

Ф 24
№ 2



АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

~ КЛАССИКИ НАУКИ ~



МИХАИЛ ФАРАДЕЙ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ

ТОМ II

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
А. В. ЯКОВЛЕВОЙ

КОММЕНТАРИИ И РЕДАКЦИЯ
ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА АКАДЕМИИ НАУК СССР
ПРОФ. Т. П. КРАВЦА



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

1954

Под общей редакцией Комиссии Академии Наук СССР
по изданию научно-популярной литературы
и серии «Итоги и проблемы современной науки»

Председатель Комиссии Академии Наук СССР

академик **С. И. ВАВИЛОВ**

Зам. председателя член-корреспондент Академии Наук СССР

П. Ф. ЮДИН



ПРЕДИСЛОВИЕ



По соображениям, указанным в предыдущем томе «Экспериментальных исследований по электричеству», я пришел к решению собрать оставшиеся серии и прибавить к ним кое-какие другие статьи, посвященные исследованиям по электричеству.

К тем замечаниям в предисловии, которые содержат указанные соображения, я отсылаю всех, которые почтут настоящие исследования своим вниманием. В этом томе я, как и ранее, напечатал свои статьи или с малыми изменениями, или совсем без изменений. Единственное сделанное мною исключение состоит в том, что вверху каждой страницы я поместил точную и правильную дату каждой статьи.

К сожалению, я включил в том и такие статьи, которые имеют полемический характер, но ничего не мог сделать. Некоторые из них содержат много нового, важного и разъяснительного материала. Введение материала, принадлежащего не мне, а другой стороне (например, Нобили и Антинори, Гейру), было существенно для понимания дальнейших рассуждений, содержащихся в ответных статьях.

Я много обязан Королевскому обществу, г-ну Мэррью и г-ну Тэйлору за большую любезность, которую они проявили по отношению ко мне предоставлением мне клише и т. п., а также другими действиями, облегчившими печатание настоящего тома.

Указатель относится и к «Экспериментальным исследованиям» и к статьям смешанного содержания. Поэтому ссылки по необходимости сделаны двояким образом: те, которые относятся к «Исследованиям», дают номера параграфов; их можно узнать по тому, что соответственные числа сравнительно велики; остальные дают страницы; этим числам всегда предшествует слово «стр.».

Михаил Фарадей.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ**



ПЯТНАДЦАТАЯ СЕРИЯ

Раздел 23. Заключение о характере направления электрической силы у электрического угря.

Поступило 15 ноября. Доложено 6 декабря 1838 г.

РАЗДЕЛ 23

Заключение о характере направления электрической силы у электрического угря

1749. Как ни удивительны законы и явления электричества, когда они открываются нам в неорганической, или мертвой, материи, интерес их едва ли может итти в сравнение с тем, который присущ той же силе, когда она связана с нервной системой и с жизнью; и хотя мрак, который в настоящее время окружает вопрос, может пока что затмить и его значение, всякое продвижение в нашем знании об этой могущественной силе в ее отношении к инертным предметам помогает нам рассеять этот мрак и выявить более ощутимо чрезвычайный интерес этой важнейшей отрасли физической науки. В самом деле, мы находимся только на пороге того, что человеку дозволено знать об этом предмете; и те многие выдающиеся ученые, которые помогли выяснению этого вопроса, до самого последнего момента чувствовали, как это весьма очевидно по их высказываниям, что дело обстоит именно так.

1750. После того, как стало известно, благодаря трудам Рише, с'Гравезанда, Фирмина, Уолша, Гумбольдта и др.,

существование животных, способных давать такие же сотрясения живой системе, как электрическая машина, гальваническая батарея и гроза, стало настоятельно необходимо установить тождество жизненной [living] силы, которую они обладают, с той, которую человек может возбудить у инертной материи и которая получила название электричества (265, 351). С электрическим скатом это было выполнено в совершенстве; определено и направление тока силы общими трудами ученых: Уолша,¹ Кэвендиша,² Гальвани,³ Гардини,⁴ Гумбольдта и Гей-Люссака,⁵ Тодда,⁶ сэра Гэмфри Дэви,⁷ д-ра Дэви,⁸ Беккереля⁹ и Маттеуччи¹⁰.

1751. С этой же целью производились опыты над угрем, и исследования Уильямсона,¹¹ Гардена,¹² Гумбольдта,¹³ Фальберга¹⁴ и Гизана¹⁵ пошли весьма далеко в доказательстве тождественности электрической силы у этого животного с электричеством, возбуждаемым обычными способами; два последних ученых получили даже искру.

1752. В качестве животного, подходящего для дальнейших исследований в этой тонченной отрасли знания, угорь, кажется, в некоторых отношениях удобнее, чем скат, особенно (как это заметил Гумбольдт) по своей способности

¹ Philosophical Transactions, 1773, стр. 461.

² Там же, стр. 196.

³ Aldini's Essai sur le Galvanisme, II, стр. 61.

⁴ De Electrici Ignis Natura. Мантуя, 1792, § 71.

⁵ Annales de Chimie, XIV, стр. 15.

⁶ Philosophical Transactions, 1816, стр. 120.

⁷ Там же, 1829, стр. 15.

⁸ Там же, 1832, стр. 259; 1834, стр. 531.

⁹ Traité de l'Electricité, IV, стр. 2641.

¹⁰ Bibliothèque Universelle, 1837, XII, стр. 163.

¹¹ Philosophical Transactions, 1775, стр. 94.

¹² Там же, стр. 102.

¹³ Personal Narrative, гл. XVII.

¹⁴ Swedish Transactions, 1801, стр. 122, 156.

