основе установления механического эквивалента теплоты (С. Карно, Гирн, Кольдинг, Р. Майер, Джоуль) и теплота эквивалента работы (Джоуль, Ленц); в) открытие в конце XIX — начале XX вв. закона взаимосвязи массы и энергии, вытекавшего из опытов П. Н. Лебедева (1899 г.) для случая световых явлений и обогаченного в 1905 г. Эйнштейном для любого случая.

К этим же законам тесно примыкает имеющий весьма важное значение в современной физике закон сохранения электрического заряда.

Провозглашенное Ломоносовым всеобщее начало сохранения коренных свойств материи, как объективной реальности, по своему научному и методологическому значению далеко выходит за рамки значения того или иного отдельного закона сохранения (в частности закона сохранения и превращения энергии), выражающего сохранение определенного свойства материи. «Всеобщий естественный закон» Ломоносова включает в себя все, так сказать, «частные» законы сохранения, как открытые, так и не открытые наукой.

Однако, когда мы говорим об открытии того или иного «частного» закона сохранения, то имеем в виду прежде всего его конкретное выражение.

Что касается наиболее общей и в то же время конкретной формулировки закона сохранения и превращения энергии (установление суждения всеобщности), то таковая стала возможной лишь в 40-х годах XIX века после открытия механического эквивалента теплоты (установление суждения особенности), а не в середине XVIII века, как это утверждают авторы некоторых учебников по физике.

Анализируя естественно-научные предпосылки возникновения диалектического материализма, Энгельс относил к числу этих предпосылок и открытие закона сохранения и превращения энергии, происшедшее в 40-х годах XIX в. Эту мысль Энгельса подчеркивает А. А. Жданов в своем выступлении на философской дискуссии в 1947 году: «...диалектический метод, — говорил он, — был подготов-

1) С. И. Вавилов. Закон Ломоносова. Газета «Правда» от 5 января 1949 года.

лен открытием клеточного строения организма, учением о сохранении и превращении энергии, учением Дарвина. Все эти открытия относятся к XIX столетию». 1)

Труды Ломоносова явились важным вкладом в подготовку открытия закона сохранения и превращения энергии в его конкретной и в то же время наиболее общей формулировке.

Решающее значение в подготовке открытия закона сохранения и превращения энергии сыграли научные и технические предпосылки конца XVIII и первой половины XIX вв. В неразрывной связи и на основе запросов производства, техники возникают *новые задачи и в области познания процессов природы.*

Уже во второй половине XVIII в. развитие производства поставило перед естествознанием задачу разработки вопросов химической технологии и теплотехники. Практика горнорудной и металлургической промышленности выдвинула перед наукой прежде всего задачу исследования процесса горения, обжига руд для восстановления свободного металла, а также—изучения тепловых явлений, обобщения и объяснения тепловых процессов в паровой машине. Паровая машина уже в первой трети XIX в. нашла широкое промышленное применение. 1807 год отмечен пуском первого парохода, 1825 г.—сооружением первой железной дороги.

Успешное и широкое внедрение в промышленность паровой машины выдвинуло перед физикой вопрос о повышении ее коэффициента полезного действия. Для решения этой задачи нужно было исследовать процесс и условия превращения тепловой формы движения в механическую, необходимо было открыть общий закон взаимного превращения различных форм движения. Таковы запросы, предъявлявшиеся практикой к той области физики, которая занимается исследованием тепловых процессов. Таким образом, успехи паровой техники явились важным стимулом в подготовке открытия закона сохранения и превращения энергии.

Как же наука удовлетворяла запросы практики? Какие основные открытия были сделаны в физике и химии в конце XVIII—первой половине XIX вв., способствовавшие доказательству единства различных форм движения материи и взаимных переходов между ними?

Господствовавшая в естествознании XVIII века метафизическая теория «невесомых» материй (теплорода, электрических и магнитных жидкостей, флогистона) оказалась несостоятельной перед лицом новых фактов, открываемых наукой. В конце XVIII—начале XIX вв. ряд опытов по наблюдению образования теплоты при трении приводит отдельных физиков к выводу, что количество теплоты

при трении тел не является постоянным, а может получаться в неограниченном количестве, и что, следовательно, теплота не является веществом.

