**Теплота и электрический ток**

Марио Льоцци

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Начиная с 1794 г. Вольта многократно проводил такой опыт: он помещал лягушку, препарированную по методу Гальвани, таким образом, чтобы ее задние лапки были опущены в воду одной банки, а спинка и позвоночный столб погружались в другую банку с водой. Если цепь замыкалась железной проволокой, один конец которой опускался на несколько минут в кипящую воду, то наблюдались сильные конвульсии лягушки, продолжавшиеся до тех пор, пока конец проволоки не остывал.

Этот опыт прошел незамеченным, и о нем, вероятно, ничего не знал также Томас Зеебек (1770—1831), выступивший в 1821 г. с докладами в Берлинской Академии наук. На основе этих докладов Зеебеком впоследствии была напитана известная работа, вышедшая лишь в 1825 г. Открытое им явление теперь хорошо известно. Сам Зеебек описывает один из своих многочисленных опытов следующим образом. Небольшой кусок висмута был припаян с обоих концов к медной спирали. Если один конец нагревался с помощью лампы, а другой оставался холодным, то магнитная стрелка, заключенная внутри спирали, поворачивалась, указывая на прохождение тока, который в холодном спае шел от меди к висмуту.

Это явление стало известно в 1823 г. благодаря Эрстеду, который и дал ему название, укоренившееся до наших дней. В том же 1823 г. Фурье и Эрстед доказали, что термоэлектрический эффект обладает свойством суперпозиции, и построили первую термоэлектрическую батарею, состоявшую из трех пластин сурьмы, чередовавшихся с тремя пластинами висмута и спаянных на концах так, что они образовывали шестиугольник. Эта батарея была значительно усовершенствована в 1829 г. Нобили, который расположил биметаллические палочки, соединив их не торцами, а плоскостями, в наклонном положении, почти вертикально, по краям цилиндрической поверхности и поместил в сосуд, залитый камедью, так что одна группа спаев была погружена в камедь, а другая выступала наружу. Дальнейшее усовершенствование было внесено через год Меллони, сконструировавшим призматическую модель, используемую и сейчас. На основе батареи Меллони и гальванометра своей конструкции Нобили построил в том же 1830 г. термомультипликатор такой чувствительности, что он реагировал на тепло человеческого тела на расстоянии 18—20 локтей.

В 1834 г. в ходе экспериментальных исследований проводимости сурьмы и висмута Жан Шарль Пельтье (1785—1845) намеревался определить, как изменяется температура вдоль однородного или разнородного проводника, по которому проходит ток. В связи с этим Пельтье исследовал температуру в разных точках термоэлектрической цепи с помощью термопары, соединенной с гальванометром, причем обнаружил, что в местах спаев разных металлов температура резко меняется, имеются даже случаи охлаждения. Наибольшего эффекта ему удалось добиться с парой висмут — сурьма. Таким образом, электроток может вызывать и охлаждение. Беккерель, Де ла Рив и другие физики отнеслись с недоверием к опытам Пельтье, отчасти, вероятно, потому, что он был в науке, так сказать, случайным человеком — до тридцати лет Пельтье был часовщиком. Чтобы исключить всякие сомнения, Пельтье подтвердил открытое им явление непосредственно с помощью воздушного термометра. Именно этот метод и сейчас описывается в учебниках. В других своих опытах Пельтье спаивал накрест два куска металла, затем, подключив гальванометр, пропускал через два последовательных конца креста и через гальванометр термоэлектрический ток, а спустя некоторое время цепь разъединял и подсоединял тот же гальванометр, но к другим двум концам креста — и гальванометр показывал ток, вызывавшийся либо нагреванием, либо охлаждением спая креста. В каких случаях получается нагревание, а в каких охлаждение в месте спая, точно определил в 1838 г. Поггендорф и независимо от него в 1840 г. Луиджи Пачинотти (1807—1889), отец Антонио Пачинотти, изобретателя динамо-машины постоянного тока.

ЗАКОН ДЖОУЛЯ

В течение первых сорока лет после изобретения батареи предпринималось множество попыток, частью неудачных, а частью незавершенных, выяснить, какому закону подчиняется выделение тепла электрическим током. Неудачи этих попыток можно объяснить недостаточной ясностью понятий силы тока и электрического сопротивления и как следствие — отсутствием точно определенных единиц измерения. К тому же из-за незнания закона Ома исследователи подключали в цепь последовательно провода с разным сопротивлением, считая, что они тем самым изменяют только сопротивление, а не силу тока. Этим объясняется неудача некоторых исследований, таких, как исследования Уильяма Харриса (1791 — 1867), которые, как стало ясно теперь, вполне могли привести к желаемой цели.

В 1841 г. Джоуль начал экспериментальное исследование теплоты, выделяемой проводником. Ему пришла удачная мысль прокалибровать сначала свою тангенс-буссоль в цепи с вольтаметром, как это предлагал делать Фарадей. Нагревающее приспособление состояло из исследуемого проводника, обмотанного спиралью вокруг тонкой стеклянной трубки, погруженной в стеклянный резервуар с определенным количеством воды, и чувствительного термометра. В трех проводившихся опытах, в каждом из которых последовательно соединялись два сопротивления, погруженные в одинаковые калориметры, Джоуль установил, что при одной и той же силе тока количество выделяемой теплоты пропорционально сопротивлениям проводников.

Этот первый результат привел его к формулировке гипотезы о влиянии силы тока. Он выразил ее в таком не очень ясном рассуждении: «Размышляя над вышеуказанным законом, я подумал, что действие тока должно изменяться при увеличении силы электрического тока как квадрат силы тока, потому что ясно, что в таком случае сопротивление должно изменяться в двойном отношении: из-за увеличения количества проходящего электричества в данный промежуток времени, а также из-за увеличения самой его скорости».

Джоуль, вероятно, хотел сказать, что теплота, выделяемая током, вызывается ударами частиц электрического флюида о частицы проводника. Поэтому, если увеличивается сила тока, увеличивается скорость частиц электрического флюида и удары получаются более сильными, а также более частыми вследствие увеличения количества электрического флюида, проходящего за данный промежуток времени через сечение проводника.

Но как бы там ни было, Джоуль подверг свою гипотезу опытной проверке и обнаружил, что количество тепла, измеренное калориметром, в который была погружена медная спираль, столь мало отличалось от расчетного, что можно было признать закон вполне подтвержденным, по крайней мере для металлических проводников.

Гораздо более оригинальными были опыты, проведенные Джоулем для проверки этого закона для токов в электролитах и для токов индукции. Результаты этих исследований были изложены в работе 1843 г. В этой работе устанавливается, что в любом случае, с любым проводником, при любом токе выделяемое тепло пропорционально сопротивлению проводника и квадрату силы тока.

Естественно, что многие ученые повторили опыты Джоуля, видоизменяя их, и подтвердили полученные Джоулем результаты, выведя из них первые следствия. Среди этих следствий мы упомянем лишь результат, полученный в 1844 г. в Петербурге Ленцем и независимо от него в 1845 г. профессором физики в Турине Доменико Ботто (1791—1865). Эти исследователи установили, что генератор может отдать во внешнюю цепь максимальное количество тепла, если сопротивление цепи равно внутреннему сопротивлению генератора. Именно в этой связи Ленц начал нелегкую работу по определению зависимости температуры нагрева проводника от проходящего по нему тока и от среды, в которой он находится.

Составила к.т.н. Савельева Ф.Н.