¹⁵ De Cymnoto Electrico. Тюбинген, 1819.

переносить заключение и сохраняться живым и здоровым в течение долгого срока. Одного угря удалось продержать активным несколько месяцев, в то время как ската д-р Дэви не смог сохранять свыше двенадцати или пятнадцати дней, а Маттеуччи из ста шестнадцати таких рыб не был в состоянии сохранить живой хотя бы одну свыше трех дней, несмотря на то, что он соблюдал все условия, благоприятствующие их сохранению¹. Поэтому получение угрей было делом большой важности; побуждаемый любезными сообщениями барона Гумбольдта, я в 1835 г. обратился в ведомство колоний, где мне была обещана всяческая помощь в добывании нескольких таких рыб, и теперь я все время ожидаю получения или самих животных, или сообщений о них.

1753. За это время сэр Эверард Хом также поручил одному из своих друзей переслать ему нескольких угрей, которые предназначаются для его королевского высочества, нашего нового президента, и другие господа тоже заняты этим делом. Это обстоятельство заставляет меня включить в настоящее сообщение часть письма барона Гумбольдта, которое я получил в ответ на мой запрос; он говорит в нем о том, как их лучше переправлять через Атлантику. Он пишет:

«Угорь, который распространен в Каракасских льяносах (вблизи Калабозо) во всех малых речках, впадающих в Ориноко в английской, французской и голландской Гвианах, выдерживает перевозку без труда. Мы потеряли их так быстро в Париже, потому что их слишком утомляли [опытами] сразу по их приезде. Г-да Нордерлинг и Фальберг сохранили их в Париже живыми свыше четырех месяцев. Я бы посоветовал перевозить их из Суринама (из Эссеквибо, Дсмерары, Кайенны) летом, так как угорь у себя на родине живет в воде при 25° С (77° Ф). Некоторые имеют пять футов в длину, но я бы посоветовал выбирать таких, которые

¹ Bibliothèque Universelle, 1837, XII, стр. 174.

имеют в длину двадцать семь, двадцать восемь дюймов. Их сила меняется с пищей и с их общим состоянием. Они обладают небольшим желудком и едят мало и часто; пища их состоит из вареного мяса (*не соленого*), небольших рыб и даже хлеба. Перед погрузкой на корабль следует провести опыты над их силой и над родом пищи для них и выбрать только тех рыб, которые уже освоились с неволей. Я содержал их в ящике или корыте около четырех футов длины и шестнадцати дюймов ширины и глубины. Вода должна быть *пресная* и меняться каждые три-четыре дня; рыбам не следует мешать выходить на поверхность, потому что они любят глотать воздух. Над корытом и вокруг надо растянуть сетку, так как угри часто выскакивают из воды. Это—все указания, которые я могу вам дать. Впрочем, *важно* еще не мучить и не переутомлять животных, потому что они истощаются от частых электрических разрядов. В одном корыте можно держать несколько угрей».

1754. Один угорь был недавно привезен в нашу страну г. Портером и куплен владельцами Галлерей на Аделаида-стрит; они тотчас же чрезвычайно любезно дали мне разрешение экспериментировать с рыбой для научных целей, предоставив ее временно исключительно в мое распоряжение, чтобы однако (в согласии с указанием Гумбольдта) (1753) ее силы не были ослаблены; они выразили только желание, чтобы я сохранил ее жизнь и здоровье. Я не замедлил воспользоваться их готовностью пойти навстречу интересам науки и с большой благодарностью принял их предложение. С этим угрем при любезной помощи г. Брэдли из указанной Галлерей, г. Гассио, а иногда и других господ, как-то профессоров Даниеля, Оуена и Уитстона, я получил полное доказательство тождественности его силы с обычным электричеством (265, 351 и т. д.). Все это было уже получено ранее с электрическим скатом (1750), а кое-что, например, удар, цепь и искра (1751)—и с угрем, но все же

я думаю, что краткое сообщение о результатах будет интересно для Королевского общества, и я даю их как необходимые предварительные опыты к тем исследованиям, которые мы надеемся провести, как прибудет ожидаемое пополнение животных (1752).

1755. Рыба имеет в длину сорок дюймов. Она была поймана около марта 1838 г.; в Галлерею была доставлена 15 августа, но не ела со дня своей поимки до 19 октября. Начиная с ночи 24 августа г. Брэдли подбавлял в воду немного крови; вода на следующее утро заменялась свежей, и таким путем животное, возможно, получало некоторое питание. 19 октября оно убило и съело четыре маленьких рыбки; с этого дня крови больше ему не давали, а животное стало поправляться, поглощая в среднем по одной рыбе в день.¹

1756. Я экспериментировал с угрем 3 сентября, когда он казался вялым, но давал сильные удары, если руки были удачно расположены на его теле (1760, 1773 и сл.). Опыты были проведены в течение четырех различных дней с перерывами для отдыха от месяца до недели. Здоровье рыбы, повидимому, непрерывно улучшалось, и именно в течение этого периода, между третьим и четвертым днями опытов, она начала есть.

1757. Кроме рук, для опытов служили два рода коллекторов. Одни состояли из медного стержня длиной в пятнадцать дюймов, с медным диском диаметром в полтора дюйма, припаянным с одного конца, и с медным цилиндром, прикрепленным с другого; цилиндр служил ручкой с широким контактом для руки. Начиная от диска кверху, стержень был покрыт толстой каучуковой трубкой, чтобы изолировать эту часть от воды. С их помощью можно было определять состояние отдельных частей рыбы, когда она находилась в воде.

¹ Пищей для угря послужили пескарн, карп и окунь.

