

щения «сил». Он даже определил впервые механический эквивалент теплоты. В тех же записках сказано:

«По некоторым представлениям, которые у меня сложились относительно теории тепла, создание единицы движущей силы требует затраты 2,70 единиц тепла»<sup>1)</sup>.

Если перевести эту величину в современные единицы, то значение механического эквивалента, как его определил Карно, равно примерно 370 кГм на 1 большую калорию.

Рассмотрим кратко историю исследований процессов превращения работы в теплоту. В конце XVIII в. американец Бенджамин Томпсон, получивший в Европе титул графа Румфорда, работая на пушечных заводах, обнаружил, что при сверлении пушечных стволов выделяется большое количество теплоты, особенно если сверло тупое. Он проделал опыт, заключающийся в рассверливании тупым сверлом круглого канала в металлической болванке, помещенной в воду. Вода при этом сильно нагревалась и даже закипала и превращалась в пар. Румфорд сделал вывод, что теория теплового вещества является неверной и что теплота есть движение. Однако результаты опытов Румфорда не поколебали веру большинства физиков в теплородную теорию. Они попытались объяснить полученные результаты изменением теплоемкости железа при его сверлении и превращении в стружку.

Дэви также показал, что при трении можно выделить значительное количество теплоты (простым трением он доводил два куска льда до таяния, расплавлял воск и т. д.). Дэви также считал, что эти опыты опровергают теорию теплорода и подтверждают гипотезу о том, что теплота есть движение. Однако и результаты его опытов не поколебали общего мнения о существовании теплового вещества.

Были и другие физики, которые уже не верили в существование теплорода и рассматривали теплоту как движение. Таких взглядов придерживались, как уже отмечалось, Юнг, Френель, Ампер и др. Однако они не занимались специально исследованием процесса взаимного превращения теплоты в работу и наоборот. Этим ученых было меньшинство и теплородная теория продолжала господствовать.

#### **§ 46. ОТКРЫТИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

Изучение процесса превращения теплоты в работу и обратно и установление механического эквивалента теплоты сыграли основную роль в открытии закона сохранения и превращения энергии. Однако это открытие было подготовлено всем ходом развития физики в первой половине XIX в. Все большее и большее место в физических исследованиях занимали исследования явлений, в которых имело место превращение различных форм движения друг в друга. Исследования химических, тепловых, световых действий электрического тока, изучение его пондермоторного действия,

<sup>1)</sup> Второе начало термодинамики, с. 63.

изучение процессов превращения теплоты в работу и т. д. — все это способствовало возникновению и развитию идеи о взаимопревращаемости «сил» природы друг в друга. Эта идея вызревала и начинала вступать в конфликт со взглядами, основанными на концепции «невесомых». Эту идею все чаще высказывают различные ученые и нужен был один шаг, чтобы эта идея оформилась в физический закон. Этот шаг был сделан многими учеными. Интересно отметить, что ряд из них не были специалистами физиками в момент открытия закона сохранения и превращения энергии. Основную роль в установлении закона сохранения и превращения энергии сыграли: немецкий врач Майер, немецкий ученый Гельмгольц (бывший в то время врачом и физиологом и лишь затем ставший физиком) и, наконец, англичанин Джоуль, занимавшийся физическими исследованиями.



Роберт Майер

Роберт Майер (1814—1878) занимался медициной и физиологией. В 1840 г. он обнаружил, что кровь, взятая из вены у людей, живущих в тропиках, имеет более яркий цвет, нежели у людей, живущих в Европе. Исследуя это явление, Майер решил, что причиной этого служит различие в разности температур человеческого тела и окружающей среды. Размышляя над этим вопросом, он и пришел в конце концов к общей идее о неразрушимости «сил природы» и о способности их превращаться друг в друга. Свои взгляды и выводы Майер впервые изложил в работе «О количественном и качественном определении сил». Здесь под словом «сила» Майер понимает то, что в дальнейшем стали называть энергией. Этот термин он сохраняет и в последующих своих работах. Силы, по Майеру, — причины, изменяющие взаимное отношение между веществами тел. Из законов логики и принципа причинности, по Майеру, следует, что силы — неуничтожимые объекты, но изменяющиеся по своим качествам. Наука, «изучающая вид бытия сил (физика), должна считать количество своих объектов неизменными и только качество их изменяющимся»<sup>1</sup>, — полагает Майер. Далее он пишет:

<sup>1</sup> Майер Р. Закон сохранения и превращения энергии. М.—Л., ГТТИ, 1933, с. 62.

