

# «Силы» и энергия: Майкл Фарадей против Джеймса Джоуля

кандидат физико-математических наук Б.В.Булюбаш

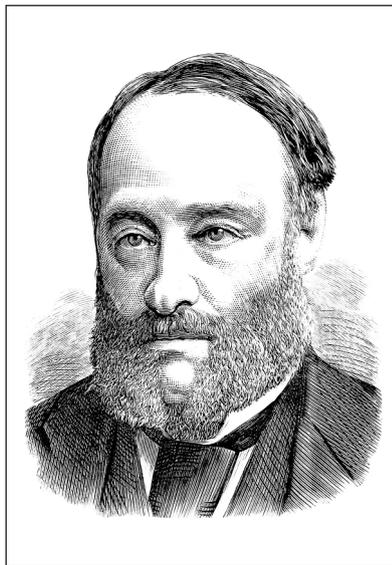
Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е.Алексеева (Нижний Новгород, Россия)

e-mail: borisbulubash@gmail.com

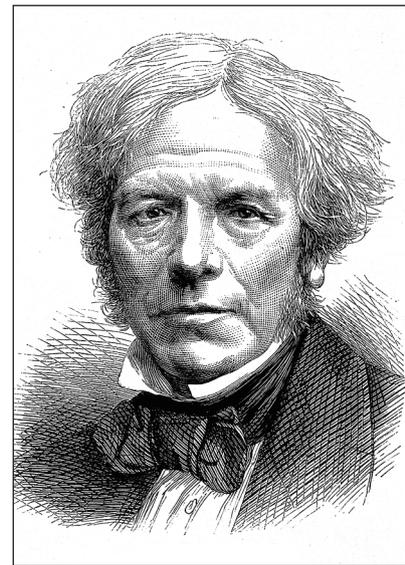
В статье обсуждаются взаимоотношения двух выдающихся физиков 19-го столетия — Дж.П.Джоуля и М.Фарадея. Отмечено отсутствие у Фарадея интереса к работам Джоуля. Проанализирована рецензия Фарадея на статью Джоуля. Показано, что ученые вкладывали разный смысл в понятие силы и по-разному отвечали на вопрос о природе теплоты. В статье также обсуждаются общенаучные взгляды Фарадея и Джоуля в контексте возможной связи с их религиозным мировоззрением.

**Ключевые слова:** Джоуль, Фарадей, Кельвин, закон сохранения энергии, наука и религия, механический эквивалент теплоты, Лондонское королевское общество.

Слово *scientist* (ученый), сменившее словосочетание *natural philosopher* (философ, изучающий природу), появилось в английском языке в середине XIX в. Придумавший его методолог науки У.Уэвелл откликнулся на изменения в обществе, осознавшем значение научных исследований для своего развития. Одним из безусловных достижений науки того времени было открытие закона сохранения энергии, а одной из основ этого закона стало точное измерение механического эквивалента теплоты. Описание соответствующих экспериментов английского физика Дж.П.Джоуля можно найти практически в любом учебнике физики для средней школы. Эти опыты вошли в историю науки как экспериментальное обоснование закона сохранения энергии, а Джоуль — как один из трех авторов этого закона. Два других — немецкий врач Ю.Р. фон Майер и немецкий же естествоиспытатель Г.Л.Ф. фон Гельмгольц — ответственны главным образом за математическое (Гельмгольц) обоснование закона сохранения энергии и его обоснование с точки



Джеймс Прескотт Джоуль\*.



Майкл Фарадей\*\*.

зрения теории познания (Майер). В разной степени в истории и предыстории этого закона представлены и другие имена, в том числе имя знаменитого английского физика-экспериментатора М.Фарадея.

\* Popular Science Monthly. 1874; 5(May): фронтиспис номера.

\*\* Burgess R. Portraits of doctors & scientists in the Wellcome Institute. L., 1973; №948.15.

## Про «силу» и энергию

Термин «энергия» впервые появился в начале XIX в. в одной из статей английского физика Т.Юнга. В 1853 г. шотландский инженер У.Дж.М.Ранкин впервые применил словосочетание «потенциальная энергия», но в современном понимании — как запасенная энергия — этот термин впервые был употреблен только в 1870 г. В том же году еще один английский физик, У.Томсон (барон Кельвин), ввел термин «кинетическая энергия». Таким образом, использовать термин «энергия» в современном смысле физики начали только в последней трети XIX в. До тех пор весьма часто применялось слово «сила» (по-английски — *force* или *power*, по-немецки *Kraft*), но в данный термин, впрочем, разные авторы в разное время вкладывали разный смысл. Историк науки О.В.Кузнецова написала об этом так: *Вот лишь несколько выражений, в которых ученые XVIII и XIX вв. употребляли слово «сила»: «мускульная сила», «магнитная сила», «сила машины», «сила гравитации», «электрическая сила», «гальваническая сила», «месмерическая сила», «живая сила», «сила природы» [1, с.134]. Она также отметила, что само понятие энергии стало значимым и содержательным только после установления принципа сохранения энергии во всей его полноте и общности в математической форме <...>. Звучит парадоксально, но тем не менее представление об энергии как о фундаментальном понятии было сформулировано на точном математическом языке только внутри закона сохранения энергии [там же].*

Приведя формулировки закона сохранения энергии, принадлежащие А.Эйнштейну, Р.Ф.Фейнману и Ж.А.Пуанкаре, Р.Н.Щербаков определяет закон сохранения энергии как *фундаментальный закон природы, утверждающий, что для изолированной системы может быть введена скалярная физическая величина, являющаяся функцией параметров системы и называемая энергией, которая сохраняется с течением времени* [2, с.76].

