

*Из истории естествознания*  
*From the History of Science*

DOI: 10.31857/S020596060017503-5

**ДЖОУЛЬ, МАЙЕР И ДРУГИЕ: СПОР О ПРИОРИТЕТЕ  
В ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА ТЕПЛОТЫ  
ДЛИНОЮ В ПОЛТОРА ДЕСЯТИЛЕТИЯ**

*БУЛЮБАШ Борис Викторович* – Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева; Россия, 603950, Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24;  
E-mail: borisbulubash@gmail.com

© Б. В. Булюбаш

В статье рассмотрена история дискуссии относительно приоритета в определении механического эквивалента теплоты, фигурантами которой были Дж. Джоуль и Р. Майер. В ней можно выделить два этапа. На первом ее участниками были сами ученые: Майер, оценивший численное значение механического эквивалента теплоты путем привлечения данных эксперимента Ж. Л. Гей-Люссака, и Джоуль, определивший значение этого коэффициента в собственном эксперименте, но сделавший это позже Майера (отметим, что Джоуль не знал об эксперименте Гей-Люссака). В статье показано, что Джоуль и принимавший участие в дискуссии У. Томсон в конце концов признали (хотя формально и с оговорками) приоритет Майера.

На втором этапе дискуссия велась между представителями научного мира Великобритании, которые выступали в поддержку позиций Майера или Джоуля. Так, в пользу приоритета Майера высказывался профессор Королевского института в Лондоне Дж. Тиндаль (именно он и инициировал возобновление дискуссии), а первенство Джоуля поддерживали профессор Университета Глазго У. Томсон и профессор Эдинбургского университета П. Тэт. Отмечается, что на тональность дискуссии большое влияние оказали личная неприязнь между Тиндалем и Тэтом, а также конкурентное отношение Тиндаля к Томсону, приведены примеры провокационных реплик Тэта и ответной реакции Тиндаля. Обсуждается специфический формат участия Джоуля во втором этапе дискуссии, который принял форму частной переписки между Джоулем, Тэтом, Томсоном и Тиндалем. Указывается, что за время, прошедшее после окончания первого этапа дискуссии, уровень неприятия научным сообществом аргументации Майера существенно снизился.

Символическим завершением дискуссии стало присуждение в 1870–1871 гг. высшей научной награды Лондонского королевского общества – медали Копли – и Джоулю, и Майеру, причем их общим номинатором стал Тиндаль.

*Ключевые слова:* закон сохранения энергии, механический эквивалент теплоты, Дж. Джоуль, Р. Майер, Дж. Тиндаль, У. Томсон, П. Тэт, уравнение Майера, спор о приоритете, медаль Копли.

Статья поступила в редакцию 16 января 2021 г.

## **JOULE, MAYER, AND OTHERS: A DECADE-AND-A-HALF-LONG DEBATE OVER PRIORITY IN THE DISCOVERY OF THE MECHANICAL EQUIVALENT OF HEAT**

**BULYUBASH Boris Viktorovich** – *Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev; Ul. Minina, 24, Nizhny Novgorod, 603950, Russia;*  
*E-mail: borisbulyubash@gmail.com*

© B. V. Bulyubash

*Abstract:* This article reviews the history of a debate over priority in the discovery of the mechanical equivalent of heat that was centered around J. P. Joule and J. R. von Mayer. The following two stages may be distinguished in this debate. During the first stage, those involved in it were Joule and Mayer themselves. While Mayer presented a numerical value for the mechanical equivalent of heat, which was based on the data from Gay-Lussac's experiment, Joule determined the value of this coefficient in his own experiment although he did it later than Mayer (actually, Joule was unaware of Gay-Lussac's experiment). This article shows that, in the end, Joule and William Thomson, who also participated in the debate, recognized (even though formally and with reservations) Mayer's priority.

During the second stage of the debate, its participants were British scientists who supported Mayer or Joule. Thus, Mayer's priority was supported by Professor J. Tyndall of the Royal Institution in London and it was he who initiated the resumption of the discussion. Joule's priority was advocated by Professor W. Thomson of the University of Glasgow and Professor P. Tait of the University of Edinburgh. It is noted that a personal animosity between Tyndall and Tait, as well as Tyndall's competitive attitude towards Thomson, had a significant impact on the tone of the debate, and the examples of Tait's provocative remarks and Tyndall's reactions are provided. Joule's involvement during the second stage of the debate that was mostly limited to private correspondence between himself, Tait, Thomson, and Tyndall, is discussed. Over the time elapsed after the first stage of the debate, the level of rejection of Mayer's arguments by the scientific community had decreased significantly.

The awarding of the Royal Society's Copley Medal to Joule (1870) and Mayer (1871), both of them nominated by Tyndall, came as a symbolic conclusion of the debate.

*Keywords:* law of conservation of energy, mechanical equivalent of heat, J. P. Joule, J. R. von Mayer, J. Tyndall, W. Thomson, P. G. Tait, Mayer's equation, debate over priority, Copley Medal.

*For citation:* Bulyubash, B. V. (2021) Dzhoul', Maier i drugie: spor o prioritete v opredelenii mekhanicheskogo ekvivalenta teploty dlinoiu v poltora desiatiletia [Joule, Mayer, and Others: A Decade-and-a-Half-Long Debate over Priority in the Discovery of the Mechanical Equivalent of Heat], *Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki*, vol. 42, no. 4, pp. 609–630, DOI: 10.31857/S020596060017503-5

Первая в мире официальная награда за научные достижения – медаль Копли (*Copley Medal*) – присуждается Лондонским королевским обществом начиная с 1731 г. Ее первым обладателем стал английский физик С. Грей. С тех пор и по сей день медаль Копли остается самой престижной наградой общества. В разное время ее получили Ч. Дарвин, Д. И. Менделеев, А. Эйнштейн, И. П. Павлов.

В 1870, 1871 и 1873 гг. медалью Копли были награждены авторы закона сохранения энергии английский физик Дж. Джоуль, немецкий врач и естествоиспытатель Р. Майер и немецкий естествоиспытатель Г. Гельмгольц. Номинатором Джоуля был профессор Королевского института в Лондоне Дж. Тиндаль<sup>1</sup>. Его представление было коротким: «...за экспериментальные работы по динамической теории тепла». В терминологии того времени динамической теорией тепла обычно называли концепцию, согласно которой теплота не является материальной субстанцией, но представляет собой состояние движения, измеряемое кинетической энергией. В следующем 1871 г. Тиндаль номинировал на медаль Майера. В качестве достижений Майера он назвал статьи по разным вопросам, в том числе по небесной механике и по механическому эквиваленту теплоты. Номинатором Гельмгольца был физиолог М. Фостер, отметивший среди достижений номинируемого, «мемуар о сохранении энергии», а также «работы по физиологической оптике и физиологической теории музыки»<sup>2</sup>.

Для Джоуля это была уже вторая награда общества, первую – Королевскую медаль – он получил в 1852 г. за исследования механического эквивалента тепла. Обращая внимание на сам факт присуждения двух наград за одно открытие, президент Лондонского королевского общества Э. Сабин самокритично отметил, что речь идет о крайне редком событии<sup>3</sup>. Надо полагать, что общество не было готово наградить медалью Гельмгольца и Майера и оставить без награды своего знаменитого соотечественника.

<sup>1</sup> *Cahan, D.* The Awarding of the Copley Medal and the 'Discovery' of the Law of Conservation of Energy: Joule, Mayer and Helmholtz Revisited // *Notes and Records of the Royal Society*. 2012. Vol. 66. No. 2. P. 125–139.

<sup>2</sup> *Ibid.* P. 127.

<sup>3</sup> *Ibid.* P. 128.