«...движение, теплота и, как мы намерены показать в дальнейшем, электричество, представляют собой явления, которые измеряются друг другом и переходят друг в друга по определенным законам»<sup>1)</sup>.

Высказав эти общие положения, Майер, однако, при конкретном рассмотрении их сделал ряд ошибочных и путаных допущений. Так, например, за меру механического движения он принимал не кинетическую энергию, а количество движения. Указанную работу Майер предполагал напечатать в физическом журнале «*Annalen der Physik*». Однако редактор журнала Поггендорф отказался ее опубликовать. Статья носила общий полуфилософский характер и не содержала каких-либо конкретных экспериментальных или теоретических результатов.

В том же 1841 г. Майер написал новую работу по тому же вопросу и, учитывая свой неудачный опыт, послал ее в химико-фармацевтический журнал «*Annalen der Chemie und Pharmacie*», где она и была напечатана в 1842 г. под названием «Замечания о силах неживой природы». В этой статье, также в основном носящей общий характер, Майер уже более обстоятельно развил свои идеи и не допускал ошибочных положений, которые содержались в первой статье. Новым важным моментом было то, что, говоря о превращении механической энергии в теплоту, Майер впервые устанавливает существование механического эквивалента теплоты. Он писал:

«...Необходимо ответить на вопрос, как велико соответствующее определенному количеству силы падения или движения количества тепла. Например, мы должны были определить, как высоко должен быть поднят определенный груз над поверхностью земли, чтобы его сила падения была эквивалентна нагреванию равного ему по весу количества воды с 0 до 1°»<sup>2)</sup>.

Майер сообщает далее, что он проделал соответствующий расчет, используя известные уже тогда значения теплоемкости воздуха при постоянном давлении  $c_p$  и теплоемкости при постоянном объеме  $c_v$ , и нашел механический эквивалент теплоты, который, по его расчетам, оказался равным 365 кГм/ккал.

В 1845 г. Майер опубликовал книгу «Органическое движение в его связи с обменом веществ», где более подробно изложил учение о сохранении и превращении энергии («силы», по его терминологии). Более подробно основные положения Майера заключаются в следующем. В природе, полагал он, имеются два рода причин: одним присуще свойство весомости и непроницаемости — это материя, другая группа причин — это силы. Материя и силы неразрушимы. Это следует из принципа, что причина всегда равна действию, которое, в свою очередь, является причиной для последующего действия. Одновременно причины способны принимать различные формы. «Причины есть (количественно) неразрушимые и (качественно) способные к превращениям объекты». В связи с этим и силы — неразрушимые, способные к превращениям объекты. В природе су-

<sup>1)</sup> Майер Р. Закон сохранения и превращения энергии, с. 68—69.

<sup>2)</sup> Там же, с. 85—86.

существуют несколько качественно различных «сил». Во-первых, движение: «Движение есть сила». Эта сила измеряется величиной живой силы. При соударении упругих тел общая сумма «живых сил» остается постоянной. Другой силой является «сила падения». Под этой силой Майер подразумевает потенциальную энергию поднятого тела. Она измеряется произведением веса на высоту. При падении «сила падения» и «сила движения» взаимно превращаются друг в друга. Общая же их сумма остается постоянной. Тепло также является «силой». Она может быть превращена в механическое движение, и наоборот. Превращение механического эффекта (общее название, по Майеру, для кинетической и потенциальной энергии) в тепло и наоборот происходит всегда в строго эквивалентных количествах. В работе «Органическое движение и обмен веществ» Майер приводит более точное значение механического эквивалента теплоты (чем в статье 1842 г.), найденное опять-таки исходя из различия между теплоемкостью воздуха при постоянном объеме и постоянном давлении. По его расчетам, механический эквивалент равен 425 кГм/ккал.

Формой проявления физической силы является также электричество. В случае трения механическая энергия может превращаться в электричество. Майер приводит пример с электрофором, справедливо отмечая, что при удалении верхней пластинки приходится затрачивать механическую работу против электрической силы помимо работы против силы тяжести.