## Популярный теплород

Эксперименты Джоуля свидетельствовали о связи механической энергии и теплоты. Чтобы объяснить эту связь, физика должна была отказаться от субстанциальной теории теплоты и признать основные положения динамической теории. Первая из них предполагала существование теплорода — невесомой жидкости, проникающей в тела и ответственной за изменение температуры. Вторая теория связывала это изменение с изменением кинетической энергии хаотического движения частиц тела. В ее рамках повышение температуры тела в результате

трения объяснялось превращением механической энергии в энергию движения частиц.

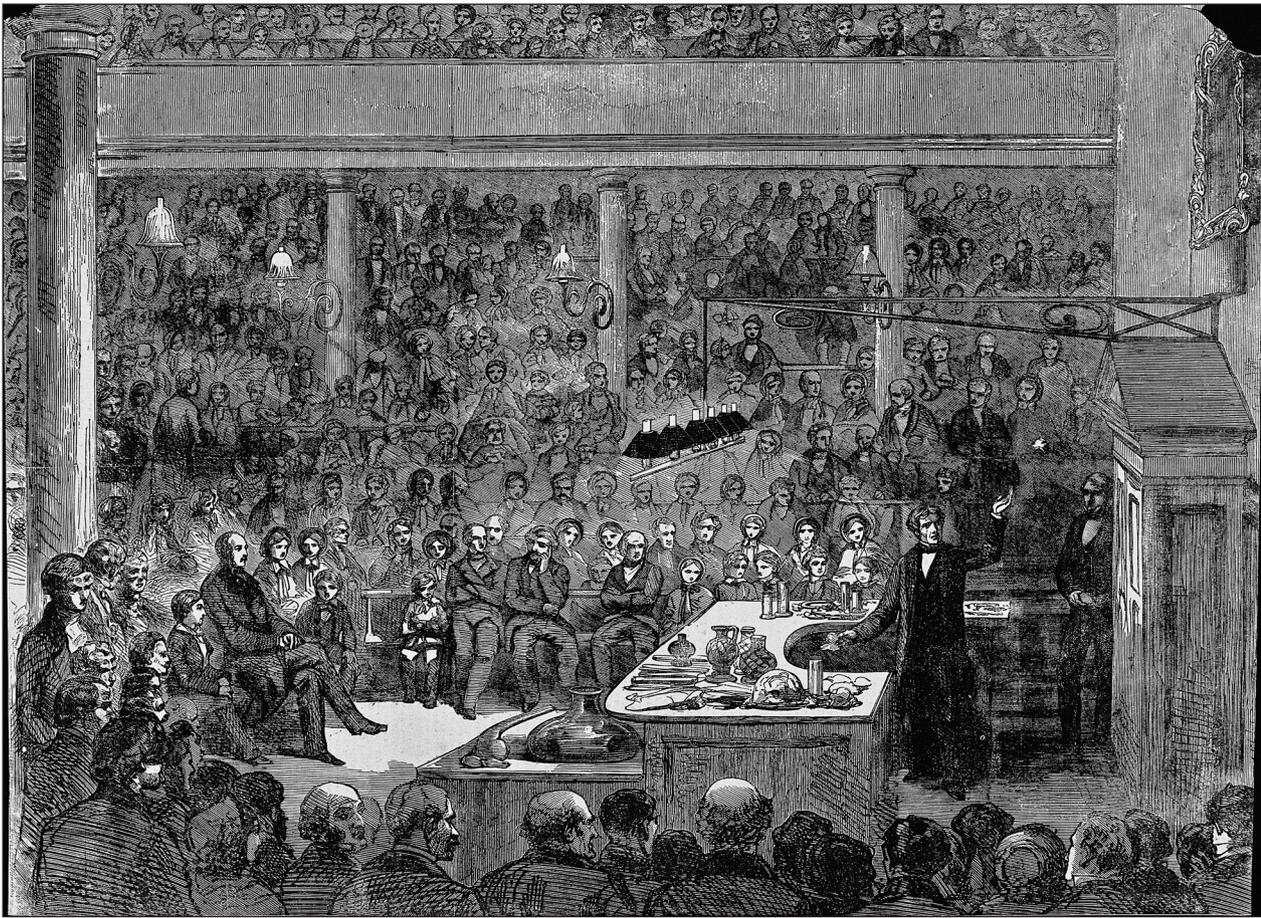
Отказаться от концепции теплорода оказалось непросто. В ее активе были в том числе и достижения французской математической физики — в частности, математическое описание тепловых явлений и процессов в работах Ж.-Б.Ж.Фурье. Связывая явление теплопроводности с перемещением теплорода, Фурье сформулировал закон, согласно которому плотность потока тепла от горячего тела к холодному пропорциональна градиенту температуры. Коэффициент пропорциональности был коэффициентом теплопроводности среды, отделяющей горячее тело от холодного. По аналогии, связывая явление электропроводности с перемещением электрического флюида, Г.С.Ом сформулировал в 1827 г. закон, названный впоследствии его именем. Согласно закону Ома в «дифференциальной форме», плотность тока пропорциональна градиенту потенциала, а коэффициентом пропорциональности является коэффициент электропроводности среды (величина, обратная удельному сопротивлению).

Было еще одно обстоятельство, воспринимавшееся как аргумент за субстанциальную теорию: понятие теплорода использовал в теории тепловых двигателей французский физик Н.Л.С.Карно. Работу тепловых машин Карно связывал с движением теплорода от нагревателя к холодильнику.

## Джоуль против Фарадея

Аргументами в пользу динамической теории тепла были в первую очередь эксперименты английского естествоиспытателя Б.Томпсона (графа Румфорда) и английского химика и физика Г.Дэви. Румфорд продемонстрировал выделение большого количества тепла при сверлении пушечных стволов, а Дэви расплавил кусочки льда в процессе их трения друг о друга. Происходившее при этом превращение работы в тепло динамическая теория объясняла превращением механической «силы» (*force*) в скрытую от наших глаз «живую силу» (*vis viva*) — механическую энергию частиц льда.

