

Выдающийся английский физик Джеймс Джоуль известен своими работами по электромагнетизму, поискам единства между силами разной природы: от закона теплового действия тока и механического эквивалента теплоты он приходит к количественному доказательству закона сохранения и превращения энергии, термодинамической шкале температур, эффекту Джоуля–Томсона.

## ЕГО ОПЫТЫ ЗАСЛУЖИВАЮТ ГЛУБОЧАЙШЕГО УДИВЛЕНИЯ

*(К 200-летию со дня рождения Джеймса Джоуля)*

Доктор педагогических наук Р.Н. ЩЕРБАКОВ

DOI: 10.31857/S023336190003074-7

**Ж**изнь английского физика Джеймса Джоуля пришлось на период развития науки, когда в творчестве почти каждого учёного-физика были переплетены экспериментальный и теоретический виды деятельности, а подходы в решении задач исследования определялись тем, отдавал он предпочтение опытам или теории. По своему подходу Дж. Джоуль был экспериментатором, причём самого высокого класса.

Родился Джоуль в семье пивовара 24 декабря 1818 г. в Солфорде близ Манчестера, получил домашнее образование под руководством известного физика и химика Дж. Дальтона, изучая у него математику, физику и химию. Тогда же он занялся прикладным электромагнетизмом, созданием нужных для своих целей приборов. Ряд опытных работ он посвятил теплоте и кинетической теории газов.

Но пивоваренный завод требовал заботы, и Джоуль с 15 лет работал на заводе, жил его проблемами, постигал ремесло совершенствования технического оборудования, продолжал участвовать и в управлении предприятием до того

момента, пока оно не было продано в 1854 г. Параллельно с самообразованием молодой Джоуль приобщался к инженерному искусству и основам экспериментального метода.

От Дальтона Джоуль получил основные физико-математические знания и более подробные сведения о теплоте, ибо ранее Дальтон сделал в этой области ряд открытий (закон парциальных давлений газов), передал своему ученику интерес к термодинамике и кинетической теории газов. Но Дальтону – учителю математики – не удалось развить у Джоуля необходимый интерес к ней. Лишив его теоретического метода, учитель невольно оставил ему лишь экспериментально-эмпирический.

Вскоре в Манчестер приезжает известный изобретатель динамо и магнита У. Стерджен. С ним Джоуль знакомится и начинает читать лекции в Галерее практических знаний – образовательном учреждении во главе со Стердженом. Для Джоуля это было духовной поддержкой. В 1844 г. семья Джоулей переехала в новый дом в Уэлли-Рэйдж, где для него была создана лабо-

ратория. В 1847 г. он женился на Амелии Граймс, у них родились сын и дочь, однако спустя семь лет его жена умерла, а Джоуль до конца жизни остался вдовцом.

Ступив на тропу экспериментатора, Джоуль в своих интересах ограничивался механикой, термодинамикой и электромагнетизмом. Его исследования нередко соседствовали или накладывались друг на друга, отражая закономерные, ещё неизвестные связи между ними. Исходя из количественного эксперимента, которому Джоуль всегда следовал, он от открытия частных законов подчас приближался к теоретическим обобщениям, довести которые до нужного конечного результата ему не позволяла его математическая подготовка<sup>1</sup>.

Пока же, руководствуясь потребностями семейного производства и заинтересовавшись возможностью замены на пивоварне паровых машин на электрические, 19-летний Джоуль провёл свои первые экспериментальные исследования, а спустя год опубликовал статью об устройстве электромагнитного двигателя в научном журнале *Annals of Electricity*. При этом, несмотря на определённые неудачи в своих исследованиях на тот момент, Джоуль оптимистично оценивает возможности электрических машин и устройств в науке и инженерии. "Я не сомневаюсь, что электромагнетизм в конце концов заменит собою пар для приведения в движение машин. Ежели мощность двигателя действительно пропорциональна силе притяжения между его электромагнитами и ежели это притяжение пропорционально квадрату электрической силы, то экономия будет расти с ростом количества электричества и стоимость работы двигателя сможет быть снижена до бесконечности"<sup>2</sup>. При этом Джоуль упустил из виду необходимость учёта конечности энергии источника тока.