Кроме перечисленных сил существует еще «химическая сила». Этой силой, по Майеру, обладают химические вещества, способные соединяться, будучи разобщенными: химически раздельное существование, или химическая разность веществ, есть «сила». Майер рассматривает примеры взаимопревращаемости «сил»: механического движения в тепло и электричество, электричества — в тепло и «механический эффект», теплоты — в электричество и т. д. Майер понимал, что его теория не только является новой, но и противоречит существующим взглядам. Поэтому он специально высказывается против представления о невесомых. Он пишет:

«Выскажем великую истину: не существует никаких нематериальных материй. Мы прекрасно сознаем, что мы ведем борьбу с укоренившимися и канонизированными крупнейшими авторитетами гипотезами, что мы хотим вместе с *невесомыми* жидкостями изгнать из учения о природе все, что осталось от богов Греции; однако мы знаем также, что природа в ее простой истине является более великой и прекрасной, чем любое создание человеческих рук, чем все иллюзии сотворенного духа»<sup>1)</sup>.

Первые работы Майера не обратили на себя внимания физиков. Напечатаны они были не в физических журналах, в значительной степени носили общий характер, не говоря уже о том, что они находились в противоречии с господствующей теорией теплорода и вообще с представлениями о невесомых.

В 1843 г. независимо от Майера к открытию эквивалентности

<sup>1)</sup> Майер Р. Закон сохранения и превращения энергии, с. 130.



Джемс Прескотт Джоуль

теплоты и работы, а затем и к закону сохранения и превращения энергии пришел англичанин Джемс Прескотт Джоуль (1818—1889). Начиная с 1841 г. Джоуль занимался исследованием выделения теплоты электрическим током. В это время, в частности, он открыл закон, независимо от него установленный также Ленцем (закон Джоуля—Ленца). Исследуя затем общее количество теплоты, выделяемой во всей цепи, включая и гальванический элемент, за определенное время, он определил, что это количество теплоты равно теплоте химических реакций, протекающих в элементе за то же время. У него, Джоуля, складывается мнение, что источником теплоты, выделенной в цепи электрического тока,

являются химические процессы, проходящие в гальваническом элементе, а электрический ток как бы разносит эту теплоту по всей цепи. Он писал, что «электричество может рассматриваться как важный агент, который переносит, упорядочивает и изменяет химическое тепло»<sup>1)</sup>. Но источником электрического тока может служить также и «Электромагнитная машина». Как в этом случае нужно рассматривать теплоту, выделяемую электрическим током? Джоуль задается также вопросом: что будет, если в цепь с гальваническим элементом включить магнитоэлектрическую машину (т. е. электродвигатель), как повлияет это на количество теплоты, выделяемой током в цепи?

Продолжая исследования в этом направлении, Джоуль и пришел к новым важным результатам, которые изложил в работе «Тепловой эффект магнитоэлектричества и механическая ценность теплоты», опубликованной в 1843 г. Прежде всего Джоуль исследовал вопрос о количестве теплоты, выделяемой индукционным током. Для этого он поместил проволочную катушку с железным сердечником в трубку, которая была наполнена водой, и вращал ее в магнитном поле, образованном полюсами магнита (рис. 63). Измеряя величину индукционного тока гальванометром, соединенным с концами проволочной катушки при помощи ртутного коммутатора, и одновременно определяя количество теплоты, выделенной током в трубке, Джоуль пришел к заключению, что индукционный ток, как и гальванический, выделяет теплоту, количество которой пропорционально квадрату силы тока и сопротивлению.

<sup>1)</sup> G o u l e G. The scientific papers. Vol. 1, London, 1884, p. 120.

Затем Джоуль включил проволочную катушку, помещенную в трубку с водой, в гальваническую цепь. Вращая ее в противоположных направлениях, он измерял силу тока в цепи и выделенную при этом теплоту за определенный промежуток времени, так что катушка играла один раз роль электродвигателя, а другой раз — генератора электрического тока. Сравнивая затем количество выделенной