Сказанное выше отчасти объясняет, почему закон сохранения энергии не сразу нашел поддержку в научном сообществе. Это сообщество не проявляло интереса к экспериментам Джоуля без малого семь лет, хотя его статьи регулярно публиковал журнал «Philosophical Magazine». Фарадей — один из наиболее авторитетных членов Лондонского королевского общества (ЛКО) — также не придавал значения работам Джоуля. Удивительно: именно открытия Фарадея подготавливали научное сообщество к идее сохранения энергии.



Лекция Фарадея в Королевском институте Великобритании, на которой присутствовали принц Уэльский Альберт и его сын принц Альфред\*.

Эта странная ситуация требует подробного обсуждения. В более широком контексте тема «Джоуль и Фарадей» связана с различием в их понимании целей и задач научного исследования, что, в свою очередь, можно объяснить принадлежностью Фарадея к протестантской общине сандеманиан\*\* . Что касается Джоуля, то его самый известный опыт по измерению механического эквива-

лента теплоты был подробно описан в статье, опубликованной в 1850 г. в журнале ЛКО «Philosophical Transactions of the Royal Society». Напечататься в этом журнале Джоулю удалось только с третьей попытки. Предыдущие две были неудачными — в 1839 и 1843 гг.

### О законе Джоуля—Ленца и слепоте ЛКО

В статье, направленной Джоулем в 1839 г. в журнал «Philosophical Transactions of the Royal Society», описывались эксперименты по измерению количества теплоты, которая выделялась в проводниках, включенных в электрические цепи с разными источниками тока. В ходе опытов ученый эмпирически обнаружил закономерность, которая связывала измеренные им величины: количество теплоты, выделяющееся в проводнике в единицу времени, оказалось прямо пропорциональным сопротивлению проводника и квадрату силы тока. Найденная зависимость выполнялась и для токов индукционного происхождения. Уста-

\* Ксилография по оригиналу работы А.Блэйкли (Illustrated London news. 1856, 16 February).

\*\* Буквалистская секта, названная по имени шотландского теолога Р.Сандемана, который перевез ее в Англию. Сандеманиане веровали не в прямые линии, а в совсем иную геометрическую фигуру — в круг. «Люди святы, — говорили они, — и каждый из нас имеет обязательства перед другими, на святости нашей природы и основанные. Я помогу тебе, ты поможешь еще кому-то, и так оно будет продолжаться, пока не замкнется круг». И этот круг — понятие вовсе не отвлеченное. Фарадей в течение многих лет проводил значительную часть своего свободного времени либо в церкви, рассуждая об этих круговых отношениях, либо в работе, посвященной благотворительности и взаимопомощи.

новив это, Джоуль ответил на естественный для его современников вопрос: передается ли теплота по проводам от источника или генерируется в самом проводнике? Действительно, индукционные токи возникали в участках цепи, электрически не связанных с источником тока. Фактически в той статье был впервые описан феномен, который принято называть «джоулево тепло», а открытая им закономерность известна нам как закон Джоуля—Ленца. Однако в публикации в «Transactions» Джоулю было отказано; и статья была напечатана в журнале «Philosophical Magazine».

Известный физик-теоретик, профессор теоретической физики Манчестерского университета Л.Розенфельд осудил отказ экспертов ЛКО напечатать статью Джоуля. В своем выступлении на открытии музея Джоуля в Солфорде 3 июля 1951 г. Розенфельд выделил в его биографии историю со статьей о «джоулево тепло». Он отметил, что на открытие Джоуля никак не отреагировал влиятельный член ЛКО Фарадей. По его словам, *это явление было пропущено Дэви и Фарадеем, сконцентрировавшими свое внимание на других, возможно, более близких им аспектах вольтаического электричества* [3, p.170]. И далее: *Во внимании, которое Джоуль уделил отношениям эквивалентности между теплотой и другими физическими величинами, проявлялся совершенно новый взгляд на изучаемые явления* [там же]. Следует сразу сказать, что Розенфельд ошибся: сам факт нагрева проводников, по которым протекает электрический ток, был известен и до Джоуля, в «Экспериментальных исследованиях по электричеству» Фарадей обсуждал соответствующие эффекты.



Дом Джоуля в Солфорде, графство Большой Манчестер.

В 1843 г. Джоуль сделал вторую попытку и послал в «Philosophical Transactions» статью, рассказывающую об экспериментах со сжатием и расширением воздуха. Лабораторная установка состояла из двух цилиндров, соединенных между собой трубкой с краном. Вся конструкция помещалась в заполненный водой калориметр. В первом эксперименте в один из цилиндров закачивался воздух до достижения давления в 22 атм. Рассчитывалась работа по сжатию воздуха, а по изменению температуры воды измерялось выделившееся при этом количество теплоты. В предположении, что работа равняется количеству теплоты, вычислялся механический эквивалент теплоты.

В другом эксперименте из второго цилиндра при перекрытом кране откачивался воздух. После этого кран открывали, предоставляя воздуху возможность занять больший объем. Температура воды при этом не изменялась. Отсутствие выделившейся теплоты было интерпретировано как свидетельство того, что работу по расширению воздуха в вакуум можно считать равной нулю. Этот эксперимент был, впрочем, модифицирован: цилиндры помещали в два разных калориметра. В новом эксперименте температура воды в первом цилиндре повысилась, а во втором понизилась на одну и ту же величину — на 2,36°C.