*Джеймс Прескотт Джоуль  
(1818–1889).*

Далее Джоуль продолжает "прощупывать" разного рода явления на наличие между ними единства. В частности, в 1841 г. он обращает внимание на химические процессы не только в источниках тока, но и в целом. Опираясь на представление Й.Я. Берцелиуса о том, что тепло и свет, возникающие при горении, вызваны электрическим разрядом между частицами вещества и кислорода, стало быть, делает он вывод, химические процессы также сводятся к перемещению электричества, то есть в конечном счёте теплота сводится к механическому движению.

Однако при электрических исследованиях Джоулю пришлось столкнуться с целым рядом неясностей при проведении измерений. Ещё отсутствовали единая система единиц, точные измерительные приборы и даже научные предпосылки, необходимые для создания этих приборов.

<sup>1</sup> Голин Г.М., Филонович С.Р. *Классики физической науки*. М.: Высшая школа, 1989.

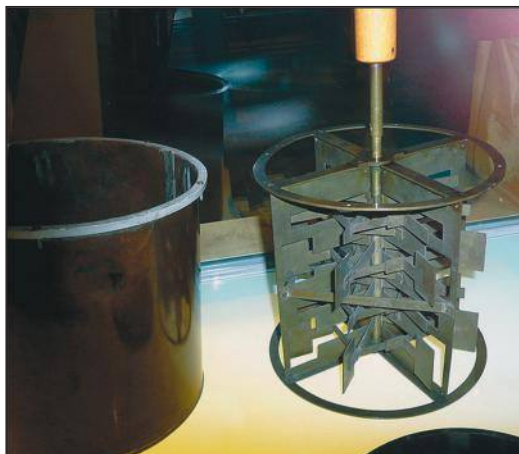
<sup>2</sup> Дорфман Я.Г. *Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX в.)*. М.: Наука, 1979. С. 78.

Впрочем, и техника ещё не вполне освоила генераторы и двигатели, поэтому её предприятия не особо нуждались в подобных приборах. А поскольку их никто не производил, то каждому учёному, в том числе и Джоулю, приходилось самому конструировать их.

Занимаясь одновременно поисками экономного способа измерения электрических токов, он в 1841 г. пропускает ток по намотанному на стеклянную трубку проводнику, погружённому в стеклянный сосуд с заданной массой воды и с применением чувствительного термометра. В последних трёх опытах он использует уже по два последовательно соединённых проводника, погружённых в одинаковые калориметры, проверяя затем, как меняются результаты итоговых измерений в зависимости от изменения сопротивления проводников (рис. 1).

В ходе выполненных опытов им был обнаружен повторяющийся факт, свидетельствующий о том, что в проводнике действует прямо пропорциональная зависимость между выделяющимся количеством теплоты на проводнике, равном её количеству, отданному воде калориметра, квадратом силы электрического тока в проводнике и его сопротивлением. Открытый Джоулем закон был назван его именем, а когда в следующем 1842 г. закон был вновь открыт Э.Х. Ленцем, его в России стали называть законом Джоуля – Ленца.

Причём открытие Джоуля Лондонским королевским обществом по достоинству не было оценено. Работу ему удалось опубликовать лишь в журнале Манчестерского литературно-философского общества. Но Джоуль не успокаивается на уже сделанном. Он проверяет закон для токов в электролитах и токов индукции и публикует результаты в 1843 г. В работе им подчёркивается, что в любом случае, с любым проводником и при любом токе выделяемое количество теплоты пропорционально сопротивлению проводника и квадрату силы тока.