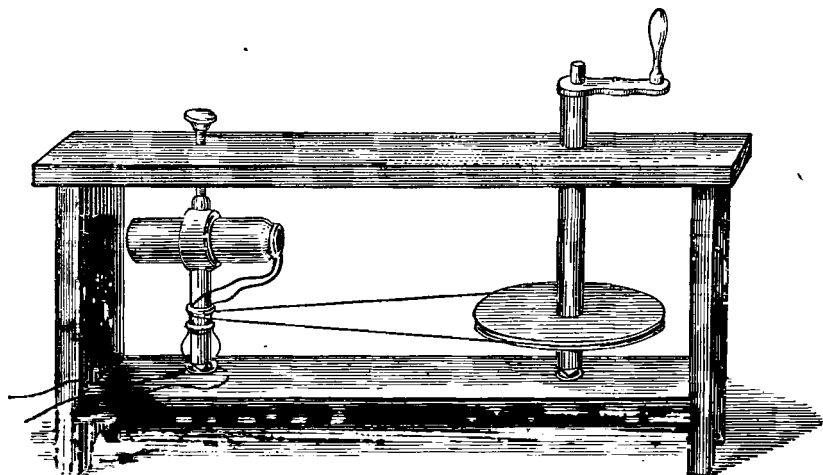


Рис. 63. Установка Джоуля (магнит на чертеже не указан)

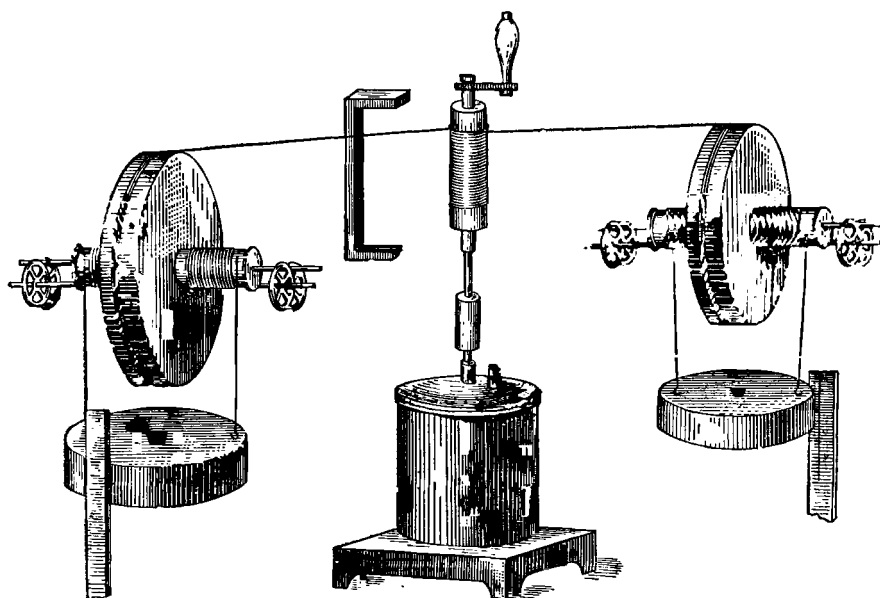


Рис. 64. Установка Джоуля для определения механического эквивалента теплоты

теплоты с теплотой химических реакций, протекающих в гальваническом элементе, Джоуль пришел к заключению, что «теплота, обусловленная химическим действием, подвержена увеличению или уменьшению» и что «мы имеем, следовательно, в магнитоэлектричестве агента, способного обычным механическим средством уничтожать или возбуждать теплоту»<sup>1)</sup>.

Наконец, Джоуль заставлял вращаться эту трубку в магнитном поле уже под действием падающих грузов. Измеряя количество теплоты, выделившееся в воде, и совершенную при опускании грузов работу, он подсчитал механический эквивалент теплоты, который оказался равным 460 кГм/ккал.

В том же году Джоуль сообщил об опыте, в котором механическая работа непосредственно превращалась в теплоту. Он измерил теплоту, выделяемую при продавливании воды через узкие трубки. При этом он получил, что механический эквивалент теплоты равен 423 кГм/ккал.

В дальнейшем Джоуль вновь возвращался к экспериментальному определению механического эквивалента теплоты. В 1849 г. он проделал известный опыт по измерению механического эквивалента теплоты. С помощью падающих грузов он заставлял ось с лопастями вращаться внутри калориметра, наполненного жидкостью (рис. 64). Измеряя совершенную грузами работу и выделенную в калориметре теплоту, Джоуль получил механический эквивалент теплоты, равный 424 кГм/ккал.

Открытие механического эквивалента теплоты привело Джоуля к открытию закона сохранения и превращения энергии. В лекции, прочитанной им в 1847 г. в Манчестере, он говорил:

«Вы видите, следовательно, что живая сила может быть превращена в теплоту и что теплота может превращаться в живую силу, или в притяжение на расстоянии. Все трое, следовательно, — именно, теплота, живая сила и притяжение на расстоянии (к которым я могу причислить свет...) — взаимно превращаемы друг в друга. Причем при этих превращениях ничего не теряется»<sup>2)</sup>.

