

**РАЗВИТИЕ УЧЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЯХ
В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.
(ДО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕОРИИ МАКСВЕЛЛА)**

**§ 29. ОТКРЫТИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА И ПЕРВЫЕ ШАГИ
В ИЗУЧЕНИИ ДЕЙСТВИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА**

Первый этап развития учения об электричестве и магнетизме, охватывающий XVIII в., заключался в исследовании законов равновесия электрических зарядов и магнитов. Были установлены основные законы взаимодействия электрических зарядов и магнитов, а затем (в первой половине XIX в.) создан соответствующий математический аппарат.

В конце XVIII в. начали изучать электрический ток, его действия. Возникает и развивается новая область учения об электричестве и магнетизме, названная одним из ее основоположников, Ампером, электродинамикой. Электродинамика в первой половине XIX в., так же как и электростатика, основывалась на принципе дальнего действия. Правда, именно тогда Фарадей строит теорию электрических и магнитных явлений на основе принципа ближнего действия, но его взгляды не встречают поддержки. Только после признания результатов исследований Максвелла происходит переворот во взглядах физиков на природу электрических и магнитных явлений.

Рассмотрим развитие электродинамики, основанной на принципе дальнего действия. Начало развития электродинамики связано с открытием первого источника постоянного тока, которое обязано исследованиям итальянского профессора медицины Луиджи Гальвани (1737—1798), отно-



Луиджи Гальвани

сящимся еще к концу XVIII в. Занимаясь физиологией и медициной, он, как и многие его современники, интересовался физиологическим действием электрического тока и ролью электричества в процессах, происходящих в живом организме. Проводя исследования в этом направлении, он открыл так называемое гальваническое электричество. На это открытие натолкнули Гальвани опыты, в которых он наблюдал сокращения мышц препарированной лягушки при прикосновении металлических предметов, когда вблизи в электрической машине проскакивали искры. Гальвани решил проверить, имеет ли место подобное явление при действии атмосферного электричества. Для этого он развесил препарированных лягушек на железной решетке сада с медными крючками, воткнутыми в спинной мозг. Гальвани отметил, что мышцы лягушки сокращаются независимо от состояния атмосферы, если медные крючки касаются железной ограды сада. Он решает проделать подобные эксперименты в помещении. Гальвани поместил лягушку на железную пластинку; касаясь медной проволокой, пропущенной через спинной мозг лягушки, этой пластинки, он наблюдал судорожные сокращения мышц. К объяснению открытого явления Гальвани подошел прежде всего как врач. Он считал, что открыл «животное» электричество, вырабатываемое организмом лягушки и являющееся одновременно «нервным флюидом». При замыкании нерва и мускула лягушки проводником образуется замкнутая цепь, «животное» электричество свободно протекает по этой цепи и вызывает сокращение мышцы, играющих роль регистратора.

Открытие Гальвани и его теория «животного» электричества, опубликованная в 1791 г., вызвали большой интерес. Некоторые

ученые повторили опыты Гальвани. Среди них был и итальянский физик Алессандро Вольта (1745—1827), который не только подтвердил результаты опытов Гальвани, но и сделал новый шаг в изучении открытого явления.

Вольта, как физика, прежде всего интересовала физическая сторона явления. На основании ряда исследований он пришел к иному выводу, чем Гальвани. Вольта заметил, что сила сокращения мышц лягушки зависит от того, какие употребляются металлы, и что однородные металлы почти не оказывают действия. Отсюда он заключил, что источником электричества является не организм лягушки: оно возникает в результате соприкосновения разнородных металлов, лягушка же



Алессандро Вольта

играет роль регистрирующего прибора. Он выдвинул гипотезу, согласно которой металлические тела обладают свойством действовать на заключенный в них электрический «флюид», отталкивая или притягивая его. Поскольку каждый металл обладает определенной силой действия на электрический флюид, то соприкосновение различных металлов приводит его в движение, возникает электрический ток, который и действует на нервы и мышцы лягушки. Высказав эту гипотезу, Вольт предложил изменить название «животное» электричество на «металлическое» электричество.

Против гипотезы Волта выступили Гальвани и некоторые его последователи. При этом Гальвани удалось показать, что сокращение мышц лягушки наблюдается без участия металлических проводников. Это явление было подтверждено. Итальянец Нобили в 1827 г. обнаружил с помощью чувствительного гальванометра наличие тока в цепи, составленной туловищем и лапками лягушки. Таким образом, было установлено наличие тока в живом организме.