**Рис. 1. Прибор Дж. Джоуля для измерения механического эквивалента теплоты.**

Джоуль изучает также применение электромагнитных двигателей, допустив вначале, что они могут быть источником неограниченной механической работы. После долгих размышлений он приходит к выводу о преимуществе паровых машин своего времени перед электрическими. Проведённые им в 1841 г. расчёты убедительно показали, что эффективность "идеального" электромагнитного двигателя на 1 фунт используемого в аккумуляторах цинка составляет всего 20% от эффективности парового на 1 фунт сжигаемого угля.

В 1840 г. Джоуль на опытах обнаруживает магнитное насыщение ферромагнетиков, а в 1842 г. – магнитострикцию, заключающуюся в изменении размеров и объёма тела при изменении намагниченности. В 1843 г. формулирует и публикует окончательные результаты работ по исследованию тепловыделения в проводниках, в частности, экспериментально показывает, что выделяемое тепло никоим образом не забирается из окружения, что окончательно опровергло теорию теплорода, сторонники которой всё ещё были многочисленны.

В том же году Джоуль всерьёз заинтересовался фундаментальной проблемой количественного соотношения между различными силами, приводящими к выделению теплоты, и придя к убеждению о наличии предсказанной Майером (1842) определённой зависимости между работой и количеством теплоты, ищет численное соотношение между этими величинами, то есть механический эквивалент тепла. В 1843–1850 гг. он, совершенствуя необходимую ему экспериментальную технику, проводит серию опытов, в ходе которых убеждается в том, что закон сохранения энергии в данном случае численно выполняется.

Между тем Джоуль, установив свой закон о тепловом действии тока, возможно, не задумывался над тем, что проведённое им частное исследование как-то связано с поисками закона единства всех сил природы – закона сохранения энергии. Не подозревал он и того, что вскоре ему придётся вплотную заняться этим законом. Первым в этом направлении добился успеха австриец Р. Майер, вторым станет Джоуль и третьим – немецкий учёный Г. Гельмгольц, блестяще завершивший начатое двумя его предшественниками дело<sup>3</sup>.

Свои опыты Джоуль ставит в 1843–1847 гг. Вначале он измеряет нагрев жидкости, помещённой в поле вращающегося электромагнита, и впервые определяет механический эквивалент теплоты. Затем он применяет и другие методы: измеряет теплоту, выделяющуюся при продавливании заданной массы жидкости сквозь узкие трубы; на основе определения количества теплоты, выделявшейся при сжатии газа: и, наконец, сравнивая работу, затраченную на вращение мешалки в сосуде с жидкостью, с полученной в ней тепловой энергией.

Ставя свои многочисленные (более десяти) эксперименты, Джоуль обнаруживает и на опытах убеждается в числовом измерении возможности превращения количества теплоты в механическую силу, то есть в энергию, что позволяет ему успешно определить механический эквивалент теплоты и, по сути своей он, не являясь теоретиком, интуитивно переходит к признанию всеобщности закона сохранения энергии в природе. Именно с этого момента он начинает решать экспериментальную задачу определения механического эквивалента.

Обратимся к его эксперименту, выполненному в 1847 г., и сегодня изучаемому в школах и вузах: с помощью падающих грузов он заставлял ось с лопастями вращаться в металлическом калориметре с водой. Измеряя совершённую грузами работу и выделенную в самом калориметре теплоту, Джоуль получил механический эквивалент теплоты, равный ~424 кГм/ккал. Таков был экспериментальный итог, подтвердивший закон сохранения работы и теплоты и, стало быть, справедливость первого начала термодинамики.

В прочитанном в 1848 г. докладе Джоуль подчёркивает, что “из этих опытов вытекал совершенно ясный вывод, что теплота и механическая сила обратимы одна в другую, и, следовательно, стало очевидно, что теплота является либо живой силой весомых частиц, либо некоторым состоянием притяжения и отталкивания, способным порождать живые силы. Тогда представилось важным установить механический эквивалент теплоты с такой степенью точности, какой требовала его важность для физического знания”<sup>4</sup>.