Развитие металлообрабатывающей промышленности привело к применению сравнительно мощных сверлильных станков, в частности, для сверления пушечных стволов. Значительное нагревание при сверлении различных изделий также вызвало потребность в изучении тепловых явлений.

В 1798 г. Бенжамен Томпсон (Румфорд) опубликовал результаты своих опытов по сверлению пушечных стволов. Румфорд показал несостоятельность вещественной теории теплоты, согласно которой теплота, выделяющаяся при трении, должна быть либо подведена извне, либо же трущиеся тела уменьшают свою теплоемкость в такой мере, что то же самое количество теплоты сообщает телам большую температуру. Опыты Румфорда заключались в следующем: тупое сверло станка, приводимое в движение парой лошадей, прижималось ко дну ствола пушки, вследствие чего выделялось такое большое количество теплоты, что она нагревала до кипения значительную массу воды, причем, разумеется, теплоемкость металла оставалась постоянной. При продолжении опыта количество выделявшейся при сверлении пушечного ствола теплоты могло быть увеличено за счет механического движения. Хотя Румфорд и не довел дела до численного сравнения затраченной работы и произведенного количества теплоты, но его опыты давали возможность сделать вывод, что теплота представляет собою не особую «невесомую» материю (теплород), а определенную форму движения.

В 1800 г. английский ученый Дэви, а затем русский ученый В. В. Петров продолжили и развили опыты Румфорда. Наиболее убедительными были опыты Дэви над трением двух изолированных от внешних влияний кусков льда, которые трением доводились до таяния. Причем было обнаружено, что вода, образующаяся при трении кусков льда друг о друга, имеет температуру более высокую по сравнению с температурой окружающего воздуха.

В. В. Петров в «Новых электрических опытах» (1804 г.) описал опыты плавления льда путем трения при температуре 15 градусов Цельсия и получил аналогичный эффект, что и Дэви.

Из опытов Дэви и Петрова также следовал вывод, что теплота не есть «невесомое» вещество, а представляет собою особый вид движения, что теория теплорода несовместима с результатами опытов. На основании как своих, так и других аналогичных опытов Дэви в 1812 г. высказал мысль о кинетической природе теплоты, которая была развита еще в XVIII веке М. В. Ломоносовым.

Важную роль в доказательстве единства форм движения материи и их взаимной превращаемости сыграло исследование процессов

1) А. А. Жданов. Выступление на дискуссии по книге Г. Ф. Александрова «История западноевропейской философии» 24 июня 1947 г., Госполитиздат, 1951 г., стр. 30.

превращения химической энергии в тепловую и тепловой энергии в механическую, происходящих в тепловых двигателях.

В 1834 г. С. Карно в своей работе «Размышление о движущей силе огня...» на основе анализа термодинамических процессов, происходящих в тепловом двигателе, дает формулировку второго закона термодинамики, хотя еще придерживается теории теплорода. Но объективно результаты исследования Карно доказывали несостоятельность вещественной теории теплоты. Энгельс в «Диалектике природы» отмечал заслуги Карно в подготовке научной теории теплоты и подчеркнул, что С. Карно своими исследованиями расчистил путь «для правильной теории, которой оставалось только перевернуть открытые ее предшественницей законы и перевести их на свой собственный язык». 1) Паровая машина явилась наиболее убедительным доказательством того, что из теплоты можно получить механическое движение. «Практика, — пишет Энгельс, — по-своему решила вопрос об отношениях между механическим движением и теплотой: она сперва превратила первое во вторую, а затем вторую в первое». 2)