## Джоуль и Майер

В 1852 г., когда Джоуль получил Королевскую медаль, главные события в истории открытия закона сохранения энергии были уже в прошлом. В 1847 г. вышел в свет трактат Гельмгольца «О сохранении силы»<sup>4</sup>, немецкому ученому удалось среди прочего построить математическое описание процессов превращения энергии в механике и электромагнетизме. К главным событиям относятся также и сами эксперименты Джоуля, в которых был измерен механический эквивалент теплоты (1843–1847) и появление в 1850 г. в журнале Лондонского королевского общества статьи с описанием этих экспериментов<sup>5</sup>. Впервые Джоуль представил их в 1843 г. на собрании Британской ассоциации в Корке; в своем докладе он рассказывал об определении механического эквивалента, основанном на измерениях количества теплоты, выделяемой током индукционного происхождения, и работы, затраченной на генерацию тока<sup>6</sup>.

Среднее по серии экспериментов значение эквивалента оказалось равным 4,19 Дж/кал (при значительном разбросе – максимальное значение в 1,6 раза превышало минимальное). В том же году Джоуль определяет механический эквивалент по иной схеме, продавливая воду через маленькие отверстия, вновь измеряя повышение ее температуры и рассчитывая соответствующую работу. В этом случае выделение теплоты связано с действием сил вязкого трения – с непосредственным превращением механической энергии в тепловую. Упомянув о новой схеме определения механического эквивалента в постскриптуме к предыдущей статье, Джоуль впервые заявляет о своем убеждении в том, что

могучие силы природы, созданные велением творца, *неразрушимы* (курсив в оригинале. – Б. Б.) и что во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты<sup>7</sup>.

В современных единицах измерения механический эквивалент теплоты у Джоуля получался равным 4,14 Дж/кал. Таким образом, численные значения механического эквивалента теплоты в существенно отличающихся схемах измерений оказались величинами одного порядка. Этот факт Джоуль рассматривал как свидетельство реального существования коэффициента

---

<sup>4</sup> Helmholtz, H. Über die Erhaltung der Kraft. Berlin: G. Reimer, 1847 (рус. пер.: Гельмгольц Г. О сохранении силы. 2-е изд. М.; Л.: Гостехтеориздат, 1934).

<sup>5</sup> Joule, J. On the Mechanical Equivalent of Heat // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1850. Vol. 140. Pt. 1. P. 61–82.

<sup>6</sup> Joule, J. On the Caloric Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 1843. Vol. 23. No. 152. P. 263–276.

<sup>7</sup> Joule, J. On the Caloric Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat. Part II. On the Mechanical Value of Heat // The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 3<sup>rd</sup> Series. 1843. Vol. 23. No. 154. P. 442.

пересчета между калорией и единицей механической энергии (работы)<sup>8</sup>. Что же касается Майера, то в качестве «соавтора» закона сохранения энергии он был признан научным сообществом позже, в 60-х гг. XIX столетия. Заметим, что, описывая историю закона, многие авторы, отдавая должное Джоулю и Гельмгольцу, наибольшее внимание уделяют Майеру<sup>9</sup>. По словам М. Планка, Майер «предпочитал философски обобщать, нежели эмпирически строить по частям»<sup>10</sup>. Возможно, именно таких обобщений не хватало естествоиспытателям, уже прочитавшим трактат Гельмгольца и статьи Джоуля. Именно поэтому Майер стал первым, кто обсуждал происходящие в живой и неживой природе превращения энергии из одной формы в другую, метаболические процессы в живых организмах<sup>11</sup>.

«Научные характеры» Майера, Джоуля и Гельмгольца существенно отличались друг от друга<sup>12</sup>. При этом – вновь обратимся к книге Планка «Принцип сохранения энергии» –

иногда любят противопоставлять несколько неопределенно философствующему Майеру его партнера Джоуля – как более трезвого, придерживающегося отдельных фактов строгого эмпирика.

Черно-белые краски такого противопоставления Планка не устраивают, и он продолжает:

Но как было бы мыслимо, чтобы Джоуль проводил свои знаменитые опыты с таким неутомимым усердием и таким упорным терпением [...] как это было бы мыслимо, если бы он уже заранее при своих первых экспериментах, которые сами по себе еще не дают права на столь великолепное обобщение, не был бы одушевлен новой идеей и не охватил бы ее сразу во всей ее общности.

Планка не устраивает и характеристика Майера как «неопределенно философствующего», он считает необходимым подчеркнуть:

...хорошо известно, что заслуги Майера в новое время вполне оценены и признаны нашими наиболее талантливыми людьми науки (в Англии они были впервые представлены в истинном свете Тиндалем)<sup>13</sup>.

Активные действия по пропаганде работ Майера, предпринятые профессором Королевского института в Лондоне Тиндалем начиная с 1862 г., были непосредственно связаны с дискуссией о том, кто (Майер или Джоуль) первым определил численное значение механического эквивалента теплоты.

---

<sup>8</sup> Fox, R. M. James Prescott Joule // *Mid-Nineteenth-Century Scientists: The Commonwealth and International Library. Liberal Studies Division / J. North (ed.)*. Oxford: Pergamon Press, 1969. P. 72–103.

<sup>9</sup> См.: Франкфурт У. И. Закон сохранения и превращения энергии. М.: Наука, 1978; Кудрявцев П. С. История физики. М.: Учпедгиз, 1956. Т. 2.

<sup>10</sup> Планк М. Принцип сохранения энергии. М.; Л.: ГОНТИ, Ред. тех.-теорет. лит.-ры, 1938. С. 31.

<sup>11</sup> Turner, R. Julius Robert Mayer // *Dictionary of Scientific Biography / Ch. Gillispie (ed.)*. New York: Charles Scribner's Sons. 1974. Vol. 9. P. 237.

<sup>12</sup> См.: Шербаков Р. Рыцари великого закона // *Природа*. 2016. № 2. С. 68–76.

<sup>13</sup> Планк. Принцип сохранения энергии... С. 37.

## Майер или Джоуль?

Ситуация, при которой авторами одного и того же открытия признаются сразу несколько человек, в истории науки встречается нечасто, тем более если речь идет о позапрошлом столетии, когда ученые проводили исследования, как правило, в одиночку. В нашем случае каждый из авторов, действуя независимо, внес в создание закона свой уникальный вклад, и возможность приоритетного спора, казалось бы, должна быть исключена. Так, дедуктивный метод Майера (обосновавшего закон с точки зрения теории познания) и индуктивный метод Джоуля (экспериментальное подтверждение закона) удачно дополняют друга. Однако любые классификации неизбежно упрощают реальное развитие событий – в нашем случае интуиция помогла Майеру использовать имеющиеся в литературе данные и, не проводя опытов, первым в истории оценить величину механического эквивалента теплоты. Эту же величину определил Джоуль, но в собственноручно выполненных экспериментах. Кого считать первым? Ответ на этот вопрос как раз и стал причиной дискуссии между Джоулем и Майером.

Вопрос об упущенном приоритете впервые поставил сам Майер в 1848 г., когда прочитал статью Джоуля с описанием его экспериментов по определению механического эквивалента теплоты<sup>14</sup>. Ссылки на Майера в статье отсутствовали, в то время как еще в 1842 г. – за год до первого эксперимента Джоуля – он представил собственные оценки коэффициента, связывающего калорию с единицей измерения механической энергии<sup>15</sup>. Не найдя у Джоуля ссылок на свои работы, Майер написал письмо в Парижскую академию наук<sup>16</sup>, оно и положило начало дискуссии.

Джоуль статью Майера не читал (она была опубликована в «непрофильном» для него журнале) и узнал о ее существовании из опубликованного письма Майера. Он полагал, что речь шла о недоразумении. В 1848 г. Джоуль располагал несколькими численными значениями механического эквивалента теплоты, измеренными по различной методике в поставленных им экспериментах. Майер же собственных экспериментов не проводил; его оценка механического эквивалента теплоты основывалась на анализе имевшихся в литературе экспериментальных данных. При этом методика оценки не была должным образом обоснована. Соответственно, Джоуль не считал обоснованными и заявления Майера о своем приоритете.

Начавшаяся в 1848 г. дискуссия закончилась в 1849 г. и фактически свелась к трем статьям, опубликованным в журнале «Конт рандю» (*Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*): первой статье Майера,

---

<sup>14</sup> *Joule, J. P.* Expériences sur l'identité entre le calorique et la force mécanique. Détermination de l'équivalent par la chaleur dégagée pendant la friction du mercure // *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. 1847. Т. 25. P. 309–311.