Таким образом, Джоуль, опираясь на уже поставленные им опыты, достаточно убедительно показывает, что закон

<sup>3</sup> Щербаков Р.Н. Рыцари великого закона. К 175-летию закона сохранения энергии // *Природа*. 2016. № 2.

<sup>4</sup> Джоуль Д.П. Некоторые замечания о теплоте и о строении упругих жидкостей // *Основатели кинетической теории материи*. М.–Л., 1937. С. 34.

сохранения энергии проявляется в превращении работы в теплоту в строго определённом количественном отношении. Тогда же учёный приходит к выводу, что теплота является формой кинетической энергии (живой силой) или потенциальной – некоторым состоянием притяжения и отталкивания весоных частиц, а упругость газов должна представлять собой эффект движения частиц, из которых состоит всякий реальный газ.

Если обратиться к работам Джоуля о механическом эквиваленте теплоты, то в них кроме большей части, состоящей из описания многочисленных экспериментов, содержатся и некоторые теоретические соображения, и выводы относительно самой природы теплоты, которую он считал видом колебательного движения частиц тела, общей идеи сохранения силы и других проявлений теплоты. В 1872 г. все его работы по данной теме были собраны и опубликованы в виде одной книги “Механический эквивалент теплоты”.

Свои измерения Джоуль повторял и позднее. В 1867 г. он провёл их по просьбе Британского общества натуралистов, в 1870 г. – в присутствии уже Дж.К. Максвелла, Б. Стюарта, В. Томсона и П. Тэта. Причём третий участник открытия закона Гельмгольца первые опыты Джоуля критиковал за малое соответствие сложности изучаемого явления, зато его “поздние опыты... произведённые с глубоким знанием дела и железной энергией, – по его мнению, – заслуживают глубочайшего удивления; эти опыты дали 425 кГм”<sup>5</sup>.

После Майера и Джоуля измерением эквивалента теплоты, этой “универсальной постоянной”, по Гельмгольцу, зани-

мались многие учёные. Прежде всего следует назвать Г. Гирна и А. Колдинга, методы которых, во многом схожие с методом Дж. Джоуля, приводят их практически к тем же самым числовым значениям механического эквивалента теплоты. В современной трактовке 1 Дж = 107 эрг. С 1889 г. Джоуль был принят за единицу работы, затем в системе СИ – уже единицу как работы, так и энергии и количества теплоты.

Экспериментальное обоснование закона сохранения для тепловой и механической энергии, с лёгкой руки Р. Клаузиуса, вначале называли “первым началом механической теории теплоты”, позднее известного как первое начало термодинамики. Согласно ему, термодинамическая система может совершать работу лишь за счёт своей внутренней энергии или внешних источников энергии. Из него же вытекает невозможность существования вечного двигателя первого рода. Ко всему этому приложил свой талант экспериментатора Джоуль.

Отношение Майера и Джоуля к закону сохранения энергии отличалось принципиально: “Джоуль – экспериментатор, опирающийся на хорошую теорию, но как бы хороша она ни была, он непрерывно ищет всё новые и новые методы её доказательства. Майер ищет доказательства всеобщности теории, её обобщения до уровня всеобщего закона природы механических, физических, химических и биологических явлений”<sup>6</sup>.

Майер и Джоуль решали одну и ту же проблему, то есть обоснование закона сохранения энергии, но, как нередко случается в научной среде, со временем между ними возник приоритетный спор. Именно опыты Джоуля побудили научную общественность обратить внимание на работы Майера.

<sup>5</sup> Франкфурт У.И. Закон сохранения и превращения энергии. М.: Наука, 1978. С. 66.

<sup>5</sup> Гельмгольц Г. О сохранении силы. М., 1934. С. 63.

Как заметил Джоуль, "каждый признает остроумие Майера, предсказавшего численные отношения, которые должны быть установлены между теплотой и силой; но... я был первым, доказавшим существование механического эквивалента теплоты и определившим его численную величину с помощью бесспорных опытов"<sup>7</sup>.