1758. Другой род коллекторов должен был устранить затруднение, представляемое полным погружением рыбы в воду, потому что даже для получения искры я не считал себя вправе просить, чтобы животное вынималось на воздух. Медная пластинка восьми дюймов длины и в два с половиною дюйма ширины была изогнута в виде седла так, чтобы, надеваясь на рыбу, она могла охватывать некоторую часть ее спины и боков; к ней была припаяна толстая медная проволока, чтобы отводить электрическую силу к испытательному прибору. На седло надевалась рубашка из листового каучука с краями, выступающими вниз и на концах. Концы были сделаны сходящимися так, чтобы они до некоторой степени приходились по телу рыбы, а нижние края были устроены так, чтобы они упирались во всякую горизонтальную поверхность, на которую ставилось седло. Часть проволоки, которая могла оказаться в воде, была покрыта каучуком.

1759. Когда эти проводники прикладывались к рыбе, они собирали силу в достаточном количестве, чтобы производить многие электрические действия, но когда надо было воспользоваться всеми возможностями до конца, как, например, при получении искры, на дно воды помещались стеклянные пластины, и на рыбу, находившуюся над ними, надевались проводники так, чтобы нижние края резины упирались в стекло; тогда часть животного внутри каучука была почти так же хорошо изолирована, как если бы угорь находился в воздухе.

1760. Удар. От этого животного получался очень мощный удар, если руки были помещены в выгодном положении, т. е. одна на теле близ головы, а другая — близ хвоста. Чем ближе руки были друг к другу, в известных пределах, тем слабее был удар. Дисковые проводники (1757) очень хорошо проводили удар, если руки были влажны и плотно прикладывались к цилиндрическим ручкам, но почти совсем не проводили, когда ручки держались сухими руками, как обычно.

1761. Гальванометр. Пользуясь седловидными проводниками (1758), приложенными к передней и задней частям угря, легко получить отклонение гальванометра. Последний был не особенно чувствителен, потому что цинковая и платиновая пластинки на нижней и верхней поверхности языка вызывали постоянное отклонение [стрелки] не больше чем на 25° . Однако, когда рыба давала мощный разряд, отклонение доходило до 30° , а в одном случае даже до 40° . Отклонение происходило постоянно в одном направлении, и ток всегда шел от передних частей животного через проволоку гальванометра к задним частям. Первые были поэтому в это время снаружи положительными, а последние — отрицательными.

1762. Намагничение. Когда небольшая катушка, содержащая двадцать два фута покрытой шелком проволоки, намотанной на ствол пера, помещалась в цепь, а внутрь катушки вставлялась стрелка из отожженной стали, то стрелка становилась магнитом, а направление ее полярностей во всех случаях показывало ток от передних частей к задним частям угря через приложенные проводники.

1763. Химическое разложение. Легко получалось полярное разложение раствора иодида калия. Три или четыре листа бумаги, намоченной в растворе (322), помещались между платиновой пластинкой и концом проволоки, тоже из платины, которые связывались соответственно с двумя седлообразными проводниками (1758). Каждый раз, когда проволока соединялась с проводником у передней части угря, на ее конце появлялся иод; но если она соединялась с другим проводником, на том месте бумаги, где раньше появлялся иод, ничего не выделялось, так что здесь опять направление тока оказалось одинаковым с тем, которое дали предшествующие испытания.

1764. Этим способом я сравнивал среднюю часть рыбы с другими частями, лежащими спереди и сзади, и нашел что проводник А, будучи приложен к середине, отрицате-

лен по отношению к проводнику *B*, приложенному к передней части, и, наоборот, положителен по отношению к нему тогда, когда он приложен к частям близ хвоста. Так что в известных пределах внешнее состояние рыбы во время удара представляется в таком виде, что любая часть отрицательна по отношению к тем, которые находятся впереди, и положительна по отношению к тем, которые находятся сзади.

1765. Выделение тепла. Пользуясь термоэлектрометром Гарриса, принадлежавшим г. Гассио, мы, как нам казалось, могли в одном случае, именно когда отклонение гальванометра было 40° (1761), наблюдать слабое повышение температуры. Я не наблюдал прибора сам, а один из тех, которые вначале думали, что они видели действие, теперь сомневается в результате.¹

1766. Искра. Электрическая искра была получена следующим образом. Один конец хорошей магнито-электрической катушки, с сердечником из мягкой железной проволоки, был прикреплен к концу одного из седлообразных коллекторов (1758), а другой присоединен к новому стальному напильнику; второй напильник был прикреплен к концу другого коллектора. Затем один наблюдатель начинал тереть концом одного из напильников о поверхность другого, а другой наблюдатель ставил коллекторы на рыбу, стремясь вызвать ее активность. Трением напильников контакт многократно создавался и обрывался, и надо было поймать момент тока через проволоку и катушку; прерывая контакт *во время тока*, надо было сделать электричество заметным посредством искры.

1767. Искра была получена четыре раза, и почти все присутствовавшие видели ее. Что она не была вызвана простым трением друг о друга двух напильников, было

¹ В более поздних опытах такого же рода мы не могли получить подобного действия.

видно из того, что она не появлялась, если тереть напильники друг о друга, не включая животного. Впоследствии я заменил нижний напильник вращающейся стальной пластинкой, нарезанной с поверхности как напильник, а верхний напильник — проволоками из железа, меди и серебра; со всеми ими искра получилась.¹

1768. Таковы были общие электрические явления, полученные от этого угря, пока он жил и действовал в своей родной стихии. В некоторых случаях многие из них получались одновременно; так получался магнит, отклонялся гальванометр и, возможно, нагревалась проволока при одном и том же разряде электрической силы животного.