<sup>15</sup> *Mayer, R.* Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Nature // *Annalen der Chemie und Pharmazie*. 1842. Bd. 42. H. 2. S. 233–240

<sup>16</sup> Sur la transformation de la force vive en chaleur, et réciproquement (extrait d'une lettre de M. Mayer) // *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. 1848. Т. 27. P. 385–387.

ответу Джоуля и «ответу на ответ», написанному Майером. Медаль, которой Лондонское королевское общество в 1852 г. наградило Джоуля, имела к дискуссии самое непосредственное отношение. Своим решением общество поддерживало соотечественника в противостоянии с немецким коллегой.

В действительности тема дискуссии не была закрыта — как мы увидим, вопрос о Майере как об одном из авторов закона сохранения энергии вновь был поднят в 1862 г.

### **Роберт Майер: наука и жизнь**

Роберт Майер (1814–1878) родился в семье аптекаря в городе Хайльбронне. Учился в классической гимназии. В 1832 г. стал студентом медицинского факультета Тюбингенского университета. В 1837 г. был арестован и исключен из университета как член запрещенного студенческого кружка. В 1838 г. сдал государственные экзамены и получил диплом врача. В этом качестве с февраля 1840 по февраль 1841 г. он совершил плавание в Восточную Индию. Его наблюдения в этом плавании и как врача, и как естествоиспытателя в широком смысле этого слова стали началом его научной биографии.

В мае 1842 г. научный журнал «Аннален дер хеми унд фармаци» публикует небольшую по объему (6 с.) статью Майера «Замечания о силах неживой природы»<sup>17</sup>. Эта статья осталась единственной публикацией Майера в научном журнале, в остальных случаях его работы игнорировались или отвергались редакторами как не удовлетворяющие критериям научности. Шести страниц Майеру явно не хватило, и некоторые важные идеи были изложены им конспективно. Как уже говорилось, численные оценки механического эквивалента теплоты были приведены в этой статье без надлежащих пояснений. Обоснование же сделанных оценок Майер привел в своей следующей работе «Органическое движение в связи с обменом веществ», изданной за счет автора в 1845 г.<sup>18</sup> В ней, в соответствии с названием, среди прочего обсуждаются энергетические процессы в живых организмах.

Никакого интереса у научного сообщества публикации Майера не вызвали. Он продолжает работать и в 1848 г. — вновь за свой счет — издает книгу «Очерки динамики неба в популярном изложении»<sup>19</sup>, в которой предлагает метеорную теорию происхождения энергии Солнца. Согласно Майеру, Солнце получает энергию в виде кинетической энергии соударяющихся с его поверхностью метеоритов. Независимо от Майера метеорная

<sup>17</sup> *Mayer*. Bemerkungen über die Kräfte...

<sup>18</sup> *Mayer*, R. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. Heilbronn: Drechsler, 1845.

<sup>19</sup> *Mayer*, R. Beiträge zur Dynamik des Himmels in populärer Darstellung. Heilbronn: J. U. Landherr, 1848.

гипотеза разрабатывалась позже У. Томсоном и Дж. Уотерстоном<sup>20</sup>, а также Г. Гельмгольцем.

Отсутствие какой-либо реакции коллег на его исследования, жизненные трагедии (пятеро из семи детей Майера умерли в младенчестве) и особенности личности стали причиной глубокой депрессии ученого: несколько месяцев Майер проводит в психиатрической клинике, в мае 1850 г. он совершает попытку самоубийства.

### «Силы» Роберта Майера

В какой форме идея сохранения и превращения энергии присутствовала в работах Майера? Первое наблюдение в этом направлении было связано с его опытом кровопускания в качестве корабельного врача. Майер обратил внимание на изменение в окраске венозной крови матросов в зависимости от географической широты: с приближением к экватору кровь становилась более красной. Это означало, что в южных широтах в венозной крови остается больше кислорода. Майер делает вывод: в условиях жаркого климата человек потребляет меньшее количество кислорода, поскольку нуждается в меньшем количестве энергии для поддержания постоянной температуры тела (энергия выделяется при окислении пищевых веществ).

В целом аргументация Майера лишь в незначительной степени была связана с наблюдениями, экспериментами или математическими расчетами. Наиболее адекватным представляется определение его текстов как натурфилософских. Обращая внимание на их уникальность, Р. Тёрнер, автор статьи о Майере в «Словаре научных биографий», замечает, что историкам науки пока не удалось выявить связь идей Майера с немецкой наукой и философией<sup>21</sup>.

Центральным понятием для Майера является понятие «силы» (близкое по смыслу к понятию энергии). Майер настаивал на использовании именно этого термина и продолжал использовать его даже тогда, когда физики повсеместно заменили «силу» энергией. Майер называет силы первопричинами всех явлений и, ссылаясь на закон логики *causa aequat effectum* (причина равносильна следствию), делает вывод о «неразрушимости» силы. Наукой о силах Майер называет физику — в той же степени, в какой химия — это наука о веществе. Он подчеркивает, что, в отличие от вещества, силы невесомы. И подобно тому, как в химии выполняется закон сохранения массы, в физике — при происходящих с различными формами силы качественных изменениях — единая «сила» остается неизменной. В качестве примера

---

<sup>20</sup> Джеймс Уотерстон (1811–1883) — английский физик. В 1845 г. представил в журнал «Философическэл трансэксннс» статью с изложением основных идей молекулярно-кинетической теории. В его модели молекулы были твердыми шариками, а давление газа пропорционально плотности газа и живой силе (т. е. кинетической энергии) молекул. Статья Уотерстона была обнаружена Дж. У. Рэлеем в архиве журнала в 1892 г. и тогда же опубликована.

<sup>21</sup> Turner. Robert Mayer... P. 237.

Майер рассматривает движение и теплоту, определяя их как формы проявления единой неразрушаемой силы.

В «Органическом движении...» идея превращения разных форм силы друг в друга (при сохранении силы в целом) распространяется на область магнитных, электрических и химических явлений. В этом же сочинении Майер обсуждает превращения форм силы в живых организмах. Так, в растениях тепло от Солнца превращается в скрытую химическую силу, животные получают «химическую силу» с пищей, после чего она преобразуется в тепло организма и мускульную силу. Использование же мускульной силы при наличии трения сопровождается выделением некоторого количества теплоты. Майер отмечает, что у такой теплоты и у теплоты живого организма должно быть одинаковое происхождение, связанное с «химической силой».

Вопрос об эквивалентности теплоты и механической работы заинтересовал Майера в связи с обсуждением теории дыхания французского химика А. Л. Лавуазье. Достаточно быстро Майеру стало ясно: чтобы установить соотношение между теплотой и механической работой, нужно обратиться к анализу явлений, более простых по сравнению с физиологическими процессами в живых организмах.

Замечая, что движение часто исчезает без возникновения равного количества другого движения, Майер предполагает, что в подобных случаях оно превращается в другую форму проявления силы – теплоту. А следовательно, должен существовать численный коэффициент, связывающий единицу измерения движения с единицей измерения количества теплоты. Естественное название для такого коэффициента – механический эквивалент теплоты. В статье 1842 г. Майер вычисляет примерное численное значение этого коэффициента. В современных единицах измерения он, согласно Майеру, равен 3,65 Дж/кал (современное значение 4,19 Дж/кал). Как уже говорилось, подробности своих вычислений Майер обнарудовал только через три года.

### **Неизвестный эксперимент известного химика**

В случае с оценкой механического эквивалента теплоты Майер, как уже было сказано, компенсирует отсутствие собственных экспериментов анализом литературы. Так, он использовал данные малоизвестного в научном сообществе эксперимента, выполненного Ж. Л. Гей-Люссаком в 1806 г.

В опыте Гей-Люссака происходило расширения воздуха из баллона (в котором он находился под давлением), в другой баллон (из которого воздух был предварительно откачан). Гей-Люссак хотел выяснить, зависит ли теплоемкость газа от его плотности. Эксперимент показал, что при расширении воздуха «в пустоту» его температура не менялась; таким образом, уменьшение плотности не сказывалось на теплоемкости воздуха. Напомним, что теплоемкость численно равна количеству теплоты, необходимому для повышения температуры тела на один градус.