Занявшись исследованием тепловых процессов в паровой машине, исследованием превращения теплоты в механическое движение, Сади Карно добился в этом отношении значительных результатов. Но полностью разобраться в этом вопросе ему помешала антинаучная теория теплорода. По образному выражению Энгельса, С. Карно «...носом наткнулся на механический эквивалент теплоты ..., которого он не мог открыть и увидеть лишь потому, что верил в теплород. Это является также доказательством вреда ложных теорий». 3) Следует уточнить один вопрос, касающийся отношения С. Карно к вещественной теории теплоты и вычисления им механического эквивалента теплоты. Из оставленной С. Карно рукописи, которая после его смерти была передана Французской академии наук, следует, что С. Карно через некоторое время после издания своего главного труда «Размышления о движущей силе огня» (1824 г.) пришел к отрицанию вещественной теории теплоты и признал теплоту движением. В этой рукописи Карно сказано, что всюду, где работа исчезает, имеет место возникновение теплоты в пропорциональных количествах, и наоборот. 4) Из вычислений Карно, сделанных им в этой рукописи, можно сделать заключение о том, что механический эквивалент теплоты у него получался равным 370 килограммо-метрам, деленным на килокалорию. Это значит, что С. Карно сделал вычисление механического эквивалента теплоты по меньшей мере на 10 лет раньше Р. Майера (умер С. Карно в 1832 г.). В области теории

1) Ф. Энгельс. Диалектика природы. 1952, стр. 27.

2) Там же, стр. 81.

3) Там же, стр. 182.

4) М. Планк. Принцип сохранения энергии, 1938, стр. 26.

теплоты работы С. Карно явились важным этапом в деле решения задач, поставленных техникой перед физикой; эти работы были важным этапом в подготовке открытия единства и взаимных переходов различных форм энергии друг в друга, в подготовке открытия закона сохранения и превращения энергии.

Таким образом, успехи паровой техники и тесно связанное с ними исследование процессов и условий взаимного превращения механического движения и теплоты явились *одной из основных предпосылок* открытия закона сохранения и превращения энергии.

Другой основной предпосылкой открытия закона сохранения и превращения энергии явились такие успехи, достигнутые к 40-м годам XIX в. физикой и химией, как открытие взаимной превращаемости электричества и теплоты, электричества и магнетизма, а также установление связи и взаимных переходов между физическими и химическими процессами (между электричеством и химизмом, между теплотой и химизмом).

Развитие промышленности и прежде всего техники связи в XIX в. ставит перед физикой задачу изучения электродинамических явлений, законов электрического тока.

Физика шаг за шагом приближалась к решению этой задачи. Еще в 1791 г. Гальвани в своей работе «Трактат о силах электричества при мышечном движении» дал описание опытов над мышцами препарированной лягушки. Другой итальянский ученый, Вольта, правильно истолковав опыты Гальвани, пришел к выводу, что электрические токи в этих опытах возникали вследствие соприкосновения двух разнородных металлов (медь—железо) с проводниками второго класса (с животными тканями). Исследования Гальвани—Вольты способствовали открытию гальванического тока, оказавшему значительное влияние на развитие естествознания и техники. 1799 г. отмечен изобретением Вольтой так называемого вольтова столба, явившегося первым источником длительного постоянного тока; 1802 г.—созданием русским академиком Петровым самой мощной электрической батареи того времени, состоявшей из 4.200 медных и цинковых кружков.

Следующим шагом в развитии учения об электричестве в рассматриваемый период явилось открытие Эрстедом (1820 г.) влияния электрического тока на магнитную стрелку, что дало возможность установить связь между электричеством и магнетизмом и в будущем использовать это открытие для технических применений *электромагнетизма*.

В первой трети XIX в. открываются первые законы электрического тока. В 20-х г. XIX в. Ампер открывает закон взаимодействия электрических токов: два одинаково направленных тока притягиваются, два противоположных отталкиваются с силами, пропорциональными произведению сил токов. Ампер сделал попытку создать общую теорию электромагнитных явлений. Немаловажное значение

в исследовании связи между электричеством и магнетизмом имели работы французского ученого Араго; в частности, ему принадлежит осуществление первого электромагнита, который впоследствии нашёл широкое техническое применение.

Открытие электромагнетизма имело важное методологическое значение, так как оно нанесло удар по представлениям о совершенно особых магнитных и электрических жидкостях и впоследствии дало возможность поставить электричество в разряд форм движения, а также подготовило почву для установления единства и взаимной связи всех физических и химических явлений.