1769. Я полагаю, что в этом кратком отчете о свойствах угря будут не лишними некоторые дальнейшие подробности относительно количества и расположения электричества внутри и вокруг этого удивительного животного.

1770. Когда удар силен, он похож на удар от большой лейденской батареи, заряженной слабо, или на удар от хорошей гальванической батареи в сто или более пар пластин, цепь которой замкнута только на одно мгновение. Я попробовал составить себе некоторое представление о *количестве* электричества и для этого соединил большую лейденскую батарею (291) с двумя латунными шарами диаметром около трех дюймов, расположенными в семи дюймах друг от друга в лохани с водой; таким образом они могли изображать собой части угря, к которым приложены коллекторы. Но, чтобы понизить интенсивность разряда, в цепь вставлялась куда-нибудь мокрая, сложенная вшестеро бичевка длиной в восемь дюймов; это оказалось необходимым для того, чтобы помешать легкому возникновению

¹ Во время одного позднейшего сеанса, во время которого были сделаны попытки вызвать притяжение золотых листков, искра была получена прямо между неподвижными поверхностями без индукционной катушки (1766), с одними только короткими (сравнительно) проводами.

искры на концах коллекторов (1758), когда они прикладывались в воде близко от шаров, как ранее от рыбы. Когда батарея при таком расположении сильно заряжалась и разряжалась, а руки были опущены в воду близко от шаров; чувствовался удар, очень похожий на удар от рыбы, и хотя опыты не претендуют на точность, все же напряжение могло быть до некоторой степени подогнано с помощью искры, которая получалась более или менее легко; после этого, пользуясь ударом, можно было получить указание, является ли приблизительно одинаковым и количество, и мы можем, я думаю, заключить, что один средний разряд рыбы равен, по крайней мере, электричеству лейденской батареи из пятнадцати банок, содержащих три тысячи пятьсот квадратных дюймов стекла, с обкладками по обеим сторонам, заряженной до самого предела (291). Это заключение относительно большого количества электричества в одном ударе угря находится в прекрасном согласии с величиной отклонения, которое он может дать стрелке гальванометра (367, 860, 1761), а также с количеством химического разложения, производимого им (374, 860, 1763) при электролитических опытах.

1771. Как ни велика сила одного разряда, угорь, как описывает Гумбольдт и как часто наблюдал и я, может давать двукратный и даже троекратный удар; и эта способность немедленно повторять действия с едва заметным промежутком между ними очень важна для соображений, которые должны последовать по вопросу о происхождении силы в животном. Уолш, Гумбольдт, Гей-Люссак и Маттеуччи заметили то же у ската, но в значительно более поразительной степени.

1772. Поскольку в момент, когда рыба замышляет удар, передние части положительны, а задние — отрицательны, можно заключить, что имеется ток от первых к последним через каждую точку воды, которая окружает животное, до значительных расстояний от ее тела; поэтому удар, кото-

рый ощущается, когда руки находятся в наиболее благоприятном положении, является действием только очень малой доли электричества, которое животное разряжает в этот момент, а значительно большая часть электричества проходит через окружающую воду. Этот огромный внешний ток должен сопровождаться некоторым действием внутри рыбы, *эквивалентным* току, направление которого будет от хвоста к голове, и равным сумме всех *этих внешних сил*. Мы не можем пока сказать, сопровождается ли процесс возбуждения или развития электричества внутри рыбы также образованием этих внутренних токов (которые не должны быть обязательно такими же быстрыми и моментальными, как внешний ток), но во время удара животное, видимо, не ощущает того электрического действия, которое оно вызывает у окружающих.

1773. С помощью прилагаемой диаграммы (рис. 150) я хочу изобразить кое-какие экспериментальные результаты, которые иллюстрируют ток вокруг рыбы и показывают причину различия в характере удара в зависимости от тех разнообразных путей, которыми человек связывается с животным, или от изменения его положения по отношению к угрю. Большой круг представляет собой лохань, в которой заключено животное, ее диаметр имеет сорок шесть дюймов, а глубина воды в ней составляет три с половиной дюйма; она стоит на сухих деревянных ножках. Цифры указывают места, где были приложены руки или дисковые проводники (1757), а в тех случаях, когда цифры находятся вблизи от изображения животного, предполагается, что руки были в контакте с рыбой. Я буду обозначать различных участников через А, В, С и т. д. А — лицо, которое возбуждало рыбу к действию.

1774. Когда одна рука была в воде, удар ощущался только этой одной рукой, к какой бы точке рыбы она ни прикладывалась; он был не очень силен и чувствовался лишь той частью руки, которая была погружена в воду.

Когда в воде находились кисть и часть руки, удар ощущался всеми погруженными частями.

1775. Когда в воде были обе руки у одной и той же точки рыбы, удар все еще был сравнительно слаб и ощу-

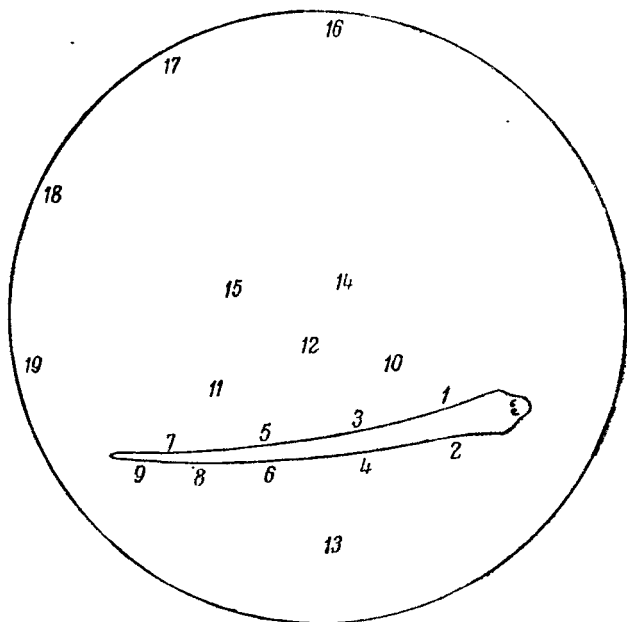


Рис. 150.