Что же увидел в этом эксперименте Майер? А вот что: в случае постоянного давления, чтобы повысить температуру газа на один градус, нужно

было сообщить ему добавочное количество теплоты — добавочное по сравнению с необходимым для такого же повышения температуры, но в условиях постоянного объема. А следовательно, теплоемкость газа при постоянном давлении должна превышать его теплоемкость при постоянном объеме; разность этих теплоемкостей как раз и составляет добавочную теплоту. Майер предположил, что добавочная теплота численно равна работе, совершаемой газом против внешнего давления. Тогда если такое давление равно нулю, то одновременно с работой газа должна обратиться в ноль и добавочная теплота. Но именно такая ситуация реализована в опыте Гей-Люссака: при расширении в пустоту воздух не совершает работы, а его температура не меняется, и для ее повышения требуется такое же количество теплоты, как и при неизменном объеме. Добавочное тепло отсутствует. Майер, таким образом, увидел в опыте Гей-Люссака косвенное подтверждение своей гипотезы.

Выступая на открытии музея Джоуля в 1927 г., профессор теоретической физики Манчестерского университета Л. Розенфельд обратил особое внимание на предлагаемую Майером интерпретацию опыта Гей-Люссака:

В своей убедительности и простоте рассуждения Майера являют собой один из самых прекрасных примеров аргументации, приводящей нас к великим открытиям в физике <sup>22</sup>.

Пусть в нашем распоряжении имеется один моль газа. Гипотеза Майера означает, что разность молярных теплоемкостей при постоянном давлении и при постоянном объеме равна работе газа при повышении его температуры на 1 °С, т. е. равна газовой постоянной:

$$C_p - C_v = R, \quad (1)$$

это уравнение известно как уравнение Майера.

Майер воспользовался имеющимися в литературе данными о численном значении  $C_p$ . Отношение теплоемкостей  $\frac{C_p}{C_v}$  можно было определить из также имевшихся в литературе сведений о скорости звука в воздухе. Левая часть уравнения (1) — разность теплоемкостей — измеряется в калориях, правая часть — работа — в механических единицах (в системе СИ — в джоулях). Таким образом, (1) дает нам соотношение между единицей измерения механической энергии (работы) и калорией.

Приведем, следуя Тёрнеру <sup>23</sup>, вывод Майером соотношения между калорией и механической единицей энергии.

Пусть  $x$  — количество теплоты, необходимое для нагрева одного кубического сантиметра воздуха от 0 до 1 °С в условиях постоянного объема. Если же постоянным поддерживается давление, то теплоты нужно будет больше, скажем,  $x + y$ , так как воздух при расширении совершит работу против силы, обеспечивающей постоянство давления. Если неизменное давление обеспечено столбиком ртути, то дополнительное количество теплоты  $y$  будет израсходовано на поднятие этого столбика. Пусть  $P$  — вес ртутного столбика и

<sup>22</sup> *Rosenfeld, L. Joule's Scientific Outlook // Bulletin of the British Society for the History of Science. 1952. Vol. 1. Iss. 7. P. 172.*

<sup>23</sup> *Turner. Robert Mayer... P. 242.*

$h$  – расстояние, на которое он поднимается при расширении воздуха. Тогда  $y =$  работе против силы тяжести  $= Ph$ . Из опубликованных данных Майер знал, что для повышения температуры одного кубического сантиметра воздуха на один градус при постоянном атмосферном давлении (т. е. высота столбика ртути равна 76 см) потребуется  $3,47 \times 10^{-4}$  калорий. Иначе говоря,  $x + y = 3,47 \times 10^{-4}$  калорий. Майер также знал, что отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме равно 1,421. Тогда  $y = 1,03 \times 10^{-4}$  калории. Коэффициент объемного расширения воздуха был известен:  $1/274$ . Это означает, что расширяющийся воздух совершает работу по поднятию столбика ртути высотой 76 см на высоту  $h = 1/274$  см. Следовательно, в соответствии с уравнением  $y = Ph$   $1,03 \times 10^{-4}$  калории  $= 10^5 \text{ Па} \times 10^{-4} \text{ м}^2 \times \frac{1}{274} \times 10^{-2} \text{ м}$  и  $1 \text{ кал} = 3,65 \text{ Дж}$ .

Статья Гей-Люссака с описанием эксперимента была опубликована в малоизвестном сборнике трудов Аркейского научного общества<sup>24</sup>. Джоуль не знал о существовании сборника и, соответственно, не знал и об эксперименте. В современных учебниках уравнение (1) следует из первого начала термодинамики и закона Джоуля, согласно которому внутренняя энергия идеального газа зависит только от абсолютной температуры газа (и не зависит от объема)<sup>25</sup>. Закон был установлен Джоулем в 1844 г. в отдельном эксперименте, аналогичном эксперименту Гей-Люссака<sup>26</sup>. Для Джоуля результаты эксперимента были аргументом против концепции теплорода, в соответствии с которой газ должен был охлаждаться также и при расширении в вакуум.

## Начало приоритетного спора

Через два месяца после выхода в свет статьи Майера 1848 г.<sup>27</sup> Джоуль сообщает в письме Томсону о претензиях «немца по имени Майер» на приоритет в открытии механического эквивалента теплоты:

Это не для меня, поскольку предполагает необходимость писать ответ в *Comptes Rendus*, но я не буду включаться в противостояние по вопросу о приоритете [...] Я не хочу монополизировать ситуацию, поскольку заслуги принадлежат всем, кто разрабатывал нашу доктрину<sup>28</sup>.

Действительно, участие Джоуля в дискуссии ограничилось одной публикацией.

<sup>24</sup> *Gay-Lussac, J. L. Premier essai pour déterminer les variations de température qu'éprouvent les gaz en changeant de densité, et considérations sur leur capacité pour le calorique // Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil. 1807. Т. 1. P. 180–203.*

<sup>25</sup> *Сивухин Д. В. Общий курс физики. М.: Наука, 1990. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика. С. 71–75.*

<sup>26</sup> *Rosenfeld. Joule's Scientific Outlook... P. 172.*

<sup>27</sup> *Sur la transformation de la force vive...*

<sup>28</sup> Цит. по: *Cardwell, D. James Joule: A Biography. Manchester: Manchester University Press, 1989. P. 100.*

В то же время его реакцию на заявления Майера можно увидеть в переписке с Томсоном. Так, в марте 1849 г. Джоуль сообщает Томсону, что Майер называет утверждение о существовании механического эквивалента теплоты «мой закон», «хотя он и не пытался его экспериментально проверить». При этом Джоуль подчеркивает: «...я не имею ни малейшего желания приуменьшить реальные заслуги Майера, и я, надеюсь, не сказал ничего, что можно было бы воспринять как сарказм или несправедливость»<sup>29</sup>.

В декабре 1848 г. Джоуль пишет ответ Майеру, соответствующая публикация появилась в 1849 г.<sup>30</sup> Джоуль уверяет Майера, что не знал о его статье в «*Аннален дер хеми унд фармаци*», и ему вполне можно поверить: физики не имеют обыкновения читать химические журналы. По поводу же заявления Майера о приоритете в определении численного значения механического эквивалента теплоты Джоуль высказывается вполне определенно. Не зная наверняка, действительно ли отсутствует зависимость теплоемкости от объема, Майер не имел никаких оснований предполагать, что вся теплота, израсходованная на расширение газа в условиях постоянного давления, численно равна совершенной газом работе.

В своем ответе Майеру Джоуль называет сделанные им оценки механического эквивалента теплоты «предсказанием»:

...каждый признает остроумие Майера, предсказавшего численные отношения, которые должны быть установлены между теплотой и силой; но нельзя, мне кажется, отрицать, что я был первым, доказавшим существование механического эквивалента теплоты и определившим его численное значение с помощью бесспорных опытов<sup>31</sup>.