Стимулом в развитии учения об электричестве, о связи электричества и магнетизма, электричества и теплоты, электричества и химизма, химизма и теплоты явились потребности развивающегося производства, техники. В повестке дня стояли такие проблемы, как развитие хорошей связи, производство мощных источников света, выгодной и удобной моторной силы и др. Начинается развитие электротехники, опирающееся на непосредственное использование всех достижений физики и, в свою очередь, оказывающее решающее влияние на развитие физики.

Ряд важных открытий в области электротехники принадлежит русским ученым. Знаменитый русский физик и электротехник В. В. Петров закладывает основы техники электрического освещения открытием явления электрической дуги (1802 г.), которая впоследствии была применена русскими электротехниками П. Н. Яблочковым для уличного освещения и Н. Г. Славяновым — для электросварки. В. В. Петровым также впервые было открыто химическое действие тока (явление электролиза). Это открытие явилось первой попыткой в установлении связи между химическими и электрическими явлениями.

Огромным вкладом в подготовку открытия единства и взаимного превращения различных «сил» природы (форм энергии) явились работы английского физика М. Фарадея, который в 30-х годах XIX в. опытным путем открыл взаимное превращение электричества и магнетизма (явление электромагнитной индукции, 1831 г.). Фарадей доказал, что электродвижущая сила индукции пропорциональна скорости изменения потока индукции со временем. Можно показать, что эта зависимость вытекает из закона сохранения и превращения энергии, для подготовки открытия которого так много сделал своими работами Фарадей.

Из закона электромагнитной индукции следует, что всякое изменение электрического состояния среды порождает магнитное состояние и, наоборот, всякое изменение магнитного состояния среды порождает электрическое состояние. Эти выводы привели Фарадея к открытию явления самоиндукции. Исходя из своего основного представления о «силах» природы как различных формах движения материи, взаимно превращающихся друг в друга, Фара-

дей в 1846 г. открыл магнитное вращение плоскости поляризации, установив связь между светом и электромагнитными явлениями. Фарадею принадлежит заслуга открытия экспериментальным путем законов электрической проводимости (законов электролиза, 1836 г.), отражающих прямую связь между электрическими и химическими явлениями.

В своих воззрениях Фарадей был последовательным материалистом. Характерно, что Фарадей, возражая против контактной теории электричества, считал невозможным сотворение «силы». Согласно Фарадею, форма «силы» может претерпевать такие изменения, что происходит явное превращение ее в другую форму; химическая сила может превращаться в электрический ток и наоборот. Опыты Зеебека и Пельтье он рассматривал как доказательство взаимной превращаемости теплоты и электричества. Для Фарадея ясна взаимная превращаемость электричества и магнетизма.

«Но ни в одном случае ... — подчеркивает Фарадей, — нет чистого сотворения силы; нет производства силы без соответствующего израсходования чего-либо, что питает ее». 1)

Фактически здесь Фарадей дает своеобразную формулировку закона сохранения и превращения энергии (в терминологии Фарадея «силы»). Эти высказывания Фарадея относятся к 1839 г. Хотя Фарадей и не установил количественных соотношений при превращении одних видов «сил» в другие, но он ясно видел необходимость этого. Так, в работе «О магнетизации света и освещении магнитных силовых линий» (1845 г.) Фарадей писал: «Я давно придерживался мнения, ставшего почти убеждением ..., что различные формы, в которых обнаруживаются силы материи, имеют общее происхождение или, другими словами, так непосредственно связаны и взаимно зависимы, что превращаются друг в друга и в своих действиях обладают эквивалентами силы». 2) Необходимо также отметить, что Фарадей доказал, что «животное электричество» есть такое же электричество, как и статическое («обыкновенное»), гальваническое (или «вольтаическое»), термоэлектричество и «магнетическое» (т. е. индукционное) электричество.

Тождество всех видов электричества независимо от источника его получения, взаимная обратимость механической и электрической энергии, химической и электрической энергии, связь световых и магнитных явлений — все эти вопросы нашли отражение в открытиях Фарадея. Своими открытиями Фарадей в значительной степени содействовал открытию и окончательной формулировке закона сохранения и превращения энергии.