В этой статье Джоуля появляется первая (хотя и не строгая) формулировка закона сохранения энергии. Однако позитивно на статью никто не отреагировал. В публикации ему вновь отказано, а коллеги с недоверием высказываются о точности измерений Джоуля, утверждавшего, что ему удастся измерять температуру воды с точностью до тысячных долей градуса. В 1843 г. в жизни Джоуля произошло важное событие: его семья переехала в новый дом. Его отец, Бенджамин Джоуль, владелец пивоваренного завода, оборудовал в одной из комнат нового дома лабораторию для Джеймса. Одними из главных измерительных приборов в лаборатории были изготовленные манчестерским мастером Дж.Дансером специально для Джоуля уникальные термометры. Их точность действительно достигала нескольких тысячных долей одного градуса.

В статье Джоуля, не забывая, что ее будут внимательно читать эксперты ЛКО, несколько раз упоминает о работах Фара-

Фото Б.Прайса

дея, называя его «великим человеком». Д. Кардуэлл рассказал в биографии Джоуля о его попытках обратить на себя внимание влиятельных фигур ЛКО: о письме Фарадею, к которому Джоуль приложил свои статьи, о встречах с Фарадеем и Дж.Ф.У.Гершелем.

### Фарадей и ранняя история закона сохранения энергии

Советский историк науки З.А.Цейтлин вполне обоснованно заявлял, что первые (нестрогие) формулировки закона сохранения энергии принадлежат именно Фарадею: *Фарадей в своих исследованиях руководился величайшего значения идеей, именно принципом сохранения энергии или, как выразился Фарадей, принципом сохранения силы. К этому принципу Фарадей пришел самостоятельно задолго до опубликования работ Майера, Джоуля, Гельмгольца и других ученых, которые дали этому принципу точную количественную и качественную формулировку* [4, с.17]. В подтверждение этих слов Т.П.Кравец, редактор трехтомника М.Фарадея «Экспериментальные исследования по электричеству», перечисляет, основываясь на высказываниях Фарадея, физические явления, иллюстрирующие принцип сохранения силы: *«Сила» во многих явлениях так изменяется, что можно говорить о «преобразовании силы». Так, «химическая сила» дает электрический ток, и обратно. Теплота может преобразовываться в электричество, электричество и магнетизм преобразуются друг в друга. Но никогда, даже (!) в рыбах с электрическими органами, не наблюдается «творения силы», «производства силы» без затраты чего-либо, ее «доставляющего»* [5, с.411]. Кравец приходит к следующему выводу: *Заменим здесь «силу» «энергией» — и мы увидим широкую формулировку закона сохранения и превращения энергии; для времени Фарадея это — целая программа подлежащих установлению количественных соотношений* [там же]. Отметим, что «сила» здесь всегда соответствует слову «force» в оригинальном тексте.

### «Не проникся в полной мере новым видением ситуации...»

Я уже упоминал о первых формулировках закона сохранения энергии в статье Джоуля. Но как тогда объяснить отсутствие у Фарадея интереса к его работам? Прежде чем ответить на этот вопрос, отмечу, что разрушение стены безразличия к трудам Джоуля началось 23 июня 1847 г. В тот день в Оксфорде проходило очередное собрание Британской

ассоциации развития науки. Доклад Джоуля был посвящен очередной серии измерений механического эквивалента теплоты. Неожиданно для него один из слушателей проявил к докладу и докладчику неподдельный и нескрываемый интерес. Тем слушателем был 23-летний профессор университета Глазго У.Томсон. Двумя днями позже он написал отцу: *Джоуль, я уверен, ошибается во многих из своих идей, но, кажется, он открыл несколько фактов исключительной важности, к примеру генерацию тепла вследствие трения жидкостей* [6, с.85].

Если верить воспоминаниям Томсона, доклад Джоуля на оксфордском собрании Британской ассоциации произвел сенсацию [7, с.444] и, в частности, впечатлил Фарадея. Однако тут же Томсон заметил, что Фарадей не проникся в полной мере новым видением ситуации (*did not enter fully into new views*) [там же]. Что скрывается за этой репликой, возвращающей нас к вопросу об отношении Фарадея к Джоулю? Почему знаменитого физика не заинтересовали эксперименты его манчестерского коллеги — эксперименты, сближающие два разных раздела физики: механику и науку о теплоте? Эксперименты, результаты которых явно «работали» на достижение единства в описании физических явлений — того единства, которое выстраивал своими открытиями и сам Фарадей. Напомним, что в 1831 г. Фарадей открыл явление электромагнитной индукции, а в 1845 г. — явление вращения плоскости поляризации в магнитном поле.

### Механический эквивалент теплоты

В 1850 г. Джоуль в очередной (третий) раз послал статью в «Transactions». К тому времени он стал уже известен в научном сообществе и, надо полагать, не сомневался в положительном решении вопроса. Действительно, в 1850 г. его статья «О механическом эквиваленте теплоты» была опубликована в журнале «Philosophical Transactions of the Royal Society».

В этой статье Джоуль описал в общей сложности пять серий опытов по измерению механического эквивалента теплоты. В первой серии медное колесо с черпаками вращается в плотно закрытом медном цилиндре с ртутью. Во второй и в третьей сериях опытов использовался чугунный цилиндр, ртуть была заменена водой, а колесо сделано из кованого железа. При этом экспериментальная установка модифицирована так, чтобы минимизировать перемещение самой жидкости в ходе эксперимента. В четвертой и пятой сериях использовался чугунный резервуар, внутри которого была ртуть, но выделение теплоты было связано уже



Аппарат Дж.Джоуля для измерения механического эквивалента тепла. Экспонат Музея науки в Лондоне.

Фото М.Юнге

с трением друг о друга двух чугунных дисков. Ученый рассчитал механическую работу, измерил количество выделившейся теплоты и определил механический эквивалент теплоты. В последних двух сериях численное значение коэффициента получилось несколько большим, нежели в предыдущих (примерно на 0.14%). По этому поводу Джоуль заметил: *В высшей степени вероятно, что эквивалент, полученный по чугуну, получился несколько выше потому, что при трении отрывались частицы металла и, следовательно, некоторая часть силы шла на преодоление сцепления* [8, с.38].