В «ответе на ответ»<sup>32</sup> Майер опроверг эти суждения Джоуля «*настолько легко и убедительно, насколько только это было возможно* (курсив в оригинале. — Б. Б.)»<sup>33</sup>. Главный упрек Джоуля он отвергает, ссылаясь на эксперимент Гей-Люссака (о котором Джоуль, напомним, не знал). На эту статью Майера Джоуль не ответил, и дискуссия закончилась (неожиданно возобновившись через 14 лет).

## Признание с оговорками

В результате Джоуль и Томсон признали (с оговорками) приоритет Майера. В статье Джоуля, опубликованной в 1850 г., появилась ссылка на Майера (но исключительно на его статью в «*Аннален дер хеми унд фармаци*»). Джоуль писал:

---

<sup>29</sup> Ibid. P. 106.

<sup>30</sup> *Joule, J.* Sur l'équivalent mécanique de calorique // *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences.* 1849. T. 28. P. 132–135.

<sup>31</sup> Ibid. P. 135.

<sup>32</sup> *Mayer, J.-R.* Réclamation de priorité contre M. Joule, relativement à la loi de l'équivalence du calorique // *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences.* 1849. T. 29. P. 534.

<sup>33</sup> *Розенбергер Ф.* История физики. М.; Л.: Объединенное научно-техническое изд-во НКТП СССР, 1936. Ч. 3. Вып. 2. С. 53.

Первое упоминание об опытах, в которых было установлено возникновение теплоты от трения жидкостей, принадлежит, насколько мне известно, Майеру (1842), который утверждает, что взбалтыванием воды поднял ее температуру от 12 до 13 °С, при этом он, однако, не указывает величины затраченной им работы...<sup>34</sup>

Как мы видим, Джоуль не ссылается на сделанные Майером оценки механического эквивалента теплоты. В определенной степени признал вклад Майера и У. Томсон, выразившийся в 1851 г. в одной из своих статей следующим образом:

Первым опубликованным в печати сообщением об этом принципе (эквивалентности механической работы и количества теплоты), по-видимому, является работа Майера «Замечания о силе неживой природы»...

Сразу же после этого у Томсона следует ссылка на Джоуля:

В работе, опубликованной спустя примерно четырнадцать месяцев после этого [...] Джоуль из Манчестера [...] определил на бесспорных основаниях абсолютные численные отношения, связывающие между собой теплоту и механическую силу<sup>35</sup>.

Несомненным следствием дискуссии стала Королевская медаль, которой Лондонское королевское общество наградило Джоуля в 1852 г.

Между тем необычные по содержанию размышления Майера получили (впоследствии) высокую оценку. Вот что писал Планк про Майера в 1878 г.:

То, что у него (Майера. – Б. Б.) не хватало строго научной школы, что он мог бы в некоторых пунктах, а именно в первых исследованиях, выражаться более ясно и отчетливо для специалистов-физиков, что, наконец, почти все примыкающее к метафизике обоснование его учения стоит на довольно слабых опорах, – во всем этом приходится уступить тем, которые в недостаточной степени признают его значение. Но совершенно бесспорно, что Майер был не только первым, публично высказавшим те идеи, которые характерны для нашего современного естествознания, но и первым, давшим меру и число (а к этому больше всего и сводится дело), применившим эти идеи ко всем доступными ему явлениям природы<sup>36</sup>.

Мы продолжим это высказывание Планка несколько позже.

## Спор о приоритете: неожиданное продолжение

В 1862 г. в Лондоне проходила третья Всемирная промышленная выставка. Ее сопровождала культурная программа, одним из пунктов которой была научно-популярная лекция профессора Королевского института в Лондоне

<sup>34</sup> *Joule*. On the Mechanical Equivalent of Heat... P. 63.

<sup>35</sup> *Thomson, W.* On the Dynamical Theory of Heat, with Numerical Results Deduced from Mr Joule's Equivalent of a Thermal Unit, and Mr Regnault's Observations on Steam // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 1853. Vol. 20. Pt. 2. P. 262.

<sup>36</sup> *Планк*. Принцип сохранения энергии... С. 35–36.

Дж. Тиндаля. Тиндаль – известный физик и популяризатор науки – рассказал гостям выставки историю открытия закона сохранения энергии. Лекция состоялась 6 июня, а уже в июльском номере журнала «Философикэл мэгэзин» было опубликовано ее краткое изложение<sup>37</sup>. Среди прочего Тиндаль сообщил, что за три недели до лекции радикально изменил ее содержание. Приведя несколько примеров превращения и сохранения энергии, он поразил слушателей следующим высказыванием: «Все, что я вам рассказал, было обнаружено в работах немецкого физика по имени Майер...»<sup>38</sup>. Джоуль в лекции Тиндаля был упомянут всего один раз.

Лекция Тиндаля дала импульс для возобновления дискуссии о приоритете в определении механического эквивалента теплоты. Как и 14 лет назад, стороны излагали свои точки зрения на страницах научного журнала. Только теперь таким журналом был не французский «Конт рандю», а британский «Философикэл мэгэзин».

## Участники

На этот раз в дискуссии участвовали представители научного истеблишмента: на стороне Майера Тиндаль<sup>39</sup>, на стороне Джоуля – кроме него самого – профессор натуральной философии Эдинбургского университета П. Тэт<sup>40</sup> и профессор Университета Глазго У. Томсон.

На новом этапе градус дискуссии оказался весьма высоким, причиной чему было не столько содержание обсуждавшихся вопросов, сколько личностные особенности участников и особенности их взаимоотношений. Так, Тиндаль был известен своим агностицизмом, а Тэта, напротив, отличала глубокая религиозность. Что же касается Тиндаля, то к особенностям его характера относят высокий уровень конкурентности и любовь к дискуссиям. Так, вполне определенную характеристику Тиндаля мы находим в переписке Дж. К. Максвелла: «Доктор Тиндаль – единственный из известных мне

---

<sup>37</sup> Tyndall, J. On Force // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series. 1862. Vol. 24. No. 158. P. 57–66.

<sup>38</sup> Ibid. P. 64.

<sup>39</sup> Джон Тиндаль (1820–1893) – физик, член Лондонского королевского общества. С 1853 по 1887 г. – профессор Королевского института в Лондоне. Открыл повышенное поглощение инфракрасного излучения Земли парниковыми газами земной атмосферы. Обнаружил специфический эффект, связанный с рассеянием света в коллоидных растворах. Изобрел прибор для определения количества двуокси углерода в выдыхаемом воздухе. Автор более 147 статей в научных журналах и 12 книг о науке для широкой аудитории. Был известен в Англии и на континенте Европы как харизматический лектор – популяризатор науки. Англоязычная «Википедия» называет его одним из самых известных в мире ученых в 60-х гг. девятнадцатого столетия.

<sup>40</sup> Питер Тэт (1831–1901) – английский физик и математик, член Эдинбургского королевского общества. С 1860 по 1900 г. – профессор натуральной философии Эдинбургского университета. В соавторстве с У. Томсоном написал получивший широкую известность «Трактат по натуральной философии» – учебник по классической физике.

людей, кто может сделать темой дискуссии все, что угодно»<sup>41</sup>. Неудивительно, что в 1864 г. Тиндаль стал членом «Клуба X» – группы ученых, ориентированных на продвижение в обществе естественно-научных знаний, неформально рассматриваемых как своеобразная альтернатива религии. В «Клубе X» Тиндаль был единственным физиком<sup>42</sup>.

Что касается Тэта, то его отличительными чертами современники называют чувство юмора и упорство в достижении поставленных целей. На втором этапе дискуссии именно Тиндаль и Тэт были ее главными действующими лицами.

Из трех человек, представлявших в дискуссии сторону Джоуля, хорошими отношениями с Тиндалем мог похвастаться только сам Джоуль. Тэт и Тиндаль друг друга недолюбливали, их разделяло, в частности, разное отношение к религии, упомянутое выше. Отношения Тиндаля с Томсоном были испорчены давним спором по поводу теории ледников. Явно не облагораживал дискуссию и национализм Тэта, во всех возможных и невозможных ситуациях отдававшего предпочтение британским ученым. К примеру, основателем экспериментального метода в науке Тэт называл не итальянца Г. Галилея, а англичанина У. Гильберта.