Герман Гельмгольц (1821—1894) — врач и физиолог по образованию, сразу после окончания Медико-хирургического института занимался исследованиями в области физиологии, в частности, связанными с вопросом преобразования различных форм энергии в живом организме. Эти исследования привели к вопросу: «какие отношения должны существовать между различными силами природы, если принять, что регрессивные mobile вообще невозможны?»<sup>3)</sup> Работая над этой проблемой, Гельмгольц также пришел к открытию закона сохранения и превращения энергии. Он написал работу, которую Поггендорф также отказался напечатать в своем журнале; она была опубликована отдельной книгой в 1847 г.

Гельмгольц исходит из хорошо всем известного закона сохране-

1) Joule J. The scientific papers Vol. 1, p. 146.

2) Там же, p. 270—271.

3) Гельмгольц Г. О сохранении силы. М., ГТТИ, 1922, с. 69—70.

ния «живых сил», который, безусловно, действителен для центральных сил. Он пишет:

«Когда тела природы действуют друг на друга притягательными и отталкивательными силами, не зависящими от времени и скорости, то сумма их живых сил и сил напряжения остается постоянной, так что максимум полученной работы будет, следовательно, величиной определенной и конечной»<sup>1)</sup>. (Здесь под «силой напряжения» (Spannkraft) Гельмгольц понимал потенциальную энергию.)

Однако закон сохранения живых сил действует только в механике, да и то лишь для случая консервативных сил (Гельмгольц ограничивал первоначально его действие центральными силами). Для того чтобы перейти теперь к общему закону сохранения «сил» (так Гельмгольц, подобно Майеру, называет энергию), он полагает, что все явления природы в конечном итоге сводятся к движению и расположению материальных тел, между которыми действуют центральные силы.

Пока что в подобных рассуждениях Гельмгольца по существу нового ничего нет. Так многие думали и до него и в его время. И если бы он ограничился этими рассуждениями, то его заслуга в открытии закона сохранения и превращения энергии свелась бы к нулю. Главное, что он исследовал, как, по его мнению, закон сохранения «живых сил» проявляется во всех физических явлениях: в механике, теплофизике, электродинамике и т. д. Он фактически изучил вопрос о превращении разных видов энергии в физических процессах, хотя рассматривал эти формы как проявление «живой силы» или «силы напряжения».

Гельмгольц исследовал сначала процессы превращения энергии в рамках механики, т. е. процессы превращения кинетической энергии в потенциальную и обратно. Затем он рассматривает процессы превращения механического движения в теплоту, ссылаясь при этом на открытие Джоулем механического эквивалента теплоты. После этого Гельмгольц переходит к электрическим явлениям. Он определил, что энергия заряженного конденсатора равна  $\frac{1}{2} \frac{q^2}{c}$ , где  $q$  — заряд,  $c$  — емкость конденсатора. При разряде эта энергия превра-



Герман Гельмгольц

<sup>1)</sup> Helmholtz H. Wissenschaftliche Abhandlungen. B. I. Leipzig, 1882. SS. 26—27.



щается в теплоту, которая выделяется в проводнике, замыкающем пластинки конденсатора.

Гельмгольц также исследует энергетические процессы в гальванической цепи; рассматривает работу электрического тока и выделяемую в цепи теплоту (используя закон Джоуля — Ленца), а также случаи, когда в цепь включен термоэлемент.

Рассматривая электромагнитные явления, используя при этом закон сохранения энергии, Гельмгольц получил выражение закона электромагнитной индукции. Он рассматривал замкнутый контур с током и движущийся под действием этого тока магнит. За малый промежуток времени  $dt$  в системе происходят следующие изменения. Во-первых, батарея, поддерживающая в цепи ток  $I$ , производит работу, равную  $\mathcal{E} Idt$ , где  $\mathcal{E}$  — электродвижущая сила батареи. Во-вторых, в цепи за этот промежуток времени выделяется количество теплоты, равное  $I^2 R dt$ , где  $R$  — сопротивление цепи. И, наконец, изменяется взаимное расположение магнита и контура с током, что приводит, как полагал Гельмгольц, к изменению «живой силы» магнита. Изменение этой «живой силы» должно быть равно  $IdV$ , где  $V$  — потенциальная функция, введенная Нейманом. Согласно закону сохранения «силы», должно выполняться равенство

$$\mathcal{E} Idt = I^2 R dt + IdV,$$

откуда

$$I = \left( \mathcal{E} - \frac{dV}{dt} \right) / R.$$

Отсюда следует, что в цепи возбуждается электродвижущая сила индукции, равная  $-\frac{dV}{dt}$ . Если учесть, что величина  $V$  равна потоку магнитной индукции через контур, то, как мы видим, получен закон электромагнитной индукции<sup>1)</sup>.