С другой стороны, Вольт, обосновывая гипотезу «металлического электричества», шел по пути исключения из опыта живого организма. Он показал, что простое соприкосновение разнородных металлов приводит к их электризации. Это было открытое контактной разности потенциалов у металлов (данный термин появился позже). Для обнаружения контактной разности потенциалов Вольт сконструировал специальный прибор, который представлял собой электроскоп, снабженный шкалой с двумя соломинками. К стержню электроскопа был прикреплен конденсатор, состоящий из двух круглых пластинок из разных металлов, верхняя из которых могла подниматься (рис. 48). С помощью этого прибора Вольт измерял в произвольных единицах контактную разность потенциалов между различными металлами, способными «приводить в движение электрический флюид». Описывая эти опыты, Вольт писал:

«Две хорошо отполированные пластинки с изолирующими ручками, одна из цинка, другая из серебра, будучи наложены друг на друга... будут действовать так же, как конденсатор... при разъединении покажут на моем электрометре с соломинками примерно 3° электричества, цинк — положительного, а серебро — отрицательного»¹.

Вольт расположил металлы в ряд, причем каждый стоящий справа металл при соприкосновении со стоящим слева электризовался отрицательно. При этом, как он полагал, «спо-

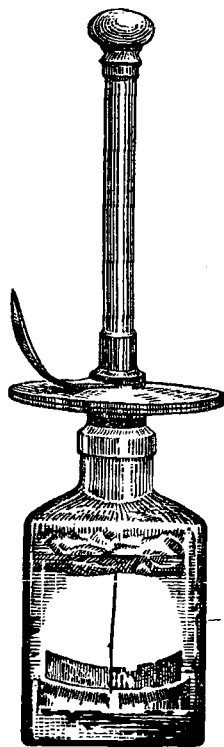


Рис. 48. Электроскоп с конденсатором Волта

¹) Volta A. Ann. Phys., B. 10, 1802, S. 433.

способность приводить в движение электрический флюид» для металла, расположенного не рядом, равна сумме «способностей» всех промежуточных пар металлов. Подобные исследования привели Вольта к изобретению первого гальванического элемента, получившего название вольтова столба. Об этом изобретении он сообщил в 1800 г.

Исследуя соединения различных тел, Вольта пришел к выводу, что контактная разность потенциалов имеет место только между металлами и некоторыми другими «сухими» проводниками; между «сухими» и «влажными» проводниками она не возникает. Первые проводники Вольта назвал проводниками первого класса, вторые — второго класса.

Отсюда, предполагает Вольта, следует возможность получения непрерывного электрического тока (если привести два разнородных металла в соприкосновение и соединить их с помощью проводника второго класса). Вольта писал:

«Соединение разных проводников, особенно металлов, включая пирит и другие минералы, так же как и уголь, которые я называю сухими проводниками, или проводниками первого класса, с влажными проводниками, или проводниками второго класса, волнует или возбуждает электрический флюид и дает ему некоторый импульс»¹⁾.

Вольтов столб состоял из нескольких десятков наложенных друг на друга круглых пластинок из серебра и цинка или меди и олова, между которыми были проложены картонные прокладки, пропитанные соленой водой (рис. 49). Вольта установил, что при замыкании крайних пластинок возникает электрическая искра, а при прикосновении к прибору ощущаются удар и покалывание. В отличие от лейденской банки действие столба непрерывно. Если замкнуть крайние пластинки вольтова столба через тело, то сначала также чувствуются удар и покалывание, а затем появляется ощущение постоянного жжения, «которое не только не утихает, но делается все сильнее и сильнее, становясь скоро невыносимым, до тех пор,

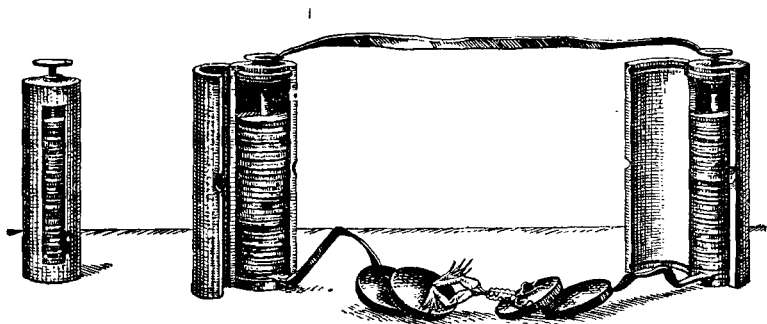


Рис. 49. Вольтовы столбы

¹⁾ Whittaker E. A. History of the Theories of Aether and Electricity. The Classical Theories, 1951, p. 70.