Сравнивая разные серии экспериментов, Джоуль предложил считать наиболее точным то значение механического эквивалента теплоты, которое было получено в опытах с водой, отметив, впрочем, что некоторые погрешности оказываются неустранимыми: *...так как даже при опытах с жидкостями невозможно устранить полностью ни сотрясений, ни хотя бы тихих звуков, то приведенное число, вероятно, еще несколько велико* [8, с.39]. В целом в экспериментах 1850 г. численное значение механического эквивалента теплоты близко к современному и составляет 4.16 Дж/кал.

### Фарадей — рецензент Джоуля. Слова против слов

Весьма любопытный документ был обнаружен в архиве лорда Кельвина в Кембриджском университете. В обширной его переписке с Джоулем (она началась в 1847 г.) есть письмо Джоуля от 21 сентября

1855 г. Тот пишет, что, разбирая свои бумаги, обнаружил листки с рукописным текстом — рецензией на его статью «О механическом эквиваленте теплоты», представленную для опубликования в «Philosophical Transactions». Подписи на листе нет, но почерк практически без сомнений принадлежит Фарадею. Рецензент (т.е. Фарадей) позитивно отозвался об авторе, отметив его *детальные и многочисленные эксперименты, выполненные с «большим усердием» (with great industry)* [7, p.445]. Несколько замечаний касались ясности изложения. В самом начале рецензии Фарадей, следуя тексту рецензируемой статьи, кратко перечисляет основные результаты, полученные Джоулем начиная с 1840 г.

В изложении Фарадея автор рецензируемой статьи приходит к следующим выводам: *...что при трении жидкостей так же, как и твердых тел, выделяется теплота и что количество единиц работы, которую необходимо совершить для производства такого количества тепла, которое необходимо для повышения температуры одного фунта воды на 1°F и выделяющегося или вследствие трения жидкостей либо твердых тел... или посредством магнетозлектрического действия, является одной и той же величиной* [7, p.447].

Есть в рецензии и замечание по содержанию статьи. Что не понравилось Фарадею в статье Джоуля? Фарадей выделяет следующее высказывание Джоуля: *...для определенного количества теплоты, порожденного механической силой, требуется всегда одно и то же количество силы (измеренной как работа); поэтому теплота может быть превращена в силу и сила в теплоту* [7, p.447]. Для одного из авторов закона сохранения энергии высказывание вполне ожидаемое. Однако Фарадей выделяет фрагмент этого высказывания, называет его *странным* и отмечает, что, основываясь на нем, Джоуль говорит о *трении как состоящем в преобразовании силы в тепло*. Отмечая это, рецензент рекомендует переработать статью.

Пожелания рецензента были доведены до сведения автора, и Джоуль внес в текст изменения.

### О разрушении неразрушаемой «силы»

Эти изменения легко увидеть, сравнив два варианта статьи: журнальный и опубликованный в 1885 г. в сборнике научных трудов Джоуля. Журнальную статью завершают два вывода. Во-первых, количество теплоты, производимое при трении тел, твердых или жидких, всегда пропорционально количеству расходуемой силы. Во-вторых, на производство теплоты, способной увеличить температуру фунта воды (взятой при температуре между 55 и 60°F)

на один градус по шкале Фаренгейта, требуется израсходовать механическую силу, представленную падением 772 фунтов с высоты в один фут.

В издании 1885 г. эти выводы сопровождаются комментарием автора: *Третий вывод... удаленный в соответствии с пожеланиями комитета, которому была направлена статья, утверждал, что трение состоит в преобразовании механической энергии* [здесь Джоуль использует слово «power». — Б.Б.] *в тепло* [7, р.446]. И так, реагируя на замечания «комитета» (который, видимо, и представлял Фарадей), Джоуль удалил одну фразу — скорее всего, это было условием публикации в «Philosophical Transactions». Этот факт подробно прокомментировал историк науки К.Смит. Он подчеркнул, что Фарадей, признавая экспериментально обоснованные выводы №1 и №2, отверг «теоретический» вывод №3, предполагающий вполне определенную интерпретацию выполненных Джоулем экспериментов. Соглашаясь с тем, что *определенное количество теплоты, будучи порождено механической силой, требует всегда одинаковой силы («измеренной как работа»), Фарадей отвергает тезис «поэтому тепло может быть превращено в силу и сила в тепло* [7, р.449].

Пятью годами раньше, в 1845 г., позиция Фарадея не столь сильно отличалась от взглядов Джоуля: *Я давно уже придерживался мнения — и оно почти достигло степени убеждения, — и того же мнения, как, мне думается, придерживаются многие другие любители естествознания, а именно что различные формы, в которых проявляются силы материи, имеют общее происхождение, или, другими словами, настолько близко родственны друг другу и взаимно зависимы, что они могут как бы превращаться друг в друга и обладают в своем действии эквивалентами силы* [9, с.11–12]. Но со временем взгляды Фарадея изменились. В 1857 г. в статье «О сохранении силы» он написал: *Сила никогда не может быть ни создана, ни разрушена* [7, р.447]. Попробуем понять, в каком смысле это утверждение противоречит отвергнутым Фарадеем словам Джоуля.

### «Сила» Джоуля и «сила» Фарадея

Как уже было отмечено, термин «сила» (force) не поддается однозначному переводу на современный язык. О.Рейнольдс, первый биограф Джоуля, следующим образом расшифровывает позицию Фарадея. В понимании того «сила» не может превратиться в теплоту — ведь, допуская это, необходимо будет допускать ее («силы») разрушение. «Сила» Джоуля, напротив, очень близка к понятию энергии, и превращение ее в теплоту означает

примерно то же самое, что имеем в виду мы, когда говорим о превращении кинетической энергии системы во внутреннюю — в энергию беспорядочного теплового движения частиц тела. Соответственно, «сила» Джоуля не разрушается, но превращается в другую «силу». Возможность превращения допускается динамической теорией тепла и не допускается субстанциальной теорией.