### Полемика на страницах «Философичесэл мэгэзин»

Первым отреагировал на лекцию Тиндаля Джоуль. Он написал, что не согласен с объявлением Майера одним из создателей динамической теории тепла. Джоуль напомнил, что полноценное доказательство справедливости динамической теории впервые появилось в его собственных исследованиях, что это доказательство было экспериментальным и что его приоритет в этом вопросе признан научным сообществом<sup>43</sup>.

Одновременно Джоуль пишет Тиндалю частное письмо, в котором благодарит (!) его за лекцию, «по поводу которой я опубликовал одну или две заметки в *Phil. Mag*»<sup>44</sup>. Свое несогласие с позицией Тиндаля в отношении Майера Джоуль формулирует, не называя имен:

Я думаю, что в случаях, подобных ситуации с коэффициентом эквивалентности, предпочтение следует отдавать тому, кто реально разработал методику эксперимента – но не «резонеру», оперирующему логическими конструкциями<sup>45</sup>.

Имеется в виду, конечно же, Майер, в аргументации которого Джоуль, очевидно, не видит ничего заслуживающего внимания. Должна была пройти четверть столетия, прежде чем Планк воздаст должное «логическим конструкциям» Майера:

<sup>41</sup> Цит. по: *Lloyd, J. T. Background to the Joule – Mayer Controversy // Notes and Records of the Royal Society of London. 1970. Vol. 25. No. 2. P. 212.*

<sup>42</sup> *Collins, M. W. The First Law of Thermodynamics: The Joule – Mayer Controversy // WIT Transactions on State-of-the-art in Science and Engineering. 2015. Vol. 89.*

<sup>43</sup> *Lloyd. Background to the Joule – Mayer Controversy... P. 214.*

<sup>44</sup> *Cardwell. James Joule... P. 208.*

<sup>45</sup> *Ibid.*

Если мы [...] и не приписываем философским рассуждениям Майера какой-либо силы физического доказательства, то все же практически они чрезвычайно важны, поскольку они облегчают обозрение всего содержания принципа и дают таким образом руководящие идеи, на основании которых мы должны ставить вопросы природе <sup>46</sup>.

Судя по всему, не считал в то время «философские рассуждения» Майера сколько-нибудь ценными и сам Тиндаль.

Однако через восемь лет, выдвигая Майера на медаль Копли, Тиндаль назовет в качестве его достижений статьи о «силах неорганической природы» и статьи об «органическом движении в связи с питанием» <sup>47</sup>, рассматривая, впрочем, и то, и другое как часть исследований по «механике теплоты». По-видимому, за восемь лет отношение к «философским рассуждениям» Майера успело измениться. Эти изменения, несомненно, ускорились благодаря появлению переводов сочинений Майера на английский язык (они были опубликованы в «Философикэл мэгэзин» в 1862–1863 гг. <sup>48</sup>, т. е. параллельно с дискуссией).

Еще одно письмо Джоуль отправил Томсону. Описывая свои впечатления от лекции Тиндаля, Джоуль не сдерживает эмоций: «...он называет вас, меня и Уотерстоуна и только для того, чтобы сообщить, что сделанное нами было предсказано Майером» <sup>49</sup>. Джоуль высказывается также по поводу психической болезни Майера, о которой рассказал своим слушателям Тиндаль. Сочувствуя Майеру, Джоуль не считает это печальное обстоятельство основанием для отказа выяснять истинное положение вещей.

### Почему Дж. Тиндаль реанимировал старый спор?

Тиндаль возобновил дискуссию, казалось бы, закончившуюся 14 лет назад. Он к ней готовился: незадолго до лекции заручился поддержкой Гельмгольца, одного из самых авторитетных ученых Европы того времени. Отвечая на вопрос Тиндаля о своем отношении к приоритетному спору Майера и Джоуля, Гельмголец написал, что считает претензии Майера справедливыми. Одновременно он признал недостаточность обоснования Майером своих расчетов и важность измерений, сделанных Джоулем <sup>50</sup>.

Мнение Гельмгольца существенно усиливало позицию Тиндаля, но что заставило его возобновить давнюю дискуссию? Скорее всего, какого-то определенного ответа на этот вопрос не существует — у поступка Тиндаля могло быть несколько причин. Возможно, интуиция подсказывала ему

<sup>46</sup> Планк. Принцип сохранения энергии... С. 36.

<sup>47</sup> Cahan. The Awarding of the Copley Medal... P. 129.

<sup>48</sup> Mayer, J. R. Remarks on the Forces of Inorganic Nature // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series. 1862. Vol. 162. No. 162. P. 371–377; Mayer, J. R. Remarks on the Mechanical Equivalent of Heat // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 1863. Vol. 25. No. 171. P. 493–522.

<sup>49</sup> Цит. по: Lloyd. Background to the Joule – Mayer Controversy... P. 216.

<sup>50</sup> Цит. по: Cahan. The Awarding of the Copley Medal... P. 128.

ограниченность представлений о работах Майера и он хотел восстановить справедливость, не преуменьшая при этом роль Джоуля.

А возможно, им двигали конкурентные чувства. Так, английский историк науки Д. Кардвелл считает, что целью Тиндаля в этой дискуссии был не Джоуль, отношения с которым были хорошими, а стоявшая за Джоулем фигура Томсона. Кардвелл замечает, что до Тиндаля профессором Королевского института в Лондоне был Фарадей и статус этой должности ассоциировался со статусом первого лица национальной науки. Неудивительно поэтому, что Тиндаль претендовал на неформальное звание «главного физика» Англии. В то же время, замечает Кардвелл, и в поездках по стране, и за ее пределами Тиндаль имел возможность неоднократно убедиться в том, что первым физиком Англии научное сообщество считает не его, а будущего лорда Кельвина<sup>51</sup>.

### Дж. Тиндаль vs П. Тэт

В октябре 1862 г. в дискуссию вступают Томсон и Тэт. Свое послание Тиндалю — статью «Энергия» — они размещают не в «Философикэл мэгэзин», а в популярном журнале для семейного чтения «Гуд вордс» (*Good Words*)<sup>52</sup>. В журнале был серьезный научный отдел, в котором регулярно печатался Д. Брюстер<sup>53</sup>, ректор Эдинбургского университета и редактор «Философикэл мэгэзин».

Можно предположить, что инициатива ответить Тиндалю именно здесь, а не на страницах научного журнала, принадлежала Тэту, стремившемуся тем самым снизить пафос дискуссии. Интересно, что эта статья Томсона и Тэта в журнале для семейного чтения — одна из первых публикаций, в которой встречается словосочетание «кинетическая энергия»<sup>54</sup>. В статье, среди прочего, был отмечен вклад Майера в определение механического эквивалента теплоты. Рассказывая о Майере, Томсон и Тэт отрицательно отзываются о «недавних попытках поставить его в положение, на которое он никогда не претендовал и которое до сих пор было занято другим человеком»<sup>55</sup>.

Реакции Тиндаля на статью Томсона и Тэта пришлось ждать долго: его ответ появился в мартовском выпуске «Философикэл мэгэзин» за 1863 г.<sup>56</sup> Тиндаль замечает, что статью Томсона и Тэта обнаружил случайно, поскольку

<sup>51</sup> *Cardwerll. James Joule... P. 207.*

<sup>52</sup> *Thomson, W., Tait, P. G. Energy // Good Words. 1862. P. 601–607.*

<sup>53</sup> Сэр Дэвид Брюстер (1781–1868) — английский физик. Член Лондонского королевского общества, президент Эдинбургского королевского общества. Открыл существование угла Брюстера — угла падения света на поверхность диэлектрика, при котором отраженный свет полностью поляризован. Открыл явление двойного лучепреломления в средах с искусственной анизотропией. Изобрел калейдоскоп.

