



Г. Х. Эрстед

1777—1851

О связи между электричеством и магнетизмом

В течение веков развитие учений об электричестве и магнетизме происходило практически независимо, хотя издавна было отмечено сходство электрических и магнитных взаимодействий: для обоих типов взаимодействий наблюдались как притяжение, так и отталкивание. Процесс формирования единого учения об электромагнетизме, завершившийся созданием теории электромагнитного поля Максвелла, начался с открытия датского ученого Г. Х. Эрстеда.

Ганс Христиан Эрстед родился 14 августа 1777 г. в г. Рудкебинге на о. Лангеланн (Дания) в семье аптекаря. Он учился в Копенгагенском университете, который окончил в 1797 г., получив диплом фармацевта.

Вся творческая жизнь Эрстеда прошла в стенах родного университета. Здесь в 1799 г. он защитил докторскую диссертацию, здесь же начиная с 1806 г. работал в качестве профессора.

Научные интересы ученого были разносторонними. Они охватывали физику, химию и философию. Большое влияние на формирование научного мировоззрения Эрстеда оказала философия Шеллинга. Эрстед глубоко проникся идеей о единстве сил природы и уже в 1812—1813 гг. высказал идею о возможной связи электрического тока и магнетизма. Однако обнаружить такую связь на опыте ему удалось лишь в 1820 г., когда во время лекционной демонстрации было отмечено действие тока на магнитную стрелку. Эрстед прекрасно понимал значение своего открытия и сообщил о нем, издав небольшую брошюру (всего четыре страницы текста) и разослав ее многим известным европейским ученым. Его неожиданные и удивительно простые опыты с отклонением магнитной стрелки вблизи проводника с током были сразу же проверены рядом ученых. Эта проверка принесла и новые результаты, которые в совокупности составили экспериментальную основу первой теории электромагнетизма — электро-

динамики Ампера. Поэтому работа Эрстеда стала крупнейшей вехой в истории физики, хотя объяснение обнаруженного эффекта, данное датским ученым, было ошибочным.

Эрстед и после главного открытия своей жизни занимался вопросами электромагнетизма. В 1821 г. он одним из первых высказал мысль о связи света с электрическими и магнитными явлениями. В 1822—1823 гг. Эрстед независимо от Фурье переоткрыл термоэлектрический эффект и создал первый термоэлемент. Эрстед занимался также проблемами акустики и молекулярной физики (он, в частности, изучал отклонения от закона Бойля — Мариотта, изобрел пьезометр).

Эрстед вел большую просветительскую деятельность. Многие годы он был директором копенгагенской Политехнической школы, а в 1824 г. организовал общество по распространению естествознания.

За научные заслуги Эрстед был избран членом многих академий европейских стран, в том числе Петербургской АН. Эрстед умер 9 марта 1851 г.

Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку

Первые опыты по вопросу, рассматриваемому в настоящем труде, связаны с лекциями об электричестве, гальванизме и магнетизме, читанными мною прошедшей зимой. Основной вывод из этих опытов состоит в том, что магнитная стрелка отклоняется от своего положения равновесия под действием вольтаического аппарата и что этот эффект проявляется, когда контур замкнут, и не проявляется, когда контур разомкнут. Именно потому, что контур оставался разомкнутым, не увенчались успехом попытки такого же рода, сделанные несколько лет тому назад известными физиками. Так как мои первые опыты производились с недостаточно мощным аппаратом и явления не обнаруживались со всей той четкостью, которая была желательна ввиду их важности, то я попросил моего друга г-на Эсмарха, советника Королевского суда, присоединиться ко мне, чтобы повторить опыты посредством более значительного аппарата. Г-н президент Влейгель, кавалер ордена Дании, любезно согласился ассистировать при этих экспериментах. Свидетелями были также известный г-н Рейнгардт, весьма искусный экспериментатор г-н Якобсен и, наконец, доктор философии Цейзе, профессор медицины и выдающийся химик.

Чаще всего я экспериментировал один, но всякий раз, когда мне удавалось наблюдать какое-нибудь замечательно явление, я повторял опыт в присутствии этих ученых.

В дальнейшем я совершенно не буду входить в подробности тех идей, которые руководили мной при моих исследованиях, так

как это не может содействовать уяснению полученного результата. Я ограничусь только фактами, которые делают этот результат очевидным.