В 1857 г., упоминая динамическую теорию тепла и концепцию теплорода, Фарадей указал, что *принцип сохранения силы* совместим с каждой из них [7, р.447]. В то же самое время Джоуль в разных статьях подчеркивал, что только динамическая теория теплоты, объясняющая теплоту движением частиц, соответствует представлениям о превращении механической энергии в тепловую.

Суммируя высказывания Фарадея, Смит реконструировал его отношение к Джоулю. Смит считает, что у Фарадея был собственный принцип сохранения силы. Так и следует понимать его слова об *общем происхождении* различных форм, в которых проявляются *силы материи* и которые *могут как бы превращаться друг в друга* [подчеркнуто мной. — Б.Б.]. Установленные Джоулем в его многочисленных экспериментах «соотношения эквивалентности» вполне вписывались в такую отвлеченную формулировку. Однако не «как бы», а реальное превращение механической энергии в тепловую в процессе трения жидкостей и твердых тел, подтверждаемое численным равенством этих энергий, принципу сохранения силы в понимании Фарадея не соответствовало. Фарадей не был сторонником ни динамической теории тепла, ни субстанциальной теории. Ни о каком превращении механической энергии в тепловую при трении говорить, с его точки зрения, недопустимо. Напомню также о скептическом отношении Фарадея к математическому описанию физических явлений (в 1833 г. в письме М.Ф.Сомервилль\* он отметил успех своего экспериментального подхода к изучению физических явлений, противопоставив его *математическому подходу* Ампера, ограниченному в возможностях [10]).

### Кому и для чего нужна наука?

Некоторые исследователи считают, что различие между Фарадеем и Джоулем не ограничивается разным пониманием закона сохранения энергии. Так, автор книги «Фарадей — сандеманианин и ученый»

\* Мэри Фэрфокс Сомервилль — шотландский популяризатор науки и эрудит, специалист в области математики и астрономии. Ее деятельность относится ко времени, когда участие женщин в научной деятельности было крайне ограниченным.

Дж. Кантор проследил влияние религиозных взглядов Фарадея на его мировосприятие. Сравнивая Фарадея с Джоулем, он сослался на слова Джоуля о *мудрости Великого архитектора природы*, создавшего *механическую Вселенную* [11, р.193].

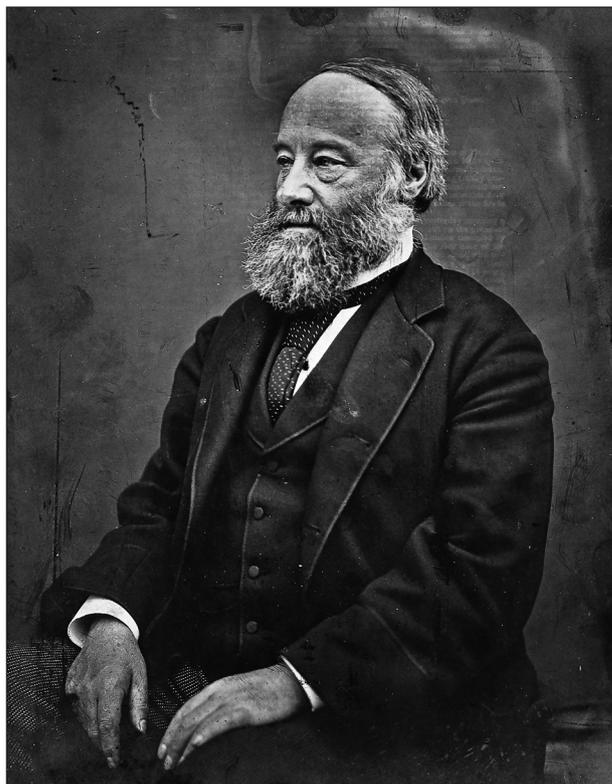
Фарадей же, как член протестантской общины сандеманиан, воспринимал библейский текст дословно. В его представлении Творец создает Силу (power) — источник тех сил, которые мы наблюдаем и изучаем. Эти силы не сводятся к механике и не могут быть описаны языком математики. По словам Кантора, *Бог Фарадея не был ни инженером, ни механиком* [11, р.193]. Напротив, для Джоуля, как жителя промышленного Манчестера, ценность представляет в первую очередь количественный эксперимент.

Фарадей был ориентирован на открытие законов, которые согласно воле Творца управляют Вселенной. С наукой он прежде всего связывал совершенствование человека как личности. И в меньшей степени его интересовала наука как источник новых технологий. Замечу, что Джоуль, как и Фарадей, не получил высшего образования. В отличие от Фарадея, у него это не было связано с отсутствием средств. Семья Джоулей принадлежала к Независимой церкви, и Кардвел полагает, что именно это обстоятельство удерживало Джоуля от поступления в университет. В 1830-х годах британские университеты выдавали дипломы только тем, кто принадлежал к англиканской церкви. Есть и другое мнение: получить систематическое образование Джоулю помешало слабое здоровье — в детстве он часто болел. Школу Джеймсу и его брату заменил частный учитель. Им был знаменитый английский химик и физик Дж. Дальтон.

### Пенсионная история: Джоуль и Фарадей

При всех различиях между Фарадеем и Джоулем оба представляли английскую науку. Одной из ее главных особенностей была независимость от государства. ЛКО среди прочего отличалась от иных национальных академий наук отсутствием регулярного вознаграждения, получаемого академиками. В Великобритании, как нигде в мире, было много успешных естествоиспытателей, проводивших исследования на собственные средства. Таким ученым-любителям был, к примеру, знаменитый Г. Кавендиш. Таким был и сын владельца пивоваренного завода Джоуль.