1) М. Фарадей. Экспериментальные исследования по электричеству, т. II, изд. АН СССР, 1951 г., стр. 150.

2) М. Фарадей. Избранные работы по электричеству, 1939, стр. 223—224.

Энгельс высоко ценил открытия Фарадея. Он называл Фарадея величайшим исследователем в области электричества.

Большой вклад в подготовку открытия закона сохранения и превращения энергии в первой половине XIX века внесли выдающиеся отечественные ученые Э. Х. Ленц, Б. С. Якоби и Г. И. Гесс.

В 1833 г. профессор Петербургского университета Э. Х. Ленц в своей классической работе «Об определении направления гальванических токов, возбуждаемых электромагнитной индукцией» в результате обобщения опытов по исследованию индукционных токов открыл закон «о соответствии электромагнитных и магнитоэлектрических явлений», который известен в физике под названием «правило Ленца». Смысл этого правила заключается в том, что в металлическом проводнике, перемещающемся в магнитном поле, возникает индукционный ток, направление которого таково, что покоящийся проводник пришел бы от него в движение, прямо противоположное действительному перемещению. Этим самым раскрывается взаимосвязь между механическим движением проводника в магнитном поле и направлением индукционного тока в проводнике. Правило Ленца явилось прекрасным подтверждением взаимного превращения электрической энергии в механическую. Своими работами по электричеству Ленц не только подтвердил известное открытие Фарадея, о котором шла речь выше, но и указал его энергетическую основу.

В 1844 году Ленц независимо от английского физика Джоуля открыл закон теплового действия тока, известный под названием закона Джоуля—Ленца. Этот закон выражает связь между электричеством и теплотой, точнее—превращение электрической энергии в теплоту и дает эквивалент этого превращения.

Выдающийся русский физик и инженер Б. С. Якоби в 1834 г. в своей работе «Об использовании естественных сил природы для нужд человека» сделал интересные высказывания о взаимном переходе теплоты и механической работы. Для Б. С. Якоби несомненно невозможно не только механического, но и теплового *перпетуум мобиле*, т. е. такой машины, которая могла бы работать, не требуя затраты энергии. Это видно из хода мыслей Б. С. Якоби об эквивалентности затраченной теплоты и созданной за ее счет механической работы. Согласно Якоби, теплота «производит работу, равную той, которую производят другие механические приспособления». «Нам, — пишет далее Якоби, — остается только определить величину чисто механической работы, которая в зависимости от обстоятельств уменьшается из-за непроизводительной работы нередко более чем на половину... 1 фут водяного пара при 80 градусах производит работу, эквивалентную подъему около 70.000 фунтов на высоту 1 фута».

Из приведенных высказываний Б. С. Якоби следует, что теплота является одним из важных источников работы, что превращение

тепловой энергии в механическую работу происходит в строго определенном количественном соотношении; эквивалент этого превращения зависит от коэффициента полезного действия и может быть вычислен из технических данных, характеризующих работу паровой машины. Б. С. Якоби фактически формулирует закон сохранения и превращения энергии в области тепловых явлений, подчеркивая значение теплового эквивалента работы. Все это дает право отнести Б. С. Якоби к числу выдающихся предшественников открытия закона сохранения и превращения энергии.

В 1840 г. русский ученый Г. И. Гесс открыл постоянство сумм тепла при химических реакциях, иначе говоря, открыл закон сохранения и превращения энергии в применении к химическим реакциям. Из этого закона следовало, что в химических реакциях имеет место превращение так называемых химических «сил» в теплоту. Закон Гесса играет важнейшую роль в развитии термохимии.

Мы видим, что русские ученые были в рядах передовых деятелей, подготовлявших открытие закона сохранения и превращения энергии в его общей форме.