Наш гальванический аппарат состоял из двадцати прямоугольных медных ящиков, имеющих в длину и высоту около 12 дюймов, а ширину $21\frac{1}{2}$ дюйма. Каждый ящик состоит из двух медных пластинок, одна из которых оканчивается отростком, поддерживающим цинковую пластинку в жидкости следующего ящика. Этой жидкостью служит вода, к которой прибавлены $1/60$ по весу серной кислоты и $1/60$ азотной кислоты. Опущенная в жидкость часть цинковой пластинки представляет собой квадрат со стороной около 10 дюймов. Можно, впрочем, пользоваться и менее мощными аппаратами: достаточно, чтобы они могли накаливать докрасна металлическую проволоку.

Противоположные концы гальванического аппарата соединяют при помощи металлической проволоки, которую мы будем называть для краткости проволокой-проводником или соединительной проволокой. Действия, которые происходят в этом проводнике и в окружающем его пространстве, мы назовем электрическим конфликтом.

Предположим, что прямолинейный участок этой проволоки протянут над подвешенной обычным способом магнитной стрелкой параллельно направлению последней. Проволоку оставляют достаточно гибкой, чтобы этот участок можно было по желанию перемещать.

В данном случае стрелка изменит свое положение и полюс, находящийся под той частью соединительной проволоки, которая ближе к отрицательному концу гальванического аппарата, отклонится к западу.

Если расстояние от проволоки до стрелки не превосходит $3/4$ дюйма, отклонение составляет около 45° . Если расстояние увеличивать, то угол пропорционально уменьшается. Впрочем, абсолютная величина отклонения изменяется в зависимости от мощности аппарата.

Перемещая соединительную проволоку к востоку или к западу, оставляя ее параллельной направлению стрелки, мы ничего не изменяем, кроме величины самого действия. Отсюда следует, что наблюдаемый эффект не может быть приписан притяжению, так как если бы отклонение стрелки зависело от притяжений или отталкиваний, то полюс, который приближается к проволоке, когда последняя находится к востоку, должен был бы приближаться к ней и тогда, когда эта проволока переходит к западу.

Проводник может быть образован из нескольких проволок или лент, соединенных в пучок. Природа металла безразлична, и если она имеет какое-либо значение, то, возможно, только в отношении величины производимого эффекта. Мы применяли с одинаковым успехом проволоку из платины, золота, серебра, латуни и железа, свинцовые и оловянные ленты и ртуть. Если в

проводник включить водяной столб, то эффект не исчезает полностью, по крайней мере если промежуток имеет всего лишь несколько дюймов в длину. Действие соединительной проволоки на магнитную стрелку передается сквозь стекло, металлы, дерево, воду, смолу, гончарные сосуды и камни. Пластинки из стекла, металла или дерева, проложенные в отдельности и все вместе между проводником и стрелкой, по-видимому, не уменьшают заметным образом влияния последних друг на друга. То же самое относится к диску электрофора, к пластинке из порфира или к наполненной водой тарелке. Опыт показал, что тот же эффект получается, если стрелка помещена в латунный ящик, наполненный водой.

Вряд ли нужно указывать, что такая передача действий сквозь различные вещества не наблюдалась еще ни у обычного электричества, ни у электричества вольтаического¹. Таким образом, действия, которые проявляются при электрическом конфликте, весьма отличны от тех, которые могут произвести одно или другое из двух электричеств².

Если соединительная проволока расположена горизонтально под стрелкой, то эффект будет таким же, как и тогда, когда проволока расположена сверху, но действие будет направлено в обратную сторону. Иными словами, полюс стрелки, под которым находится та часть проволоки, которая ближе всего к отрицательному концу батареи, отклоняется в этом случае к востоку. Чтобы легче запомнить эти результаты, мы будем пользоваться следующей формулой: полюс, который видит отрицательное электричество входящим над собой, отклоняется к западу, а полюс, который видит его входящим под собой, отклоняется к востоку.

Если смещать соединительную проволоку в горизонтальной плоскости так, чтобы она образовывала все больший и больший угол с магнитным меридианом, отклонение стрелки увеличивается, если проволока смещается в ту же сторону, в какую происходит это отклонение. Оно уменьшается, если смещение проволоки производится в обратную сторону.

В том случае, когда соединительная проволока расположена точно в горизонтальной плоскости, в которой может двигаться уравновешенная надлежащим образом стрелка, и когда проволока параллельна направлению стрелки, она не отклоняет ее ни к западу, ни к востоку, а лишь стремится сместить ее в плоскости наклонения. Полюс, более близкий к концу, через который входит отрицательное электричество, опускается, когда он имеет проволоку к западу от себя, и поднимается, когда проволока находится к востоку от него.

Когда соединительная проволока расположена перпендикулярно меридиану выше или ниже стрелки, последняя сохраняет свое положение равновесия, если, однако, проволока не очень близка к одному из полюсов: он поднимается, когда вход происходит через западную часть проволоки, и опускается, когда вход происходит через восточную часть.