Майер пришёл к закону сохранения энергии натурфилософским путём, выступая в этой ситуации в роли теоретика. Джоуля же мало волновала философская сторона проблемы, его больше привлекало точное обоснование идеи сохранения. Он вёл себя как истинный экспериментатор, с сомнением относившийся к эмпирическим опытам, ценя опыты высокой точности. По сути независимо друг от друга Майер и Джоуль, занимаясь одной проблемой, но разными методами пришли в итоге к открытию закона сохранения и его обоснованию.

Таким образом, Майер, Джоуль и Гельмгольц – основные учёные, творчеству которых мировая наука обязана была открытием и осмыслением одного из фундаментальных законов природы – закона сохранения энергии. Все трое имели разную судьбу, обусловленную сложностью открытия, возможностями исследователя и той средой, в которой им пришлось жить и работать. Больше всех пострадал Майер, в меньшей мере Джоуль и Гельмгольц, которые были подготовлены к занятиям физикой и так или иначе связаны с научным сообществом.

Последнее обстоятельство объяснялось тем, что профессиональные физики с подозрением относились к закону единства и эквивалентности сил природы, поскольку идеи о его существовании исходили от натурфилософии Шеллинга и Гегеля как раз тогда, когда учёные

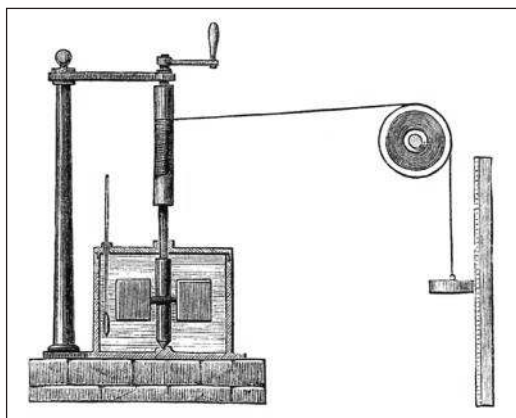
вели бескомпромиссную борьбу против этого направления и делали всё, чтобы философские и натурфилософские домыслы и выводы не проникали в содержание и методы науки. Волей своей судьбы авторы закона попали в самый центр противостояния науки и философии.

В эти десятилетия британская наука славилась своими учёными. М. Фарадей, Дж. Стокс, Дж. Тиндаль, У. Томсон, Дж. Максвелл и другие выдающиеся и известные исследователи внесли немалый вклад в развитие физической науки, в формирование методов поиска научной истины, в разграничение научного знания от натурфилософского. Как раз этим объяснялось недоверие к авторам закона сохранения энергии, которые по своему самообразованию, как Джоуль, или образованию, как Майер и Гельмгольц, были далеки от физики.

Тем временем в 1845 г. Джоуль устанавливает независимость внутренней энергии идеального газа от его объёма. Закон Джоуля родился из представлений кинетической теории идеального газа. Так как взаимодействие между молекулами отсутствует, следовательно, потенциальная энергия взаимодействия равна нулю, а потому изменение расстояний между ними, приводящее к изменению объёма газа, не изменяет внутренней энергии. В одном из сосудов находился воздух, из другого, соединённого с первым, воздух был откачан (рис. 2).

Оба сосуда погружались в воду, перемешиваемую таким образом, чтобы температура во всех частях воды была одной и той же. При открытии крана воздух постепенно перетекал из одного сосуда в другой. Однако никакого изменения температуры окружающей их воды Джоуль не обнаружил. Сам опыт получился не вполне точным из-за разной теплоёмкости воздуха, с одной стороны, и сосудов и воды в калориметре – с другой.

<sup>7</sup> Дорфман Я.Г. *Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX в.)*. С. 86.



**Рис. 2.**  
**Схема опытной установки**  
**для измерения механического**  
**эквивалента теплоты.**

Придёт время, и подобный опыт будет уже повторён в 1852–1862 гг. Джоулем вместе с В. Томсоном.