Таким образом, успехи в области физики и химии, вызванные запросами развивающейся техники, привели к 40-м годам XIX в. к обнаружению и исследованию связей и взаимных переходов между различными «силами» неорганической природы. Эрстед, Араго, Ампер, Фарадей, Ленц и другие ученые открыли и исследовали связи между электричеством и магнетизмом; Фарадей — между магнетизмом и световыми явлениями; Ленц и Джоуль—между электричеством и теплотой; Зеебек, Ленц, Пельтье—между теплотой и электричеством; Гесс—между химическими и тепловыми явлениями; Петров, Вольта, Фарадей, Якоби и другие — между электричеством и химизмом. Эти успехи физики и химии явились *второй основной предпосылкой*, подготовившей открытие и формулировку закона сохранения и превращения энергии в его общей форме.

Говоря о предпосылках, способствовавших открытию закона сохранения и превращения энергии, необходимо указать на успехи в области физиологии, которые дали возможность отказаться от так называемой «жизненной силы». Благодаря этому физиологические процессы стали рассматриваться как материальные процессы. Не случайно, что Майер и Гельмгольц были физиологами и боролись против витализма. Характерно, что одним из толчков к исследованиям Майера явились его физиологические наблюдения над изменением цвета венозной крови в южных широтах по сравнению с ее цветом в умеренных широтах. Однако эти физиологические изменения можно было объяснить на основе познания физических и химических процессов.

Таким образом, к 40-м годам XIX века были созданы все необходимые предпосылки для открытия закона сохранения и превращения энергии в его общей форме.

Открытие этого закона было совершено почти одновременно несколькими учеными в разных странах (Р. Майером и Гельмгольцем—в Германии, Джоулем и Грове—в Англии, Г. И. Гессом, Э. Х. Ленцем — в России). Однако и по времени, и по важности исследований, и по обобщению этих исследований первое место среди естествоиспытателей бесспорно принадлежит Р. Майеру.

В 1841—1843 гг. Р. Майер и независимо от него Кольдинг и Джоуль открыли механический эквивалент теплоты. Огромное значение этого открытия состояло в том, что экспериментально была доказана превращаемость формы движения (механического движения в теплоту) в постоянном эквивалентном соотношении. Этим самым было установлено *суждение особенности*: особое, механическое движение посредством трения превращается в теплоту.

В 1845 г. в своей работе «Органическое движение в его связи с обменом веществ» Майер доказал, что каждая форма движения при определенных условиях способна и вынуждена превращаться в любую другую форму движения в определенных количественных соотношениях (установление суждения особенности). «Дойдя до этой формы, — пишет Энгельс, — закон достиг своего последнего выражения... он есть абсолютный закон природы». 1)

Проследивая историю подготовки открытия и само открытие закона сохранения и превращения энергии, анализируя научные и технические предпосылки этого открытия, вслед за Энгельсом подчеркнем, что история подготовки и открытия этого закона есть закономерный процесс развития научного познания от суждения *единичности* через установление суждения *особенности* к установлению суждения *всеобщности*. Рассматриваемый закон в *его конкретной формулировке* мог быть открыт только в 40-х годах XIX века, когда для этого созрели необходимые научные и технические предпосылки.

Проведенный анализ научных и технических предпосылок открытия закона сохранения и превращения энергии показывает несостоятельность утверждений Э. Маха, что якобы этот закон был открыт вместе с открытием принципа невозможности вечного двигателя, задолго до 40-х годов XIX века. Этот анализ дает возможность правильно оценить огромный вклад М. В. Ломоносова и других выдающихся отечественных ученых в подготовку открытия закона сохранения и превращения энергии.

В ряде учебников и учебных пособий по физике для вузов и средних школ закон сохранения и превращения энергии формулируется только как закон сохранения энергии, 2) что является узкой,

1) Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1952, стр. 178—179.

2) К. А. Путилов. Курс физики, т. 1. 1952; С. А. Арцыбышев. Курс физики, ч. 1, 1951; А. В. Перышкин, Н. П. Третьяков. Физика, 1954; Н. П. Третьяков. Курс физики, 1952.