Если проволока помещена вертикально перед одним из полюсов стрелки и верхняя часть проволоки сообщается с отрицательным концом батареи, то полюс идет к востоку. Если проволока, оставаясь вертикальной, находится между полюсом и серединой стрелки, этот полюс обращается к западу. Если верхняя часть проволоки сообщается с положительным концом, действия имеют противоположные направления.

Если согнуть соединительную проволоку так, чтобы образовались две параллельные ветви, то такая система в различных случаях отталкивает или притягивает и тот и другой полюсы стрелки. Предположим, что система расположена против одного из полюсов, причем плоскость ветвей перпендикулярна магнитному меридиану, восточная часть сообщается с отрицательным полюсом батареи и западная — с положительным: более близкий полюс стрелки отталкивается к востоку или к западу в зависимости от положения плоскости. Если изменить направление соединения с батареей, полюс, наоборот, притягивается. Если плоскость ветвей пересекает стрелку между полюсом и серединой, происходят такие же явления, но обратного направления.

Латунная стрелка, подвешенная так же, как магнитная стрелка, совершенно не приводится в движение под влиянием соединительной проволоки. То же самое относится к стрелке из стекла или из гуммилака.

Рассмотрим вкратце на основании всех этих фактов, как можно представить себе это явление.

Электрический конфликт действует только на магнитные частицы вещества. Все немагнитные тела пронизаемы для электрического конфликта. Однако магнитные тела или, лучше сказать, магнитные частицы этих тел сопротивляются прохождению этого конфликта, так что они оказываются увлеченными столкновением противоположных действий.

Согласно изложенным фактам, электрический конфликт, по-видимому, не ограничен проводящей проволокой, но имеет довольно обширную сферу активности вокруг этой проволоки.

Кроме того, из сделанных наблюдений можно заключить, что этот конфликт образует вихрь вокруг проволоки. Иначе было бы непонятно, как один и тот же участок проволоки, будучи помещен под магнитным полюсом, относит его к востоку, а находясь под полюсом, увлекает его к западу.

Именно вихрям свойственно действовать в противоположных направлениях на двух концах одного диаметра.

Вращательное движение вокруг оси, сочетающееся с поступательным движением вдоль этой оси, обязательно дает винтовое движение. Однако, если я не заблуждаюсь, такое винтовое движение, по-видимому, не является необходимым для объяснения какого-либо из явлений, наблюдавшихся до сих пор.

Все действия, которые наблюдаются по отношению к северному полюсу и были описаны нами выше, легко объясняются, если предположить, что отрицательная электрическая сила или мате-

рия описывает спираль слева направо и действует на северный полюс, не влияя на южный. Действия на южный полюс объясняются подобным же образом, если допустить, что положительная электрическая материя движется в противоположном направлении и обладает свойством действовать на южный полюс, не влияя на северный. Чтобы ясно представить себе этот закон и видеть, как он согласуется с фактами, повторение опытов лучше всяких объяснений. Весьма полезно для лучшей ориентировки в опытах как-нибудь отметить на самой проволоке направление электрических сил.

Я добавляю только еще одно слово: в работе, опубликованной семь лет тому назад³, я доказал, что теплота и свет являются результатом электрического конфликта.

Из наблюдений, которые я привел, можно заключить, что этот конфликт создает, кроме того, вихревые движения; я убежден, что в этих движениях будет найдено объяснение явлений, известных под названием *поляризации света*.

Комментарий

Перевод с латинского работы Г. Х. Эрстеда выполнен Я. Г. Дорфманом. Перевод воспроизводится по изданию: Ампер А.-М. Электродинамика. М., 1954.

¹ Одно из названий электрического тока во времена Эрстеда.

² Утверждение неверно. Именно электрический ток («вольтаическое электричество») и есть источник магнитного действия.

³ Эрстед подразумевает свою работу «Исследования тождества электрических и химических сил», опубликованную в 1813 г. в Париже.

Литература

- [1] Собрание сочинений Г. Х. Эрстеда: Oersted Hans Christian Aanden in naturen. Kobenhavn, 1979
- [2] Dibner B. Oersted and the discovery of electromagnetism. N. Y. — London, 1962.
- [3] Цверева Г. К. Основоположник электромагнетизма. К 200-летию со дня рождения Ханса Христиана Эрстеда // Электросвязь. 1977. № 9. С. 63—66.
- [4] Явелов Б. Е. Случайное и закономерное в истории физических открытий. М., 1982, гл. «От Вольты до Эрстеда».

Голин Г. М., Филонович С. Р.

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3