щался только погруженными частями. Если руки были на противоположных сторонах, как 1, 2 или 3, 4, или 5, 6, или когда одна была сверху, а другая снизу одного и того же участка, действие было таково же. При пользовании дисковыми коллекторами в этих же положениях державшим их лицом никакого действия не ощущалось (и это соответствует наблюдениям Гей-Люссака над электрическим скатом¹), тогда как другие лица, у которых обе руки были

¹ Annales de Chimie, XIV, стр. 18.

погружены на некотором расстоянии от рыбы, ощущали значительные удары.

1776. Когда обе руки или дисковые коллекторы прикладывались к различным точкам на некотором расстоянии вдоль тела животного как *1, 3* или *4, 6*, или *3, 6*, то получались сильные удары, распространявшиеся кверху по рукам и доходившие даже до груди экспериментатора, хотя другое лицо, у которого в одной из этих точек в воде находилась только одна рука, ощущало удар сравнительно слабо. Удар можно было получить и от точек вблизи хвоста, как *8, 9*. Повидимому, он был сильнее всего около *1, 8*. При сближении рук действие ослабевало, а когда руки находились в одном поперечном сечении, оно, как описано ранее, ощущалось только в погруженной части руки (1775).

1777. *B* поместил свои руки у *10* и *11*, не меньше чем в четырех дюймах от рыбы; в то же время *A* дотронулся до животного стеклянной палочкой, чтобы возбудить его активность; *B* сейчас же получил мощный удар. В другом опыте подобного рода, показывающем, что нет необходимости касаться рыбы, несколько лиц получили удар независимо друг от друга; так, *A* был у *4, 6*; *B* у *10, 11*; *C* у *16, 17* и *D* у *18* и *19*; все получили удар одновременно, *A* и *B* — очень сильный, *C* и *D* — слабый. При экспериментировании с гальванометром или другими инструментальными установками очень полезно, чтобы одно лицо держало свои руки в воде на небольшом расстоянии от животного, чтобы знать и сообщить, когда произошел разряд.

1778. Когда обе руки *B* были у *10, 11* или у *14, 15* и только одна рука *A* была у *1* или *3* или *6*, первый получал сильный удар, в то время как второй получал только слабый, несмотря на контакт с рыбой. То же получалось, когда обе руки *A* были у *1, 2* или *3, 4* или *5, 6*.

1779. Если руки *A* были у *3, 5*; *B* у *14, 15* и *C* у *16, 17*: *A* получал наиболее сильный удар, *B* — следующий по силе и *C* — самый слабый.

1780. Когда *A* возбуждал угря своими руками у 8, 9, а *B* был у 10, 11, последний получал гораздо более сильный удар, чем первый, хотя первый трогал и возбуждал животное.

1781. *A* возбуждал рыбу одной рукой у 3; руки *B* были в это время у 10, 11 (т. е. вдоль рыбы), а руки *C* — у 12, 13 (т. е. поперек); *A* получил колющий удар только в погруженную часть руки (1774), *B* получил сильный удар вдоль всей руки; *C* почувствовал лишь слабое действие в погруженной части руки.

1782. Только что описанные мною опыты требуют еще многих повторений для того, чтобы выведенные из них общие заключения можно было считать установленными; я не хочу утверждать, что они дают что-либо, кроме некоторых указаний на направление силы. Вполне вероятно, что рыба имеет возможность пускать в действие каждый из своих четырех электрических органов отдельно и таким образом до некоторой степени направлять удар, т. е. она, может быть, обладает способностью заставлять электрический ток исходить из одной стороны своего тела и в то же время приводить другую сторону его в такое состояние, при котором она в этом направлении будет как бы проводником. Но, думается мне, картина явления и результаты исключают предположение о том, что животное имеет какой-либо контроль над направлением токов после того, как они вошли в окружающие его жидкость и предметы.

1783. Полученные данные относятся к рыбе, когда она вытянута прямолинейно; если она изгибается, то характер изменения интенсивности линий сил вокруг нее можно предсказать теоретически. Так, если руки приложены у 1, 7, надо ожидать более слабого удара в руках, когда животное будет изогнуто этой стороной внутрь, и более сильного, когда оно вытянуто прямо, потому что тогда уменьшится расстояние между этими точками, и промежуточная вода поэтому будет проводить больше силы. Но по отношению

к погруженным частям рук или к находящимся в воде животным, например рыбам, удар между 1, 7 будет более, а не менее мощным.

1784. Из всех опытов, а также и из простых рассуждений очевидно, что вся вода и все проводящие вещества вокруг рыбы, через которые можно каким-либо путем замкнуть разрядную цепь, наполнены в этот момент циркулирующей электрической силой, и общий характер этого состояния можно легко представить с помощью диаграммы, нанося в последней линии индуктивного действия (1231, 1304, 1338): в случае угря, одинаково со всех сторон окруженного водой, они по своему расположению будут походить, вообще говоря, на магнитные линии магнита, имеющего ту же прямую или изогнутую форму, как и животное, т. е. если только оно, как следует ожидать, воспользуется при этом одновременно всеми своими четырьмя электрическими органами.