В конце работы Гельмгольц останавливается на вопросе о применимости принципа сохранения «силы» к органическим процессам и решает его положительно. В заключение он пишет:

«Я думаю, что приведенные данные доказывают, что высказанный закон не противоречит ни одному из известных в естествознании фактов и поразительным образом подтверждается большим числом их... полное подтверждение (закон — Б. С.)... должно быть рассматриваемо как одна из главных задач ближайшего будущего физики»<sup>2)</sup>.

Работа Гельмгольца была встречена более чем прохладно. Сам Гельмгольц в своих воспоминаниях писал:

«Я был... до некоторой степени удивлен тем сопротивлением, которое я встретил в кругу специалистов; мне было отказано в приеме работы в Poggen-dorff's Apparat и среди членов берлинской академии был только математик К. Г. И. Якоби, принявший мою сторону»<sup>3)</sup>.

Однако, несмотря на холодный прием, который встретили первоначально работы Майера, Гельмгольца и Джоуля, их общая идея

<sup>1)</sup> Этот вывод Гельмгольца нельзя считать корректным. На это обратил внимание Максвелл (см.: Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., Гостехиздат, 1952, с. 403—405).

<sup>2)</sup> Гельмгольц Г. О сохранении силы. М. — Л., ГТТИ, 1934, с. 115.

<sup>3)</sup> Там же, с. 124.

получала все большее и большее распространение и применение в практике физических исследований. Мысль о том, что открыт новый очень важный физический закон и даже больше — общий естественнoнаучный закон, постепенно овладевает умами ученых. В развитии основных положений Майера, Джоуля и Гельмгольца важную роль сыграли работы английских ученых В. Томсона, У. Дж. Ранкина и немецкого физика Р. Клаузиуса.

Прежде всего открытие закона сохранения и превращения энергии сыграло решающую роль в последующих исследованиях процессов превращения теплоты в работу, которые привели к созданию основ термодинамики. Закон сохранения и превращения энергии получает применение и в других областях физики, например в исследованиях по электродинамике.

В. Томсон уже в 1848 г., опираясь на работы Джоуля, применяет закон сохранения и превращения энергии к явлению электромагнитной индукции. Он показал (независимо от Гельмгольца), что «общая работа, потраченная на произведение движения, вызывающего электромагнитную индукцию, должна быть эквивалентна механическому эффекту, потерянного током»<sup>1)</sup>.

Позже Томсон, используя закон сохранения и превращения энергии, снова исследовал явление электромагнитной индукции, а затем и явление самоиндукции, установив при этом, что энергия проводника с током может быть выражена формулой  $Li^2/2$ , где  $L$  — величина, зависящая только от геометрии проводника (названная позже коэффициентом самоиндукции). Исследуя вопрос об энергии магнитов и токов, Томсон в 1853 г. выразил эту энергию в виде интеграла, взятого по объему.

В 1852 г. Клаузиус применил закон сохранения и превращения энергии к электрическим явлениям. В работе «О механическом эквиваленте электрического разряда и происходящем при этом нагревании проводников» Клаузиус писал:

«...подобно тому как посредством теплоты может быть произведена механическая работа, электрический ток способен вызывать частично механическое действие, частично теплоту»<sup>2)</sup>.

В том же году Клаузиус применил закон сохранения энергии к энергетическим процессам в цепи постоянного тока, а в следующем году — к термоэлектрическим явлениям.

Помимо Томсона и Клаузиуса над развитием и применением закона сохранения и превращения энергии работал Ранкин. Он первым начал широко пользоваться термин «энергия» и попытался дать понятию энергии общее определение. Под энергией Ранкин понимает способность производить работу. Определяя понятие энергии, он писал в 1855 г.: «Термин «энергия» предполагает любое состояние субстанции, которое заключается в способности производить ра-

<sup>1)</sup> Thomson W. Mathematical and Physical papers. Vol. 1, Cambridge, 1882, p. 91.

<sup>2)</sup> Clausius R. Ann. Phys. B. 86, 1852, s. 337.