С рано проявившим себя в физике Томсоном из Глазго, позднее известным как лорд Кельвин, Джоуль знакомится в 1847 г. Именно Томсон высоко оценит экспериментальное искусство Джоуля и впоследствии будет с ним тесно и плодотворно сотрудничать. Как раз под его влиянием Томсон постепенно откажется от теории теплорода, и у него сформируются первые представления о кинетической теории теплоты и термодинамике. Позднее Томсон вновь подчеркнёт научные заслуги Джоуля.

“Некоторые весьма замечательные открытия, которые он сделал в отношении генерации теплоты посредством трения в жидкостях, находящихся в движении, и некоторые известные эксперименты с магнето-электрическими машинами, по видимости, указывают на реальное превращение механического действия в теплоту”<sup>8</sup>. Содружество двух учёных принесёт немалую пользу развитию науки. Уже в 1848 г. Томсон и Джоуль в совместных работах создают всем известную сегодня термодинамическую температурную шкалу.

Томсон приходит к выводу о необходимости замены разных шкал “абсолютной”: её единица – интервал, соответствующий выполнению определённой механической работы. Позднее он отметил, что “такая шкала действительно может быть названа абсолютной, так как для неё характерна полная независимость от физических свойств какого-либо вещества”<sup>9</sup>. С Джоулем они придут к выводу о наличии сил притяжения между частицами газа, уточнят требования к газовому термометру, а сама абсолютная шкала будет узаконена в 1954 г.

В 1848 г. Джоуль в своей работе “Некоторые замечания о теплоте и о строении упругих жидкостей”, представленной в Манчестерское философское общество, заявил, что вращательное движение атомов “способно объяснить закон Бойля–Мариотта, а также и другие явления, представляемые упругими жидкостями”<sup>10</sup>. Но уже через год он отказался от этой идеи, полагая, что на самом деле движение атомов газа и жидкостей – поступательное, создающее реальное давление при их столкновении со стенками сосуда.

Используя элементарные математические расчёты, Джоуль тогда же впервые вычислил скорость молекул водорода – 1850 м/с, доказал, что поведение газов должно подчиняться закону Бойля – Мариотта, определил температуру абсолютного нуля и, наконец, рассчитал, правда весьма неточно, удельную теплоёмкость различных газов. И тем не менее, по рекомендации Клаузиуса, эта работа Джоуля была опубликована в “Философских трудах Королевского общества” и оказала влияние на становление классической термодинамики.

<sup>8</sup> Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки. С. 409.

<sup>9</sup> Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. М.: Высшая школа, 1981. С. 154.

<sup>10</sup> Джоуль Д.П. Некоторые замечания о теплоте и о строении упругих жидкостей. С. 36.

Между тем и термодинамика, и кинетическая теория продолжали своё успешное развитие. В статье "О динамической теории газов", опубликованной в 1866–1868 гг., Максвелл посчитал полезным подчеркнуть, что хотя "Д-р Джоуль (Joule) также объяснил давление газов столкновениями молекул и вычислил скорость, которую они должны иметь для создания давления, наблюдаемого в некоторых газах, но именно проф. Клаузиусу из Цюриха мы обязаны наиболее полной динамической теорией газов"<sup>11</sup>.

В 1852–1862 гг. Джоуль с Томсоном проводят опыты, в которых наблюдалось медленное перетекание газа по трубке с фильтром из одного сосуда в другой.

Сам процесс являлся адиабатическим, его температура немного понижалась, а энтропия газа росла. Учёными в итоге был установлен закон, согласно которому внутренняя энергия определённой массы не зависит от его объёма, а только от температуры. Сам процесс был назван процессом Джоуля – Томсона, а изменение при этом температуры – эффектом Джоуля–Томсона.

Таким образом, обнаруженный Джоулем и Томсоном эффект, заключающийся в изменении температуры газа при расширении без теплообмена и совершения внешней работы носит название эффекта Джоуля – Томсона. Знание о нём со временем послужило переходной ступенью от теории идеальных газов к теории реальных газов. Позднее эффект Джоуля – Томсона стал одним из методов получения сверхнизких температур, содействуя в итоге появлению и развитию физики низких температур как отрасли естествознания и техники.