1785. Этот угорь может оглушать и убивать рыб, которые находятся в самых разнообразных положениях по отношению к его собственному телу; но однажды, когда я видел, как он ест, его действия показались мне необычными. Живая рыба, около пяти дюймов длиной, пойманная не более полминуты назад, была брошена в лохань; угорь мгновенно повернулся таким образом, что его тело образовало круг, охватывающий рыбу так, что она расположилась по его диаметру; произошел удар, и рыба, как будто оглушенная молнией посреди воды, мгновенно всплыла боком кверху. Угорь сделал один или два круга, чтобы отыскать свою добычу, и, найдя и проглотив, отправился на поиски новой. Ему была дана вторая, меньшая рыбка, которая пострадала при переноске и проявляла лишь слабые признаки жизни, и эту он проглотил сразу, повидимому, не оглушая. Казалось, что угорь в этом случае изогнулся вокруг своей добычи преднамеренно для того, чтобы увеличить

силу удара, и такое действие, очевидно, чрезвычайно хорошо подходит для этой цели (1783), находясь в полном согласии с хорошо известными законами разряда токов в массах проводящего вещества; и хотя рыба не всегда применяет это ухищрение, весьма вероятно, что она сознает его преимущества и может прибегать к нему в случае необходимости.

1786. Когда животное живет в окружении такого хорошего проводника, как вода, — а именно так живет угорь, — прежде всего является мысль: не удивительно ли, что оно может что-либо ощутимо электризовать? Но небольшое размышление скоро приводит нас к сознанию многих фактов большой красоты, иллюстрирующих мудрость всего устройства. Так, сама та проводящая способность, которой обладает вода и которую она сообщает мокрой коже рыбы или поражаемого животного, размер поверхности, по которой соприкасаются рыба с водой, подводящей к ней заряд, — все способствует удару по осужденному животному и усиливает этот удар; все это и находится в совершеннейшем контрасте с невыгодным положением, которое имелось бы, если бы угорь и рыба были окружены воздухом; и в то же время эта сила отличается низким напряжением, так что сухая кожа предохраняет от нее и, наоборот, мокрая ее проводит (1760); она характеризуется большим количеством (1770), так что, хотя окружающая вода много отводит прочь, через тело рыбы, которую надо поймать для пищи, или через тело врага, которого надо сразить, может пройти количество, достаточное для полного действия.

1787. Другой замечательный результат по вопросу об отношении угря и его добычи к окружающей среде таков: чем больше рыба, которую надо убить или оглушить, тем значительнее будет удар, которому она подвергнется, хотя угорь может действовать только с одной и той же силой; дело в том, что через тело большей рыбы пройдут те токи электричества, которые, когда рыба меньше, идут мимо нее, не причиняя ей вреда.

1788. Повидимому, угорь чувствует, когда он оглушил животное, вероятно, ощущая механический импульс, вызываемый судорогами, которые постигают животное. Когда я трогал угря своими руками, он давал мне удар за ударом, но когда я трогал его стеклянными стерженьками или изолированными проводниками, он производил один или два удара, ощущавшиеся другими лицами, руки которых были погружены в воду на некотором расстоянии от него; затем он переставал действовать, как будто узнав, что действие не имеет желаемого эффекта. Далее, если его несколько раз трогали проводниками для опытов с гальванометром или с другими приборами, он казался вялым или безразличным и не хотел производить удары; но при прикосновении рук, которые своими конвульсивными движениями осведомляли его о присутствии чувствительного объекта, он быстро проявлял свою силу и свою готовность поразить экспериментатора.

1789. Жоффруа Сент Илэр заметил, что электрические органы ската, угря и подобных им рыб нельзя рассматривать как существенно связанные с органами, имеющими большое прямое значение для жизни животного, но что они скорее принадлежат к обычным признакам; было также найдено, что скаты, лишенные своих особых органов, продолжали свои жизненные функции так же хорошо, как и те, у которых они были сохранены. Эти соображения вместе с другими подают мне некоторую надежду на то, что эти органы при внимательном изучении окажутся видом естественных приборов, при помощи которых мы сможем приложить принципы *действия и противодействия* к исследованию природы *нервного влияния*.

1790. Анатомическое отношение нервной системы к электрическому органу, очевидное истощение нервной энергии при производстве электричества в этом органе, видимо,

эквивалентная выработка электричества в пропорции к количеству израсходованной нервной силы, постоянное направление производимого тока, если его сопоставить с тем, что, как мы можем надеяться, соответствует постоянному направлению нервной энергии, бросаемой в действие в то же самое время, — все заставляет меня считать вполне возможным, что при пропускании электричества насильственно через орган может возникнуть обратная реакция на связанную с ним нервную систему и что в большей или меньшей степени может оказаться возможным восстановление того, что животное затрачивает при возбуждении им тока. Мы имеем аналогию по отношению к теплу и магнетизму. Зеебек научил нас, как переводить теплоту в электричество; затем Пельтье недавно дал нам точное его обращение и показал, как обращать электричество в теплоту, включая оба возможные направления — тепло и холод. Эрстед показал, как переводить электрические силы в магнитные, а я имел счастье прибавить последнее звено полного круга, действуя в обратном направлении и переведя магнитные силы в электрические. Таким образом, может быть, мы, обладая в этом отношении силой, значительно большей, чем у рыбы, будем в состоянии переводить электрическую силу в нервную в этих органах, в коих природа создала прибор, при посредстве которого животное проявляет нервную силу, переводя ее в электрическую.