пока цепь не разомкнется»¹⁾. Вольта так объяснял действие гальванической батареи. Между каждой парой пластин из цинка и серебра возникает разность потенциалов. Эти пары соединены проводниками второго рода, между которыми и металлами такой разности потенциалов нет, поэтому напряжения от каждой пары металлов суммируются: в результате на концах батареи имеет место значительное напряжение. Это напряжение непрерывно поддерживается, и по замкнутой цепи протекает электрический ток.

Теория гальванического элемента, созданная Вольта, получила название контактной. В противовес ей возникла другая теория, по которой электрический ток возникает в результате химических процессов, происходящих в гальваническом элементе. Между последователями этих двух теорий некоторое время велась дискуссия, окончившаяся победой химической теории. При этом критики контактной теории опирались, в частности, и на принцип невозможности вечного двигателя, которым являлся бы гальванический элемент, если бы теория Вольта была справедливой.

Открытие гальванического элемента было важным этапом в развитии физики. С этого времени начинают изучать электрический ток и его действия. Первые исследования были посвящены изучению химического действия тока. При этом была установлена тесная связь электрических и химических явлений.

В 1800 г. англичане Никольсон и Карлейль разложили воду с помощью электрического тока на водород и кислород. В этом же году английский врач и химик Крюикшенк разложил электрическим током растворы некоторых солей, а в 1807 г. английский химик Хемфри Дэви (1778—1829), разлагая электрическим током едкие щелочи, открыл новые элементы — калий и натрий, а в следующем году — кальций.

Новым существенным шагом в развитии электрохимии были исследования литовского ученого Теодора Гроттгуса (1785—1822), опубликованные в 1805 г. Гроттгус создал первую теорию электролиза воды. Согласно Гроттгусу, частицы воды между электродами разлагаются на положительно заряженный водород и отрицательно заряженный кислород.

«Допустим, — писал Гроттгус об электролизе воды, — что в момент раздельного возникновения водорода и кислорода происходит между обоими этими веществами — будь то от прикосновения, будь то от взаимного трения — также разделение присущего им электричества, так что водород приходит в состояние положительное, а кислород — отрицательное; отсюда следует, что полюс, от которого непрерывно исходит смоляное электричество, притягивает водород и отталкивает кислород, в то время как полюс со стеклянным электричеством притягивает кислород и отталкивает водород. Если же гальванический ток проницает часть воды, то каждая из двух ее составных частей подвергается действию притягательной силы и отталкивательной силы, центры действия которых находятся на противоположных сторонах; их действие, происходящее в одинаковом направлении, вызывает разложение этой жидкости»²⁾.

¹⁾ Volta A. Galvanismus und Entdeckung des Säulenapparates. Ostwald's Klassiker. Leipzig, 1900, S. 90—91.

²⁾ Петров В. В., Гроттгус Т. и др. Избранные труды по электричеству. М., Гостехиздат, 1956, с. 151—152.

Несколько позже теорию электролиза развивал Дэви (1806). Считая, что положительный полюс притягивает кислород и «кислые вещества», а отрицательный полюс — водород, металлы и некоторые другие вещества, Дэви предположил, что в электролитической ванне

«энергия притяжения и отталкивания передается от одной частицы к другой частице того же рода, таким образом, что в жидкости устанавливается проводящая цепь и что соответственно этому происходит и продвижение»¹⁾.

Дэви также принадлежит первая теория электрической природы химического сродства, которая была разработана в 1812 г. химиком Берцелиусом. Согласно Берцелиусу, в каждом атоме имеются два противоположных электрических полюса (положительный и отрицательный). Возникающие в результате этого между атомами электрические силы и обуславливают способность атомов соединяться (их химическое сродство).

В первые два десятилетия XIX в. были получены результаты и в изучении тепловых и световых действий тока, а также первые результаты в установлении законов постоянного тока.