В 1850-е гг. Джоуль публикует также большую серию статей о совершенствовании электрических измерений, предла-

гая при этом новые конструкции вольтметров, гальванометров, амперметров, так необходимых в повседневных исследованиях в электромагнетизме и других областях знаний. В целом Джоуль как экспериментатор, прекрасно осознавая роль специальной техники для получения достаточно точных научных результатов, в течение всего времени своей научной деятельности уделял ей значительное внимание.

В 1859 г. Джоуль исследует термодинамические свойства твёрдых тел, измеряя прежде всего тепловой эффект при деформациях. При этом он отмечает нестандартные в сравнении с другими материалами свойства каучука. В 1860-е гг. учёный интересуется природными явлениями, предлагая возможные их объяснения, например: атмосферных гроз, миражей, метеоритов. И здесь Джоуль оперирует знаниями из тех областей физики, которыми он занимался в своём творчестве, – механикой, термодинамикой и электродинамикой.

К концу 1840-х гг. работы Джоуля получают признание в научном сообществе. В частности, он в 1850 г. избирается членом Лондонского королевского общества. Более того, с проведением им успешных работ его авторитет как учёного растёт ещё больше. В 1861 г. Джоуль вместе с Ч. Уитстоном, Максвеллом, Томсоном (Кельвиным), Б. Стюартом и другими учёными образовали Комитет по эталонам при Британской ассоциации и, таким образом, начали свою работу по упорядочению единиц электрического сопротивления проводников.

В 1867 г. Британская ассоциация обратилась к нему с просьбой провести очередное измерение механического эквивалента в целях уточнения имевшегося эталона сопротивления. Поставленные в 1878 г. Джоулем опыты оправдали

<sup>11</sup> Максвелл Дж.К. Труды по кинетической теории. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. С. 177.

себя. Результаты метрологических исследований были представлены научному и инженерному сообществу на Парижской выставке и конгрессе электриков в 1881 г. и полностью на Международном конгрессе электриков опять же в Париже в 1893 г.

За свою жизнь Джоуль опубликовал 97 научных работ, из которых около 20 были написаны вместе с Томсоном. Большая часть этих совместных работ относится к применению механической теории тепла к теории газов, молекулярной физике и акустике. Немалая часть его работ посвящена совершенствованию опытной аппаратуры. Его сочинения при жизни изданы Физическим обществом в Лондоне (1884–1887) в виде двух томов и переведены в 1872 г. на немецкий язык. Воспитанник инженерной среды, Джоуль рано проявил талант экспериментатора с интуицией, знаниями, умениями, вдохновением в поиске точных количественных результатов и терпением в их теоретическом осмыслении. Единственное, чего ему не хватало, так это основательного знания математики и владения ею как методом как раз в тот момент развития физики, когда она уже остро нуждалась в теоретических обобщениях накопленных фактов.

Причём у него было предчувствие единства сил природы. "Но как было бы мыслимо, – заметил М. Планк, – чтобы Джоуль проводил свои знаменитые опыты с таким неутомимым усердием и таким упорным терпением, посвятив часть своей жизни ответу на этот единственный вопрос, – как было бы это мыслимо, если бы он уже заранее при своих первых экспериментах... не был бы одушевлён новой идеей и не охватил бы её сразу же во всей её всеобщности"<sup>12</sup>.

Признанию успехов Джоуля, замахнувшегося на то, что ещё не укладывалось в рамки устоявшихся научных представлений, мешала его относительная молодость (30 лет). Этим объяснялось недоверие со стороны крупных учёных, неохотно допускавших публикации его работ в ведущих журналах. Его доклад за 1848 г. в трудах Манчестерского литературно-философского общества был напечатан лишь через три года, а в *Philosophical Magazine* – через шесть лет.