1791. Некоторым может показаться очень дикой идеей самое предположение, что нервная сила до некоторой степени аналогична таким силам, как тепло, электричество и магнетизм. Однако я делаю эту гипотезу только для того, чтобы иметь основание провести некоторые опыты; в зависимости от того, какой результат они дадут: положительный или отрицательный, они определяют дальнейшие догадки. А что касается природы нервной силы, то ее напряжение, передаваемое по нервам к различным органам, которые оно возбуждает к действию, не является непосредственным жиз-

ненным началом, а поэтому я не вижу никакого естественного довода, почему нам нельзя в некоторых случаях определять ее течение, а не только наблюдать его. Многие ученые считают, что эта сила есть электричество. Пристли выдвинул этот взгляд в 1774 г. в очень отчетливом и ясном виде одинаково для обычных животных и для таких, которые являются электрическими, как скат.¹ Д-р Уилсон Филип полагает, что в некоторых нервах агентом является электричество, измененное жизненным действием.² Маттеуччи думает, что нервная жидкость или энергия, — по крайней мере, в нервах, принадлежащих электрическим органам, — есть электричество.³ Г-да Прево и Дюма придерживаются мнения, что в нервах, принадлежащих мускулам, движется электричество, и г. Прево приводит в подтверждение этого взгляда прекрасный опыт, в котором в качестве доказательства производилось намагничение стали; если этот опыт будет подтвержден дальнейшими наблюдениями и другими учеными, он должен иметь чрезвычайное значение для развития этой высокой отрасли знания.⁴ И вот, хотя я еще пока не убежден фактами в том, что нервная жидкость есть одно только электричество, все же я думаю, что агентом в нервной системе может быть неорганическая сила; и если есть основания предполагать, что магнетизм является более

¹ Pristley. On Air, I, стр. 277 (изд. 1774 г.).

² Д-р Уилсон Филип придерживается мнения, что нервы, которые возбуждают мускулы и осуществляют химические изменения жизненных функций, действуют через электрическую силу, поставляемую головным и спинным мозгом и измененную в своих эффектах жизненными силами живого животного; как он меня уведомил, он нашел еще в 1815 г., что пока жизненные силы сохраняются, эти функции могут, если удалить первое влияние, так же хорошо выполняться гальваническим электричеством, а в конце этого года он представил Королевскому обществу статью, доложенную на одном из его собраний, с отчетом об опытах, на которых основаны его взгляды.

³ Bibliothèque Universelle, 1837, XII, стр. 192.

⁴ Там же, 1837, XII, стр. 202; XIV, стр. 200.

высокой степенью силы, чем электричество (1664, 1731, 1734), то легко можно вообразить, что нервная сила имеет еще более возвышенный характер и все же доступна опыту.

1792. Опыт, который я имею смелость предложить, состоит в следующем: если угорь или скат был утомлен частым действием своего электрического органа, то можно ли, пропуская через него токи, по силе подобные тем, которые он сам испускает, или другой степени силы, постоянные или прерывные и в том же направлении, как и те, которые он испускает, восстановить его способность и силы быстрее, чем если предоставить его естественному отдыху?

1793. Будут ли токи, посылаемые через животное в противоположном направлении, быстро его истощать? — Мне кажется, имеются основания полагать, что скат (а возможно и угорь) не очень сильно затрагивается или возбуждается электрическими токами, посылаемыми только через электрический орган; так что проведение этих опытов не представится мне очень затруднительным.

1794. Расположение органов у ската наводит еще на мысль о дальнейших опытах на том же принципе. Так, если ток послан в естественном направлении, т. е. снизу вверх, через орган на одной стороне рыбы, будет ли он возбуждать к действию орган на другой стороне? Или, если он послан в обратном направлении, будет ли он вызывать такое же или какое-либо иное действие в этом органе? Будет ли он действовать так же, если перевязать нервы, ведущие к этому органу или к этим органам? И будет ли он действовать так же после того, как животное было настолько истощено предшествовавшими ударами, что потеряло способность в такой же или в иной степени вводить по своей воле этот орган в действие?

1795. Таковы некоторые из опытов, которые подсказываются соответствием и соотношением электрических органов этих рыб; нам представляется разумным их произвести,

а выводы представляются многообещающими. Другие могут думать об этом иначе, чем я; но про себя я могу сказать только, что я провел бы их в первую очередь, если бы у меня была такая возможность.

Королевский институт.

9 ноября 1838 г.

ШЕСТНАДЦАТАЯ СЕРИЯ

Раздел 24. Об источнике мощности гальванического элемента
Глава I. Возбуждающие электролиты и т. д. — проводники термо- и вообще слабых токов. Глава II. Неактивные проводящие цепи, содержащие жидкость или электролит. Глава III. Активные цепи, возбуждаемые раствором сернистого калия.

Поступило 23 января. Доложено 6 февраля 1840 г.

РАЗДЕЛ 24

Об источнике мощности гальванического элемента

1796. Что является источником мощности в гальваническом элементе? — Этот вопрос в настоящее время имеет чрезвычайное значение для теории и для развития электрической науки. Мнения относительно этого различны, но самыми значительными являются два, из которых первое находит источник мощности в контакте, а второе — в химической силе. Спор между ними касается самых основных принципов электрического действия, ибо мнения настолько различны, что два человека, соответственно принявшие их, принуждены в дальнейшем расходиться по всем пунктам, относящимся к возможной и глубокой природе агента, или силы, от которой зависит явление гальванического элемента.