При всем том государство ученых поддерживало. Как известно, выдающиеся представители британской науки возводились в рыцарское достоинство (сэр Хемфри Дэви, лорд Кельвин, лорд



Дж.П. Джоуль в последний год жизни.

Резерфорд). Поддержка была не только символической, но в некоторых случаях финансовой, в виде ежегодных пенсий. У Фарадея такая пенсия составляла 300 фунтов стерлингов в год (от титулов он отказался), у Джоуля — 200. Сообщая Фарадею о назначении ему пенсии, премьер-министр допустил бестактные высказывания, в ответ на которые Фарадей от пенсии отказался. В ситуацию вмешался король Вильгельм IV, и премьер-министру пришлось извиниться перед знаменитым физиком.

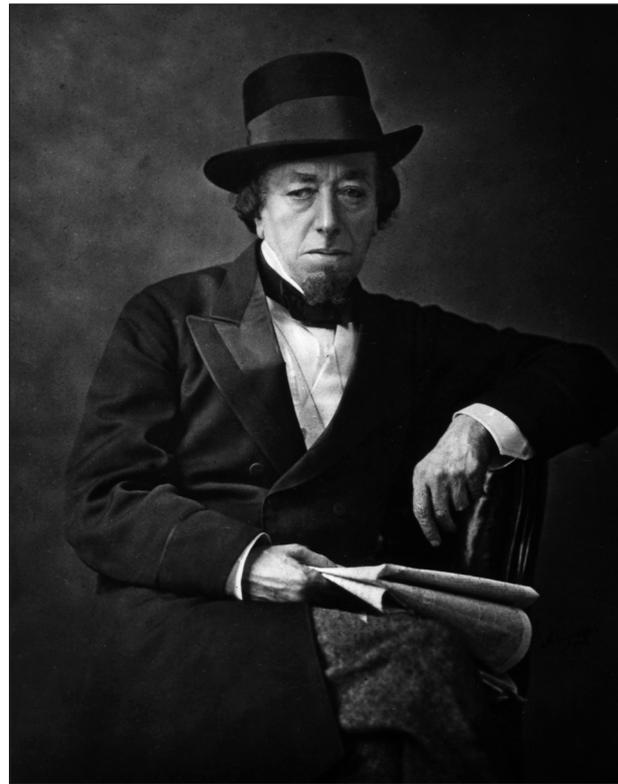
Но почему пенсия Джоуля была меньше пенсии Фарадея? Означает ли это, что заслуги Джоуля государство оценило в меньшую сумму, нежели заслуги Фарадея? Ответ на этот вопрос находим в сохраненной архивами переписке коллег Джоуля с офисом премьер-министра.

Первое событие в пенсионном кейсе Джоуля датировано 16 апреля 1878 г., в тот день сэр Дж. Д. Гукер, президент ЛКО, направил М. У. Л. Корри, личному секретарю премьер-министра Б. Дизраэли, графу Биконфильду, петицию, подписанную практически всеми известными учеными Великобритании. Петиция призывала правительство назначить доктору Джоулю ежегодную пенсию. В сопровождающем петицию письме президент ЛКО отметил, что *доктрина сохранения энергии по важности*

сравнима с гравитацией и с открытиями Фарадея, и мы надеемся, что д-р Джоуль получит такое же признание, как и д-р Фарадей, а именно ежегодную пенсию в 300 фунтов стерлингов [6, р.246]. Что представляла собой эта сумма? С 1836 по 1856 г. Фарадей был научным консультантом морской компании «Тринити Хаус» (он занимался, в частности, модернизацией маяков и ламп для них). Компания платила знаменитому физики 200 фунтов в год.

Петиция начинается с напоминания премьер-министру о той особенности английской науки, о которой мы говорили выше: *До сих пор научная репутация этой страны среди других европейских стран в большей степени определялась достижениями отдельных личностей, нежели вкладом больших групп. Этими достижениями мы обязаны усилиям людей, мотивацией для которых была в большей степени любовь к знанию, а не занимаемая ими должность. Ни Кавендиш, ни Дарвин не были университетскими профессорами; то же самое относится и к исследователю, научным работам которого посвящено данное письмо. В течение сорока лет, не занимая никакой официальной должности, Джеймс Прескотт Джоуль проводил научные исследования. Ни по масштабу проблем, в решении которых он участвовал, ни по успешности и завершенности решений ему не было равных. Не только в этой стране, но и в научном мире в целом он занимает, по общему согласию, положение, соответствующее только большим именам. Тридцать пять лет назад он начал исследования в отношении великого принципа сохранения энергии и с тех пор и по настоящее время он в основном вовлечен в усиление и иллюстрацию этого принципа. Никакой закон или теория, когда-либо провозглашенные в науке, не превосходят его по своей важности. Его экспансия и разнообразные применения в настоящий момент большей частью происходят из инициатив Джоуля <...> Именно он поставил доктрину сохранения энергии на неоспоримую основу эксперимента [6, р.283].*

Вскоре президент ЛКО встретился с премьер-министром. Встреча была весьма продолжительной, и вот что сообщал президент в письме, адресованном Г.Э.Роско (профессору химии Оуэнс-колледжа в Манчестере): *300 фунтов получить будет непросто, но я не отчаиваюсь. Пенсия для Фарадея не рассматривается как прецедент. Тогдашнее правительство назначало такие пенсии разным выдающимся людям в знак признания их заслуг, в дальнейшем же от такой практики отказались, и в течение многих лет никто более 200 фунтов не получал [6, р.248].* В том же письме президент ЛКО сообщал также о просьбе премьера информиро-



Б.Дизраэли (граф Биконфильд)\*.