Присущие промышленности с наукой взаимосвязи повлияли и на Джоуля. Во-первых, его экспериментальная деятельность опиралась на технику того времени, была связана с ней, эта связь оказалась полезной и промышленности, и самому Джоулю-учёному. Во-вторых, избрание его в 32 года в Королевское общество, спустя два года после установления им закона сохранения энергии, стало для него важнейшим стимулом в его новых исследованиях в области физики.

Он понимал, что с развитием науки в закон будут вноситься изменения. Действительно, по замечанию М.Б. Менского: "Эволюция закона сохранения энергии показывает, что законы сохранения, будучи почерпнутыми из опыта, нуждаются время от времени в экспериментальной проверке и уточнении. Нельзя быть уверенным, что с расширением пределов человеческого опыта данный закон или его конкретная формулировка останутся справедливыми"<sup>13</sup>.

Член Лондонского королевского общества, Джоуль за работу "О механическом эквиваленте тепла" в 1852 г. был награждён медалью Королевского общества, в 1860 г. избирается почётным президентом Манчестерского литературно-

<sup>12</sup> Планк М. Принцип сохранения энергии. М.-Л., 1938. С. 36–37.

<sup>13</sup> Менский М.Б. Сохранения законы // Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. С. 702.

философского общества, получает степени доктора права Дублинского Тринити колледжа, Оксфордского и Эдинбургского университетов. В 1872 и 1877 гг. Джоуль дважды избирался президентом Британской научной ассоциации. В 1866 г. Джоулю была присуждена медаль Копли, в 1880 г. – Альберта. В 1878 г. назначена пожизненная пенсия в 215 фунтов. На II Международном конгрессе электриков, проходившем в год смерти Джоуля, его именем была названа единица измерения работы, энергии и количества теплоты. Для неё не требовался коэффициент перехода между работой и теплотой. Единицы “ватт” и “джоуль” Британской ассоциацией в Англии были введены ещё раньше.

Судьба Джоуля, вначале материально обеспеченного, благоволила к нему: он получил всеобщее признание как выдающийся экспериментатор на родине и в Европе. Однако позже ему будет нелегко. Будучи владельцем пивоварни, он 15 лет мог экспериментировать на свои средства, с её продажей накопленные средства пошли на убыль, и ему пришлось прибегать к финансовой помощи со стороны.

Напряжённая полувековая деятельность, усталость и недомогания привели к ухудшению его здоровья, поэтому последние годы он уже практически не работал. Прожив 70 с лишним насыщенных научными буднями лет, он после долгой болезни скончался 11 октября 1889 г. и был похоронен на кладбище Манчестера, а на его надгробном памятнике было выбито число 772.55 (рис. 3).

Имея представления о занятиях Джоуля-учёного, посетитель его могилы может догадаться о том, что означает это число, полученное Джоулем в 1878 г. в опыте о значении механического эквивалента тепла. Именно такую работу, выраженную в футо-фунтах, следовало бы потратить, чтобы поднять температуру одного фунта обычной воды с 60 до 61 градуса по Фаренгейту на уровне моря.



**Рис. 3.**  
**Надгробный памятник**  
**Дж. Джоулю и его семье.**

Манчестер, с которым связал свою научную деятельность Джоуль, включил его имя, как и имя его учителя Дальтона, в свою историю. В неё вошли имена и других выдающихся физиков, в частности Дж.Дж. Томсона и Э. Резерфорда, работавшего в Манчестере 13 лет. Кстати отец Томсона в детстве представил его Джоулю, а после ухода гостя заметил, что тот будет гордиться встречей с этим джентльменом.

В Манчестерской ратуше напротив памятника Дальтону установлен памятник Джоулю, а в здании муниципалитета установлена статуя. В честь Джоуля в северной части Вестминстерского аббатства построен мемориал. Но и впоследствии научное сообщество не забывало его. Уже в 1970 г. Международный астрономический союз присвоил имя Джоуля кратеру на обратной стороне Луны.