

Вольта, Эрстед, Фарадей

А. ВАСИЛЬЕВ

Короче, Вольта создал электрическую батарею, а Эрстед закоротил ее проволокой и увидел, что стрелка компаса отклоняется. Фарадей, наоборот, заставил ток течь по проволоке при движении магнита и открыл электромагнитную индукцию.

Из беседы студентов физфака МГУ перед экзаменом по истории физики

«ЕСЛИ ПОХЛЕСТАТЬ КОШАЧЬЕЙ шкуркой смоляной диск и положить на него железный кружочек, то скопившийся на этом кружочке электрический заряд можно использовать для зарядки лейденской банки» – об этом результате, изобретении электрофора, Алессандро ВОЛЬТА (1745–1827) сообщил в письмах выдающимся ученым того времени. Электрофор явился первым прибором, позволившим, пусть небольшими порциями, накапливать электрический заряд и использовать его, например, для излечения паралича пальца или получения искры в темноте.

Главным же достижением итальянского ученого стало, однако, создание в 1799 году первого источника постоянного тока – вольтова столба. Это устройство состояло из нескольких десятков пластин меди, наложенных на такое же количество пластин цинка и отделенных друг от друга кожаными или картонными прослойками. Кожу или картон в этом устройстве следовало пропитывать щелочом или соленой водой, а весь набор пластин – сжимать механическим прессом. Электрический столб не требовал подзарядки от постороннего источника и, по выражению Вольты, «вызывал сотрясение» всякий раз, когда к нему прикасались. Развитием вольтова столба стал его чашечный вариант – прообраз современных аккумуляторов. В чашки, заполненные наполовину щелочью или соленой водой, Вольта опускал серебряные и цинковые пластины и соединял их последовательно проводами для суммирования эффекта.

С точки зрения современной на-

уки, возникновение электрической искры при закорачивании крайних пластин вольтова столба обусловлено происходящими в нем химическими реакциями и возникающей при этом разностью потенциалов. Если, например, цинковую пластину опустить в раствор серной кислоты H_2SO_4 , то цинк будет растворяться, но в раствор будут уходить не нейтральные атомы, а двукратно заряженные ионы Zn^{2+} . В результате этого раствор в непосредственной близости от пластины заряжается положительно, цинковая пластина заряжается отрицательно, и металл относительно электролита приобретает так называемый электрохимический потенциал. Знак и величина этого потенциала зависят не только от природы кислоты и металла, но и от концентрации ионов в растворе. Если в раствор погружены пластины двух различных металлов, то между ними возникает напряжение, равное разности их электрохимических потенциалов. Так, в серной кислоте, содержащей в одном литре моль ионов металла, электрохимический потенциал цинка равен $-0,5$ В, электрохимический потенциал меди равен $+0,6$ В (в отличие от цинка, медь заряжается положительно, а раствор кислоты около нее – отрицательно), и напряжение между пластинами (электродвижущая сила такой пары) составляет $1,1$ В. Причем заметим, что для количественного описания эффекта используется единица, названная в честь великого физика.

Открытие Вольты уже в 1800 году позволило разложить на составляющие воду и аммиак, серебрить, меднить и цинковать электроды и, главное, положило начало новому этапу

в развитии электричества – электродинамике.

В 1820 году неприменный секретарь Датского королевского общества Ханс Кристиан ЭРСТЕД (1777–1851) прямо во время лекции обнаружил, что магнитная стрелка отклоняется, если полюса вольтовой батареи соединить проволокой. Используемая им батарея давала столь сильный ток, что соединительная проволока раскалялась докрасна. Это обстоятельство Эрстед считал существенным для успеха опыта, однако, как вскоре выяснилось, стрелка отклонялась и от более слабого тока. Автор открытия назвал наблюдаемый им процесс «электрическим конфликтом», полагая, в духе философии Шеллинга, что все в этом мире происходит благодаря столкновению полярно противоположных сущностей. Проволока действительно соединяет противоположные – положительный и отрицательный – полюсы батареи, однако особенно важно то, что «электрический конфликт» разыгрывается не только в металлической проволоке, но и во всем окружающем ее пространстве.

Действие тока на магнитную стрелку было весьма необычным. Все известные к тому времени силы приводили либо к притяжению, либо к отталкиванию, магнитная же стрелка не притягивалась и не отталкивалась проводником с током, а поворачивалась, стремясь установиться перпендикулярно проволоке. Отмечая это обстоятельство, Эрстед писал, что «...согласно изложенным фактам, электрический конфликт образует вихрь вокруг проволоки. Иначе было бы непонятно, как один и тот же участок проволоки, будучи поме-

щен под магнитным полюсом, относит его к востоку, а находясь над полюсом – увлекает его к западу». Это замечание Эрстеда по сути является констатацией того факта, что электрический ток охвачен круговыми магнитными линиями.

Открытие датского физика вызвало колоссальный интерес в научном сообществе и особенно в среде французских ученых. Уже вскоре после его опубликования Жан Батист Био и Феликс Савар нашли выражение для силы, действующей со стороны тока на магнитный полюс, Доминик Франсуа Араго обнаружил намагничивание железных опилок проводником с током, а Андре Мари Ампер получил выражение для силы взаимодействия между электрическими токами и выявил тесную «генетическую» связь между электрическими и магнитными процессами.