боту»; «количество энергии измеряется количеством работы»<sup>1)</sup>, которую она способна произвести. Еще раньше, в 1853 г., Ранкин разделил энергию на «Актуальную» и «Потенциальную». Он писал:

«Актуальная, или Ощутимая (sensible), Энергия — это измеримое, переносимое и превратимое состояние, побуждающее субстанцию изменять свое состояние... Когда такое изменение происходит, то актуальная энергия исчезает и заменяется Потенциальной, или Скрытой (Latent), Энергией, которая измеряется величиной изменения состояния, сопротивлением против которого это изменение совершается»<sup>2)</sup>.

К «Актуальной» энергии Ранкин относит «живую силу», теплоту, лучистую теплоту, свет, химическое действие и электрический ток, которые являются ее различными формами; к потенциальной энергии — «механическую силу гравитации», упругость, химическое сродство, энергию статического электричества и магнетизма.

Томсон, который сначала пользовался введенным Ранкином термином «актуальная энергия», впоследствии заменил его на «кинетическую энергию».

Уже в 50-х годах закон сохранения и превращения энергии был признан как общий закон природы, охватывающий все физические явления. Теперь начинаются споры о приоритете его открытия. Все началось с небольшой полемики между Майером и Джоулем на страницах французского журнала «Comptes rendus» еще в 1847—1849 гг. о приоритете в открытии механического эквивалента теплоты. В 1849 г. довольно распространенная в Германии газета специально выступила против Майера, охарактеризовав его как дилетанта, и предостерегла публику от «мнимого открытия г-на доктора Майера», указывая, что якобы несостоятельность его рассуждений уже доказана авторитетными научными кругами. В 1851 г. Майер в статье «О механическом эквиваленте теплоты», излагая историю открытия, писал:

«Новая теория начала вскоре привлекать к себе внимание ученых. Но так как ее стали рассматривать и у нас в Германии и за границей как исключительно иностранное открытие, то это побудило меня выставить свои права на приоритет»<sup>3)</sup>.

В 1851 г. Гельмгольц впервые упоминает работы Майера, а в 1852 г. подтверждает приоритет последнего в открытии закона сохранения и превращения энергии.

«Утверждение о неразрушимости работы механических сил и эквивалентности различных естественных сил с определенной величиной механической работы, — писал Гельмгольц, — впервые высказал Майер»<sup>4)</sup>.

Во весь голос в защиту приоритета Майера выступил в 1862 г. английский физик Тиндаль в публичной лекции. Клаузиус<sup>5)</sup> писал о Тиндале:

1) Rankin W. Miscellaneous scientific papers. London, 1881, p. 217.

2) Там же.

3) Майер Р. Закон сохранения и превращения энергии, с. 279.

4) Helmholtz H. Fortschritte der Physik, V. Jahrgang, 1853, s. 241.

5) Клаузиус до 1862 г. был невысокого мнения о Майере. Письмо Тиндала, в котором он просил сообщить ему о сочинениях Майера, заставило Клаузиуса подробно познакомиться с работами Майера, в результате чего он резко изменил свое мнение. Об этом он сообщил Тиндалу, посылая ему работы, написанные Майером.

«Темой для своего доклада он избрал сочинения Майера и в обычной для него увлекательной форме изложил все основные выводы работ Майера. Когда публика, в сильнейшей степени заинтересованная данным вопросом, естественно, пожелала узнать, кому принадлежат все эти исследования, Тиндаль назвал имя человека, который, живя в маленьком немецком городке, без всякой научной поддержки и поощрения с удивительной энергией и настойчивостью работал над развитием своих гениальных мыслей»<sup>1)</sup>.

Против признания приоритета Майера резко выступил английский физик Тэт в журнале «Good Words». Возражая Тиндалю, он отказался признать какие бы то ни было заслуги Майера. Между Тэтом и Тиндалем развернулась полемика. На ее откликнулись Гельмгольц и Клаузиус. Если Гельмгольц весьма осторожно защищал Майера, то Клаузиус резко возражал Тэту по поводу одной из его статей. Он писал, что эта статья может только повредить

*«Вашей собственной столь высокой научной репутации. Любой читатель с первого взгляда увидит, что это не нелицеприятное историческое изложение вопроса, чего бы следовало ожидать от ученого вашего ранга, а проникнутая партийностью статья, написанная только для прославления некоторых немногих лиц»<sup>2)</sup>,*