<sup>54</sup> *Thomson, Tait. Energy... P. 602.*

<sup>55</sup> *Ibid. P. 604.*

<sup>56</sup> *Tyndall, J. Remarks on an Article Entitled “Energy” in ‘Good Words’ // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series. 1863. Vol. 25. No. 167. P. 220–224.*

не предполагал увидеть ее в ненаучном издании. Тиндаль не скрывал возмущения этим обстоятельством. Его неприязнь вызвало, в частности, соседство с научно-популярными статьями религиозного содержания. Эти эмоции Тиндаля скорее всего предназначались Тэту, религиозность которого была общеизвестна.

В апрельском номере «Философикэл мэгэзин» дискуссию продолжает Тэт. На этот раз свои возражения Тиндалю он излагает в письме, адресованном редактору журнала Брюстеру. Отвечая на замечания Тиндаля, Тэт приводит ряд ссылок, свидетельствующих, что Томсон знал о работах Майера задолго до лекции Тиндаля. В этом же письме (адресованном не Тиндалю) Тэт спрашивает,

знает ли профессор Тиндаль, что претензии на приоритет, связанные со статьей Майера, основываются на случайно полученной им численной оценке величины механического эквивалента теплоты?<sup>57</sup>

Тиндаля явно задела демонстративность Тэта, адресовавшего письмо не тому, кому было предназначено содержание, и уже в майском номере журнала было опубликовано его письмо Томсону (и только ему). Он обращался к Томсону:

В любой статье, в которой фигурируют ваше имя и имя профессора Тэта, можете быть уверены, вы будете считаться «главным». Вы старше и более известны, и именно ваше мнение в этой дискуссии представляет интерес для научного мира<sup>58</sup>.

В этом же письме Тиндаль ссылается на поддержавшего его точку зрения Гельмгольца. Тиндаль также обращает внимание Томсона на значительный разброс численных значений механического эквивалента теплоты, полученных Джоулем в эксперименте 1843 г., в котором тепло генерировалось индукционными токами.

В июньском номере Тиндалю ответили по отдельности и Томсон<sup>59</sup>, и Тэт<sup>60</sup>. Томсон был краток. Назвав Тэта «выдающимся» ученым, он отметил, что «тон, принятый д-ром Тиндалем, беспрецедентен для научной дискуссии». В связи с этим Томсон заявил об отказе участвовать в каких-либо дискуссиях с Тиндалем. Тэт же, комментирует реплику Тиндаля о разбросе экспериментальных данных, обращает его внимание на эксперимент Джоуля (относящийся к тому же 1843 г.), в котором вода продавливалась сквозь узкие отверстия и измерялись повышение ее температуры и совершенная работа. Соответствующее значение эквивалента составило 4,142 Дж/кал.

---

<sup>57</sup> *Tait, P. G.* Reply to Prof. Tyndall's Remarks on a Paper on "Energy" in 'Good Words' // *Ibid.* No. 168. P. 264.

<sup>58</sup> *Tyndall, J.* Remarks on the Dynamical Theory of Heat // *Ibid.* No. 169. P. 369.

<sup>59</sup> *Thomson, W.* Note on Professor Tyndall's "Remarks on the Dynamical Theory of Heat" // *Ibid.* No. 170. P. 429.

<sup>60</sup> *Tait, P. G.* On the Conservation of Energy // *Ibid.*

Ответное письмо Тиндаля публикуется в июльском номере «Философикэл мэгэзин»<sup>61</sup>. Тиндаль признается, что не учитывал упоминаемые Тэтом опыты Джоуля, замечая при этом, что рассматривает в качестве основных его магнитоэлектрические опыты, в которых выделение теплоты было связано с электрическим током.

### Дж. Джоуль и Дж. Тиндаль

Интересна позиция Джоуля. Сознавая, что дискуссия становится токсичной для ее участников, он старается сохранить отношения с Тиндалем (но не может не реагировать на его критику). В итоге ответ Джоуля мы находим в личном письме Тэту 25 июля 1863 г. Джоуль отвечает на замечание Тиндаля, заметившего, что впервые именно Майер использовал словосочетание «механический эквивалент теплоты». Джоуль пишет Тэту (но не Тиндалю!):

В заголовке моей статьи 1843 г. я использовал сочетание слов «механическое значение теплоты» (*mechanical value of heat*). А в 1844 г., в докладе перед Королевским обществом, я использовал сочетание слов «механический эквивалент» (опустив, но подразумевая слово «теплота») <sup>62</sup>.

Отдавая Майеру первенство в этом вопросе, Тиндаль, скорее всего, прав. Но вряд ли такой вопрос вообще заслуживает обсуждения. Джоуль, впрочем, находит в ответ столь же «существенный» недостаток у Майера – объем его статьи в «Аннален дер хеми унд фармаци». Джоуль замечает, что шестистраничная статья была фактически заметкой (*note*) и делает вывод: «Майер опубликовал ее с единственной целью – зафиксировать свой приоритет», подчеркивая, что сам он «никогда таких статей не публиковал». При этом он в очередной раз фиксирует существенные отличия своего научного стиля от стиля Майера: «Статья Майера была не более чем размышлением (*speculation*), в то время как моя была исследованием» <sup>63</sup>.

Появление в дискуссии вопросов об объеме статьи и о приоритете в употреблении словосочетания «механический эквивалент теплоты» вызывает ощущение исчерпанности темы. Это, по-видимому, чувствует и Джоуль. В августе 1863 г. «Философикэл мэгэзин» публикует его письмо с благодарностью Томсону и Тэту за поддержку <sup>64</sup>. Джоуль также благодарит и Тиндаля, вновь демонстрируя свой нейтралитет. Контраст с жесткостью дискуссии между Тиндалем с одной стороны и Томсоном и Тэтом с другой очевиден. Кардвелл объясняет поведение Джоуля его нелюбовью к публичным выяснениям истины. Свое раздражение Джоуль оставляет частной переписке;

<sup>61</sup> Tyndall, J. Remarks on Professor Tait's Last Letter to Sir David Brewster // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series. 1863. Vol. 26. No. 172. P. 65–67.

<sup>62</sup> Цит. по: *Lloyd*. Background to the Joule – Mayer Controversy... P. 220.

<sup>63</sup> Ibid. P. 221.

<sup>64</sup> *Joule, J.* On the Dynamical Theory of Heat // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series. 1863. Vol. 26. No. 173. P. 145–147.

его явно не успокоила фраза Тиндаля в одном из писем: «...сцена большая, на ней достаточно места для вас двоих»<sup>65</sup>.

## Финал

Итак, дискуссия закончилась. Спустя четыре года Тиндаль так описывал вклад Майера и Джоуля в создание закона сохранения энергии:

Работы Майера носят на себе отпечаток глубокого созерцания явлений природы, которое выработалось в уме его в твердое и непоколебимое убеждение. Труды Джоуля представляют, напротив, экспериментальное подтверждение воззрений Майера. Верный умозрительному направлению своего народа, Майер вывел из незначительных посылок важные заключения, а англичанин, помимо всего, стремился прочно установить факты. И он установил их. Будущий историк науки не выставит, я думаю, этих людей антагонистами<sup>66</sup>.

Заметим, что различие приоритетов у англичанина Джоуля и немца Майера иллюстрирует различие национальных образов научного знания. Английскую науку отличает ориентация на экспериментальное исследование проблемы, немецкую — на ее теоретическое изучение. Безусловно, в XXI в. отличия национальных образов научного знания в значительной степени затушевываются глобальным характером современной цивилизации и обеспечивающими его современными средствами коммуникации. Применительно же к классической науке XVIII–XIX вв. акцент на ее национальных особенностях вполне оправдан. Впервые этот вопрос подробно исследовал в начале XX в. французский методолог науки П. Дюгем<sup>67</sup>.

Надежды Тиндаля не оправдались. Несовместимость «научных характеров» Джоуля и Майера дает основания биографу Джоуля Кардвеллу говорить о несовместимости их как личностей<sup>68</sup>. С ним согласен и автор обширной биографической статьи о Джоуле Р. Фокс<sup>69</sup>. А уже упоминавшийся нами Розенфельд, профессиональный физик-теоретик, критически оценивает непримиримость Джоуля к «рассуждениям» Майера. Розенфельд замечает, что в лице Майера философия немецкого романтизма напоминала физикам о важности качественных изменений, «о которых физики временами склонны были забывать». Розенфельд пишет:

В одном из дневников Джоуля имеется перевод первой статьи Майера. Должен сказать, что перевод, скорее, плохой; самые трудные для понимания фразы оказались для Джоуля совершенно неприемлемыми. Он, очевидно, настолько

<sup>65</sup> Цит. по: *Lloyd. Background to the Joule – Mayer Controversy...* P. 215.