Ряд заслуг в этом отношении принадлежит русскому физику и химику Василию Владимировичу Петрову (1761—1834). Научная деятельность В. В. Петрова протекала в конце XVIII и начале XIX в. Он был профессором Петербургской медико-хирургической академии, где им был создан физический кабинет. В 1803 г. он опубликовал результаты своих исследований по электричеству в книге «Известия о Гальвани — Вольтовых опытах». Источником электрического тока в опытах Петрова служила огромная для того времени гальваническая батарея. Построенная им батарея (рис. 50), состояла из 4200 цинковых и медных кружков, которые были уложены горизонтально в четыре ряда в деревянном ящике и разделялись бумажными прокладками, пропитанными нашатырем. Петров проделал много опытов, изучая химическое, а также тепло-

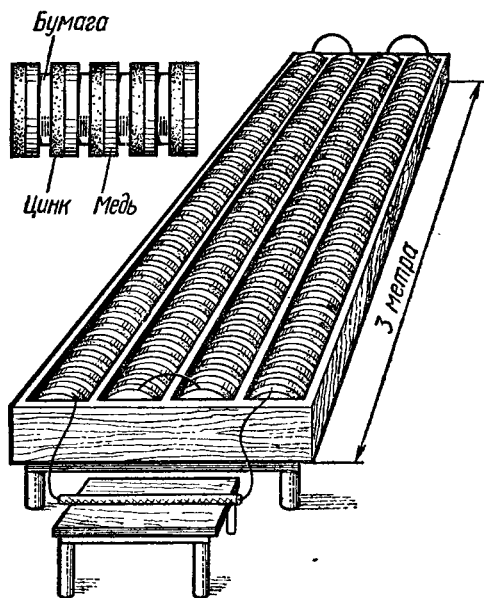


Рис. 50. Предполагаемый вид батареи Петрова

¹⁾ Дэви Г. О некоторых химических действиях электричества. М.—Л., Гостехиздат, 1933, с. 59.

вое действие электрического тока. В одном из опытов он впервые наблюдал электрическую дугу. Вот как он сам описывал этот опыт:

«Если на стеклянную плитку или на скамеечку со стеклянными ножками будут положены два или три древесных угля, способные для произведения светящихся явлений посредством Гальвани — Вольтовской жидкости, и если потом металлическими изолированными направителями (directores), сообщенными с обоими полюсами огромной батареи, приближать оные один к другому на расстояние от одной до трех линий, то является между ними весьма яркий белого цвета свет или пламя, от которого оные угли скоро или медленно загораются и от которого темный покой довольно ясно освещен быть может»¹⁾.

Изучая химическое, тепловое и другие действия тока, Петров сделал некоторые выводы, относящиеся к законам постоянного тока. Так, например, он считал, что проводники обладают различной проводимостью и что свойства проводника определяют вместе с особенностями самой батареи действие тока в цепи. При этом он подчеркивал, что чем больше сечение проводника, тем сильнее действие «Гальвани — Вольтовской жидкости».

Исследования Петрова не были известны за границей. Частично это объясняется тем, что все свои работы Петров печатал только на русском языке. Другой причиной послужило недоброжелательное отношение со стороны реакционных академиков во главе с президентом академии С. С. Уваровым. Поэтому, в частности, приоритет открытия электрической дуги был полностью приписан Дэви, опубликовавшему свои опыты с электрической дугой в 1812 г.

§ 40. ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Исследовать магнитное действие электрического тока начинают после открытия датским ученым Хансом Кристианом Эрстедом (1777—1851) действия электрического тока на магнитную стрелку. Уже задолго до открытия Эрстеда были известны факты, указывающие на существование связи между электричеством и магнетизмом. Еще в XVII в. были известны случаи перемагничивания стрелки компаса во время ударов молнии. В XVIII в. после установления электрической природы молнии были сделаны попытки намагнитить железо, пропуская через него разряд лейденской банки, а позже — ток от гальванической батареи. Однако эти попытки не привели к каким-либо определенным результатам. Впервые доказал связь между электрическими и магнитными явлениями Эрстед в 1819 г. Полученный результат оказался неожиданным для всех, в том числе и для него самого. Неожиданным был сам характер связи, а не факт ее существования. Эрстед гораздо раньше был глубоко уверен в наличии связи между электрическими и магнитными явлениями и надеялся изучить ее характер. Уже в 1807 г. он предпо-

¹⁾ Петров В. В., Гроттгус Т. и др. Избранные труды по электричеству, с. 82.