В дальнейшем Тэт продолжал выступать против приоритета Майера. В 1876 г. он писал:

*«...уже пришло время поставить Майера... на соответствующее ему место... Создан и экспериментально доказан был закон сохранения энергии в его общем виде бесспорно Кольдинггом в Копенгагене и Джоулем в Манчестере»<sup>3)</sup>.*

В Германии, хотя на сторону Майера встал Клаузиус и в какой-то степени Гельмгольц, Майер продолжал подвергаться нападкам, которые иногда принимали форму сплетен. В 1858 г. распространяются слухи о его мнимой смерти. Поггендорф в своем большом биографическом словаре (1863) в заключение более чем скромной статьи о Майере писал: «...кажется, около 1858 г. умер в доме умалишенных». Правда в конце книги он поместил дополнительную «справку» о Майере: «Не умер..., но еще жив»<sup>4)</sup>.

Наконец, в защиту приоритета Майера выступил Е. Дюринг<sup>5)</sup>, который одновременно принижал роль Джоуля и Гельмгольца в открытии закона сохранения и превращения энергии, что также не способствовало укреплению приоритета Майера.

Борьба вокруг приоритета Майера была связана с борьбой вокруг понимания существа самого закона сохранения и превращения энергии. Майер подходил к пониманию этого закона с более широких философских позиций, чем многие из его современников и особенно ученые, подобные Тэту, придерживавшиеся узко эмпирических представлений о познании. Майер был несомненно революционером в науке, стоял в ряду вопросов на стихийно диалектических

<sup>1)</sup> Розенбергер Ф. История физики. ч. III, вып. II. М.—Л., ОНТИ, 1936, с. 55—56.

<sup>2)</sup> Там же, с. 57.

<sup>3)</sup> Там же, с. 54.

<sup>4)</sup> Там же.

<sup>5)</sup> Düring E. Robert Mayer, der Galilei des 19. Jahrhunderts, Chemnitz, 1880.

позициях, непонятных для многих его современников, которые не могли отойти от метафизического мировоззрения.

Впервые правильно оценил заслуги Майера Энгельс. Отдавая дань Гельмгольцу, Энгельс тем не менее указывал:

«...Уже в 1842 г. 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.»<sup>1)</sup>

В другом месте Энгельс отметил:

«...количественное постоянство движения было высказано уже Декартом и почти в тех же выражениях, что и теперь (Клаузиусом, Робертом Майером?). Зато превращение *формы* движения открыто только в 1842 г., и это, а не закон количественного постоянства, есть новое»<sup>2)</sup>.

Именно Майер впервые подчеркивал существование качественных превращений различных форм энергии друг в друга, а не просто утверждал ее количественное постоянство. Это и было наиболее важным, с точки зрения общего мировоззрения, в установленном законе сохранения и превращения энергии, и как раз это обстоятельство ускользало от внимания многих ученых того времени, которые пытались просто подвести новый закон под общее механическое мировоззрение, толкуя его, подобно Гельмгольцу, как выражение закона сохранения живых сил.

Установление закона сохранения и превращения энергии было революционным шагом в развитии физической науки и науки вообще. Этот закон связывал воедино все физические явления, ликвидируя метафизические перегородки между отдельными областями физики, закрепленные учением о «невесомых», которому теперь пришел конец. «Невесомые» материи были окончательно изгнаны из физики. Энгельс писал:

«...физические силы — эти, так сказать, неизменные «виды» физики — превратились в различным образом дифференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи. Из науки была устранена случайность наличия такого-то и такого-то количества физических сил, ибо были доказаны их взаимная связь и переходы друг в друга»<sup>3)</sup>.

Энгельс придавал большое значение установлению закона сохранения и превращения энергии для правильного диалектико-материалистического воззрения на мир, ставя его в один ряд с открытием клетки и теорией Дарвина:

«Благодаря этим трем великим открытиям и прочим громадным успехам естествознания, — писал он, — мы можем теперь в общем и целом обнаружить не только ту связь, которая существует между процессами природы в отдельных ее областях, но также и ту, которая имеется между этими отдельными областями. Таким образом, с помощью фактов, доставленных самим эмпирическим естествознанием, можно в довольно систематической форме дать общую картину природы как связанного целого»<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 20, с. 400.

<sup>2)</sup> Там же, с. 595.

<sup>3)</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 20, с. 353.

<sup>4)</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 21, с. 304.