<sup>66</sup> *Тиндаль Дж.* Теплота, рассматриваемая как род движения. СПб.: Изд-во харьковского книжного магазина Е. С. Баллиной, 1864. С. 52–53.

<sup>67</sup> *Дюгем П.* Физическая теория, ее цель и строение. СПб.: Образование, 1910.

<sup>68</sup> *Cardwell. James Joule...* P. 124.

<sup>69</sup> *Fox. James Prescott Joule...* P. 89.

раздражен взглядами Майера, что не может удержаться и не вставлять в перевод разнообразные уничижительные реплики <sup>70</sup>.

Разговор о последствиях дискуссии возвращает нас к началу этой статьи – к присуждению Джоулю и Майеру высшей награды Лондонского королевского общества. Выдвинувший на медаль Копли и своего соотечественника, и его оппонента-немца Тиндаль символически завершил давний приоритетный спор. В истории науки хватило места и экспериментам Джоуля, и размышлениям Майера.

## References

- Cahan, D. (2012) The Awarding of the Copley Medal and the ‘Discovery’ of the Law of Conservation of Energy: Joule, Mayer and Helmholtz Revisited, *Notes and Records of the Royal Society*, vol. 66, no. 2, pp. 125–139.
- Cardwell, D. (1989) *James Joule: A Biography*. Manchester: Manchester University Press.
- Collins, M. W. (2015) The First Law of Thermodynamics: The Joule – Mayer Controversy, *WIT Transactions on State-of-the-art in Science and Engineering*, vol. 89.
- Diugem, P. (Duhem, P.) (1910) *Fizicheskaia teoriia, ee tsel' i stroenie [The Aim and Structure of Physical Theory]*. Sankt-Peterburg: Obrazovanie.
- Fox, R. M. (1969) James Prescott Joule, in: North, J. (ed.) *Mid-Nineteenth-Century Scientists: The Commonwealth and International Library. Liberal Studies Division*. Oxford: Pergamon Press, pp. 72–103.
- Frankfurt, U. I. (1978) *Zakon sokhraneniia i prevrashcheniia energii [The Law of Conservation and Transformation of Energy]*. Moskva: Nauka.
- Gay-Lussac, J. L. (1807) Premier essai pour déterminer les variations de température qu'éprouvent les gaz en changeant de densité, et considérations sur leur capacité pour le calorique, *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil*, vol. 1, pp. 180–203.
- Gel'mgol'ts, G. (Helmholtz, H.) (1934) *O sokhranenií sily. 2-e izd. [On the Conservation of Force. 2nd ed.]*. Moskva and Leningrad: Gostekhteorizdat.
- Helmholtz, H. (1847) *Über die Erhaltung der Kraft*. Berlin: G. Reimer.
- Joule, J. (1843) On the Caloric Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 23, no. 152, pp. 263–276.
- Joule, J. (1843) On the Caloric Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat. Part II. On the Mechanical Value of Heat, *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 3rd Series*, vol. 23, no. 154, pp. 435–443.
- Joule, J. (1849) Sur l'équivalent mécanique de calorique, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 28, pp. 132–135.
- Joule, J. (1850) On the Mechanical Equivalent of Heat, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 140, pt. 1, pp. 61–82.
- Joule, J. (1863) On the Dynamical Theory of Heat, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4th Series*, vol. 26, no. 173, pp. 145–147.
- Joule, J. P. (1847) Expériences sur l'identité entre le calorique et la force mécanique. Détermination de l'équivalent par la chaleur dégagée pendant la friction du mercure, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 25, pp. 309–311.
- Kudriavtsev, P. S. (1956) *Istoriia fiziki [A History of Physics]*. Moskva: Uchpedgiz, vol. 2.
- Lloyd, J. T. (1970) Background to the Joule – Mayer Controversy, *Notes and Records of the Royal Society of London*, vol. 25, no. 2, pp. 211–225.
- Mayer, J. R. (1862) Remarks on the Forces of Inorganic Nature, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4th Series*, vol. 24, no. 162, pp. 371–377.

<sup>70</sup> *Rosenfeld. Joule's Scientific Outlook...* P. 175.

- Mayer, J. R. (1863) Remarks on the Mechanical Equivalent of Heat, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 25, no. 171, pp. 493–522.
- Mayer, J.-R. (1849) Réclamation de priorité contre M. Joule, relativement à la loi de l'équivalence du calorique, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 29, p. 534.
- Mayer, R. (1842) Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Nature, *Annalen der Chemie und Pharmazie*, vol. 42, no. 2, pp. 233–240.
- Mayer, R. (1845) *Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel*. Heilbronn: Drechsler.
- Mayer, R. (1848) *Beiträge zur Dynamik des Himmels in populärer Darstellung*. Heilbronn: J. U. Landherr.
- Plank, M. (Planck, M.) (1938) *Printsip sokhraneniia energii [The Principle of Conservation of Energy]*. Moskva and Leningrad: GONTI, Redaktsiia tekhniko-teoreticheskoi literatury.
- Rosenfeld, L. (1952) Joule's Scientific Outlook, *Bulletin of the British Society for the History of Science*, vol. 1, no. 7, pp. 169–176.
- Rozenberger, F. (1936) *Istoriia fiziki [A History of Physics]*. Moskva and Leningrad: Ob"edinennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo NKTP SSSR, pt. 3, no. 2.
- Shcherbakov, R. (2016) Rytysari velikogo zakona [The Knights of the Great Law], *Priroda*, no. 2, pp. 68–76.
- Sivukhin, D. V. (1990) *Obshchii kurs fiziki [A General Course of Physics]*. Moskva: Nauka, vol. 2: Termodinamika i molekuliarnaia fizika [Thermodynamics and Molecular Physics].
- Sur la transformation de la force vive en chaleur, et réciproquement (extrait d'une lettre de M. Mayer) (1848), *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 27, pp. 385–387.
- Tait, P. G. (1863) On the Conservation of Energy, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 25, no. 170, pp. 429–431.
- Tait, P. G. (1863) Reply to Prof. Tyndall's Remarks on a Paper on "Energy" in 'Good Words', *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 25, no. 168, pp. 263–266.
- Thomson, W. (1853) On the Dynamical Theory of Heat, with Numerical Results Deduced from Mr Joule's Equivalent of a Thermal Unit, and Mr Regnault's Observations on Steam, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. 20, pt. 2, pp. 261–288.
- Thomson, W. (1863) Note on Professor Tyndall's "Remarks on the Dynamical Theory of Heat", *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 25, no. 170, p. 429.
- Thomson, W., Tait, P. G. (1862) Energy, *Good Words*, pp. 601–607.
- Tindall', Dzh. (Tyndall, J.) (1864) *Teplota, rassmatrivaemaia kak rod dvizheniia [Heat Considered as a Mode of Motion]*. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo khar'kovskogo knizhnogo magazina E. S. Ballinoi.
- Turner, R. (1974) Julius Robert Mayer, in: Gillispie, Ch. (ed.) *Dictionary of Scientific Biography*. New York: Charles Scribner's Sons, vol. 9, p. 237.
- Tyndall, J. (1862) On Force, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 24, no. 158, pp. 57–66.
- Tyndall, J. (1863) Remarks on an Article Entitled "Energy" in 'Good Words', *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 25, no. 167, pp. 220–224.
- Tyndall, J. (1863) Remarks on Professor Tait's Last Letter to Sir David Brewster, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 26, no. 172, pp. 65–67.
- Tyndall, J. (1863) Remarks on the Dynamical Theory of Heat, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 4<sup>th</sup> Series*, vol. 25, no. 169, pp. 368–387.

Received: January 16, 2021.