Честь экспериментального открытия эффектов вращения магнита вокруг проводника с током и проводника с током вокруг магнита принадлежит, однако, не французам, а выдающемуся английскому ученому Майклу ФАРАДЕЮ (1791 – 1867). Попытки, поставленные Фарадеем в 1831 году для наблюдения электромагнитного вращения, были очень изысканны. Для успешного осуществления этого опыта (и, по сути, создания первого электродвигателя) нужно было придумать такое расположение магнита и тока, при котором последний действовал бы лишь на один полюс магнита. Для этого ток пропускался через чашки со ртутью, в которые сверху был опущен металлический провод. В одной из чашек провод был установлен вдоль оси сосуда, а выступающий над ртутью полюс магнита вращался вокруг этой оси. В другой чашке, наоборот, по оси сосуда был установлен магнит, а вокруг него вращался электрический провод.

Добившись успеха в опытах с электромагнитным вращением, Фарадей поставил себе задачу «превратить магнетизм в электричество». Такую задачу ставили многие физики, пытаясь получить искру или другое известное тогда действие электрического тока, наматывая проволоку на намагниченное железо. Все эти опыты заканчивались неудачей, поскольку постоянный магнит никак не хотел создавать электрический ток. Впрочем, историческая справедливость

требует отметить, что, в то время как европейские физики в очередной раз признали безуспешность своих попыток получить электричество из магнетизма, американский ученый Джозеф Генри наблюдал возникновение индукционного тока в катушке при движении магнита. Пока Генри собирался опубликовать результаты своих опытов, в печати появилось сообщение Фарадея об открытии им электромагнитной индукции.

Вот фрагменты исторических записей из рабочих тетрадей Фарадея 1831 года:

«...Взял железное кольцо, на которое намотал две катушки из изолированной хлопчатобумажной тканью медной проволоки.

Зарядил батарею из 10 пар пластин по 4 квадратных дюйма. Концы одной из обмоток замкнул медным проводом, проходящим как раз над магнитной стрелкой. Присоединил концы другой обмотки к батарее. Немедленно ощущалось заметное влияние на стрелку: она колебалась и в конце концов вернулась в исходное положение. То же самое при размыкании соединения второй обмотки с батареей».

Далее Фарадей описывает индукционное действие, полученное при помощи постоянных магнитов:

«...если магнит вдвинуть в спираль и пронести через нее одним непрерывным движением, то стрелка смещается в одну сторону, затем внезапно останавливается и, наконец, начинает двигаться в другую сторону».

И снова фрагменты записей Фарадея:

«...Результаты, которые к этому времени были мною получены с магнитами, привели меня к мысли, что ток от батареи при пропускании его через один проводник действительно индуцирует подобный же ток в другом проводнике, но что этот ток длится всего один момент и по природе своей походит скорее на электрическую волну, возникающую при разряде обыкновенной лейденской банки, чем на ток от гальванической батареи...

При сближении проводов индукционный ток имел направление, обратное направлению индуцирующего тока. При удалении проводов друг от друга индуцированный ток имел то же направление, что индуцирующий ток. Когда провода оставались

неподвижными, индуцированного тока не было вовсе».

Эти записи из дневника Фарадея описывают одно из величайших открытий в истории человечества, имевшее огромные научные и технические последствия. Но та же историческая справедливость требует упоминания и о других сделанных этим ученым открытиях.

Так, Фарадей доказал тождественность известных тогда видов электричества: животного (электрические скаты и угри), магнитного, гальванического, теплового (термоэлектричество) и вызываемого трением. Стремясь выяснить природу электричества, он провел эксперименты по прохождению тока через растворы солей, кислот и щелочей и установил в результате этих опытов законы электролиза. Фарадей обнаружил влияние диэлектриков на электростатическое взаимодействие и ввел понятие диэлектрической проницаемости, а впоследствии экспериментально доказал закон сохранения электрического заряда и близко подошел к открытию закона сохранения и превращения энергии. В 1845 году он открыл диамагнетизм, как свойство вещества выталкиваться из магнитного поля, а в 1847 – парамагнетизм, как свойство вещества втягиваться в магнитное поле. Наряду с этим, Фарадей обнаружил эффект вращения плоскости поляризации света в магнитном поле, что послужило первым экспериментальным доказательством электромагнитной природы света и положило начало целому направлению в современной физике – магнитооптике.

Наконец, именно Фарадею принадлежит чрезвычайно плодотворная концепция физических полей. По мнению Альберта Эйнштейна, идея поля была самой оригинальной идеей Фарадея, самым важным открытием со времен Ньютона. У всех предшественников Фарадея пространство выступало лишь в качестве пассивного свидетеля процессов, происходящих между телами или зарядами, у Фарадея же оно активно участвует в явлениях. «Надо было иметь могучий дар научного предвидения, – писал Эйнштейн, – чтобы распознать, что в описании электрических явлений не заряды и не частицы ответственны за суть явлений, а скорее пространство между зарядами и частицами».