односторонней формулировкой этого закона, не отражающей его качественной стороны, выражающей неуничтожимость и несотворимость движения материи в качественном смысле, т. е. в том смысле, что движение материи никогда не теряет внутренне присущей ему способности превращаться при определенных условиях из одной формы в другую в постоянных эквивалентных соотношениях. Не следует забывать, что классики марксизма-ленинизма (Энгельс и Ленин) формулировали рассматриваемый закон не только как закон сохранения, но прежде всего как закон превращения энергии. Именно В. И. Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме» впервые назвал этот закон законом сохранения и превращения энергии.

В некоторых учебных пособиях по физике для учителей средней школы можно встретить ошибочное утверждение о том, что якобы Гельмгольц высказал закон сохранения и превращения энергии в наиболее общей форме (см. Н. П. Третьяков. Курс физики, Учпедгиз, 1952, стр. 378). Отдавая должное Гельмгольцу в обосновании им закона сохранения и превращения энергии, особенно в части разработки математической стороны этого закона, необходимо отметить, что Гельмгольц уделил внимание преимущественно количественной стороне закона сохранения и превращения энергии, усматривая его основное содержание в том, что сумма существующей в замкнутой системе потенциальной и кинетической энергии остается постоянной во времени. Способность энергии к превращениям из одной формы в другую сторонники Гельмгольца поняли как доказательство сводимости всех видов энергии к механической энергии (кинетической и потенциальной). Они отрицали специфику высших форм движения материи. Роль же Р. Майера в «Курсе физики» Н. П. Третьякова сводится лишь к открытию (наряду с Гирном, Джоулем) механического эквивалента теплоты. Между тем именно Майер из естествоиспытателей того времени дал наиболее последовательную трактовку закона сохранения и превращения энергии, подчеркнув его качественную сторону.

В связи с этим уместно здесь напомнить данную Энгельсом оценку работ Р. Майера и Гельмгольца, относящихся к закону сохранения и превращения энергии. Оценивая работу Гельмгольца «О сохранении силы», Энгельс писал: «...в этом сочинении не находится ровно ничего нового для уровня науки в 1847 г., за исключением... математического—впрочем, весьма ценного—доказательства, что «сохранение силы» и центральное действие сил, действующих между различными телами какой-нибудь системы, являются лишь двумя различными выражениями одной и той же вещи, и, далее, более точной формулировки закона, что сумма живых сил и сил напряжения в некоторой данной *механической* системе постоянна. Во всем остальном это сочинение Гельмгольца было уже превзойдено второй

работой Майера от 1845 г. 1) Уже в 1842 г. 2) Майер утверждал «неуничтожимость силы», а в 1845 г. он, исходя из своей новой точки зрения, сумел сообщить гораздо более гениальные вещи об «отношениях между различными процессами природы», чем Гельмгольц в 1847 г.» 3)

Почти во всех учебниках и учебных пособиях по физике для вузов и средних учебных заведений обходится молчанием очень важный в физическом, методологическом и антирелигиозном отношении вопрос о роли Энгельса, впервые вскрывшего научное содержание закона сохранения и превращения энергии и его философское значение. Между тем не кто иной, как Энгельс, обобщая развитие учения о превращении энергии, впервые в истории философии и естествознания выдвинул и обосновал диалектико-материалистическое положение о качественной неуничтожимости движения материи, обогатив тем самым материалистическое учение о сохранении движения. Это положение Энгельса имеет важнейшее значение не только для материалистической философии, но и для современной физики.

В учебной физической литературе если частично и упоминается об отношении Энгельса к закону сохранения и превращения энергии, то совершенно не подчеркивается, какое огромное значение придавал этому закону В. И. Ленин.

Устранение в последующих изданиях указанных учебников и учебных пособий по физике отмеченных недостатков, касающихся освещения вопросов, связанных с законом сохранения и превращения энергии, будет способствовать не только внесению ясности в эти вопросы, но и более успешной выработке у учащихся правильного, диалектико-материалистического мировоззрения.

1) 1845 г. — год появления работы Майера «Органическое движение в его связи с обменом веществ».

2) Энгельс имеет в виду год выхода в свет работы Майера «Замечания о силах неживой природы».

3) Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 52.