Фото К.Дж.Хьюза

вать его в частном порядке об образовании Джоуля и о его семейном положении.

В ответном письме Роско заметил, что образование Джоуль получил самостоятельно, поскольку *в то время в провинции у молодых людей не было возможностей изучать естественные науки, и, следовательно, государство обязано своими важнейшими открытиями единственно таланту Джоуля [там же].* Упоминание о пенсии Фарадея как о прецеденте предполагало, что его и Джоуля вклад в науку сопоставим. К чести действующих лиц этой истории, они не стали сравнивать между собой «что больше весит» — многочисленные открытия Фарадея или многолетние эксперименты Джоуля по измерению механического эквивалента теплоты. К тому же главное достижение Фарадея — его участие в создании теории электромагнитного поля — не могло быть оценено должным образом. До опытов Герца, зарегистрировавшего электромагнитные волны и подтвердившего тем самым одно из главных предсказаний теории электромагнитного поля Фарадея — Максвелла, оставалось десять лет.

\* 42-й премьер-министр Великобритании (1874–1880). Снимок сделан 22 июля 1878 г. Национальная портретная галерея в Лондоне, экспонат NPG x665.

При всем том в одном измерении своей научной биографии Фарадей, без сомнения, опередил Джоуля. Речь идет о публичных научно-популярных лекциях. Автор законов электролиза и закона электромагнитной индукции заслужил признание общества бескорыстием, с которым на протяжении всей жизни просвещал своих соотечественников вне зависимости от их возраста и социального положения. Отметив это обстоятельство в письме, адресованном Роско, президент ЛКО написал: *Хотя теоретически работа д-ра Джоуля заслуживает 300 фунтов, я думаю, что его друзья согласятся на 200 фунтов* [6, р.249]. Публичные лекции читал и Джоуль; правда, Кардвелл говорит о всего лишь нескольких таких лекциях за всю его жизнь. Для Джоуля — в этом еще одно его отличие от Фа-

радея — публичные лекции были прежде всего еще одной возможностью популяризировать свои идеи. Такой, например, была лекция «О веществе, живой силе и теплоте», прочитанная в Манчестере в библиотеке школы церкви Святой Анны 28 апреля 1847 г. Полный текст лекции опубликовала газета «Манчестерский курьер». Биографы Джоуля называют эту лекцию «вехой» в научной биографии своего героя: именно в ней впервые были отчетливо сформулированы идеи Джоуля в отношении сохранения энергии (сам термин у него отсутствует).

В июне 1878 г. Джоуль получил письмо от Дизраэли с сообщением об указе Ее Величества, назначившей ему ежегодную пенсию размером в 200 фунтов стерлингов. ■

### Литература / References

1. Кузнецова О.В. Учение о теплоте в XIX веке: атомистика, термодинамика и статистическая механика. Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах: Физика XIX века. М., 1995; 117–193. [Kuznetsova O.V. The theory of heat in the 19th century: atomistics, thermodynamics, and statistical mechanics. Physics of the XIX–XX centuries in general scientific and socio-cultural contexts: Physics of the XIX century. Moscow, 1995; 117–193. (In Russ.)]
2. Щербаков Р. Рыцари великого закона. Природа. 2016; 2: 68–76. [Sherbakov R. Knights of the Great Law. Priroda. 2016; 2: 68–76. (In Russ.)]
3. Rosenfeld L. Joule's Scientific Outlook. Bulletin of the British Society for the History of Science. 1952; 1(7): 169–176.
4. Цейтлин З.А. Михаил Фарадей. Краткий биографический очерк. Фарадей М. Силы материи и их взаимоотношения. М., 1940; 3–22. [Zeitlin Z. Mikhail Faraday. Brief biographical sketch. Faraday M. Forces of matter and their relationship. Moscow, 1940; 3–22. (In Russ.)]
5. Кравец Т.П. О втором томе «Экспериментальных исследований по электричеству» М.Фарадея. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т.2. М., 1951; 407–422. [Kravetz T.P. About second volume of the Experimental researches in electricity by M.Faraday. Faraday M. Experimental researches in electricity. V.2. Moscow, 1951; 407–422. (In Russ.)]
6. Cardwell D. James Joule: A biography. Manchester, 1989.
7. Smith C.W. Faraday as referee of Joule's Royal Society paper "On the mechanical equivalent of heat". Isis (A Journal of the History of Science Society). 1976; 67(3): 444–449.
8. Розенбергер Ф. История физики: Ч.3. Вып.2. М.; Л., 1936. [Rosenberger F. History of physics: Pt.3. Issue 2. Moscow; Leningrad, 1936. (In Russ.)]
9. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т.3. М., 1959. [Faraday M. Experimental researches in electricity. V.3. Moscow, 1959. (In Russ.)]
10. James F.A.J.L. Faraday, Michael (1791–1867). Oxford Dictionary of National Biography (online ed.). Oxford, 2004.
11. Cantor G. Michael Faraday: Sandemanian and Scientist. A Study of Science and Religion in the Nineteenth Century. L., 1991.

### “Forces” and Energy: Michael Faraday vs. James Joule

B.V.Bulyubash

Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University (Nizhny Novgorod, Russia)

The article discusses the relationship between two prominent physicists of the 19th century — J.P.Joule and M.Faraday. Faraday's lack of interest in Joule's work is noted. Faraday's review on Joule's article is analyzed. It is shown that scientists put different meanings into the “principle of conservation of force” and answered the question about the nature of heat in different ways. The article also discusses the general scientific views of Faraday and Joule in the context of a possible connection with their religious worldview.

**Keywords:** Joule, Faraday, Kelvin, law of conservation of energy, science and religion, mechanical equivalent of heat, Royal Society of London.