1797. Теория контакта принадлежит Вольте, великому изобретателю самого элемента; с его времени она поддерживалась целым сонмом ученых, среди которых в последнее время стоят такие люди, как Пфафф, Марианини, Фехнер, Замбони, Маттеуччи, Карстен, Бушарда, а в отношении воз-

буждения мощности, — сам Дэви; все — яркие звезды в высоких сферах науки. Теория химического действия была впервые выдвинута Фаброни,¹ Волластоном² и Парротом³ и с тех пор была в большей или меньшей мере развита Эрстедом, Беккерелем, де ля Ривом, Ритчи, Пулье, Шенбейном и многими другими; среди них должно особо отметить Беккереля,⁴ как дававшего с самого начала все новые и новые и притом сильнейшие экспериментальные доказательства в подтверждение того, что электричество развивается всегда химическим действием; должно назвать и де ля Рива, как наиболее ясного и постоянного в своих взглядах работника, из всех наиболее ревностного в получении фактов и доводов, начиная с 1827 г. и до настоящего времени.⁵

1798. Рассматривая этот вопрос с точки зрения определенного электрохимического действия, я увидел себя вынужденным принять сторону тех, кто считает, что происхождение гальванической силы обязано только химическому действию (875, 965), и отважился опубликовать об этом статью в апреле 1834 г.⁶ (875 и т. д.), которая была особо отмечена Марианини.⁷ Имя этого ученого, замечания Фехнера⁸ и сознание того, что в большей части Италии и

¹ 1792, 1799 гг.: Becquerel, *Traité de l'Electricité*, I, стр. 81—91; Nicholson's *Quarto Journal*, III, стр. 308; IV, стр. 120; или *Journal de Physique*, VI, стр. 348.

² 1801 г.: *Philosophical Transactions*, 1801, стр. 427.

³ 1829, 1831 гг.: *Annales de Chimie*, 1829, XLII, стр. 45; 1831, XLVI, стр. 361.

⁴ 1824 г. и т. д.: *Annales de Chimie*, 1824, XXV, стр. 405; 1827, XXXV, стр. 113; 1831, XLVI, стр. 265, 276, 337; XLVII, стр. 113; XLIX, стр. 131.

⁵ Там же, 1828, XXXVII, стр. 225; XXXIX, стр. 297; 1836, LXII; или *Mémoires de Genève*, 1829, IV, стр. 285; 1832, VI, стр. 149; 1835, VII.

⁶ *Philosophical Transactions*, 1834, стр. 425.

⁷ *Memorie della Società Italiana in Modena*, 1827, XXI, стр. 205.

⁸ *Philosophical Magazine*, 1838, XIII, стр. 205; или *Poggendorf's Apparat*, XLII, стр. 481. Фехнер упоминает также об ответе Пфаффа на мою статью. Я испытываю постоянные сожаления о том, что немецкий язык мне недоступен.

Германии все еще господствует контактная теория, заставили меня пересмотреть вопрос более тщательно. Я хотел не только избежать ошибки, я старался убедить себя в справедливости контактной теории; ибо очевидно, что если контактная электродвижущая сила вообще существует, то про нее нельзя просто сказать, что она не похожа ни на одну другую естественную силу в отношении тех явлений, которые она может производить; она будет отличаться от всех других и в гораздо более важных отношениях, как ограниченность, определенность силы и конечность ее производительности (2065).

1799. Я смею надеяться, что экспериментальные результаты и доказательства, которые были таким образом собраны, могут оказаться полезными для науки. Я боюсь, что подробности будут скучны, но это является необходимым следствием состояния вопроса. Контактная теория долгое время владела человеческими умами, поддерживается большим весом авторитета и годами имела неоспоримое господство в некоторых частях Европы. Если она ошибочна, ее можно искоренить лишь большим количеством убедительных экспериментальных доказательств — факт для меня достаточно ясный из того обстоятельства, что статьи де ля Рива еще не убедили всех работающих над этим предметом. Вот почему я счел необходимым прибавить свои дальнейшие доказательства к доказательствам его и других, входя в подробности, умножая факты в пропорции значительно большей, чем та, которая потребовалась бы для обоснования и популяризации новой научной истины (2017). Поступая так, я в некоторых случаях только расширяю, но также, я надеюсь, и подкрепляю то, что сделано другими, особенно де ля Ривом.

1800. Пояснению вопроса будет способствовать формулировка различных взглядов на контакт. Теория Вольты говорит, что простой контакт между проводящими телами вызы-

вает развитие электричества в точке соприкосновения без всякого изменения природы самих тел, и что хотя такие проводники, как вода и водные жидкости, обладают этим свойством, однако в такой степени, которая недостойна рассмотрения в сравнении с той, до которой оно поднимается среди металлов.¹ Мне кажется, что современные взгляды итальянских и немецких ученых, сторонников контактной теории, в общих чертах те же; пожалуй, только иногда больше значения придается контакту несовершенных проводников с металлами. Так, Замбони (в 1837 г.) считает наиболее мощным источником электричества металлический контакт, а не контакт металла с жидкостью.² Но Карстен, придерживаясь контактной теории, переносит электродвижущую силу в место контакта жидкости с твердыми проводниками.³ Марианини придерживается такого же воззрения на принцип контакта, но с тем добавлением, что для действия возбуждающей силы не требуется фактического контакта, а что два сближенных разнородных проводника могут воздействовать на состояние друг друга и в том случае, если они разделены ощутимым промежутком воздуха в $\frac{1}{10000}$ линии и более.⁴

1801. Де ля Рив, наоборот, настаивает на простом и определенном химическом действии и, насколько я осведомлен, не допускает в гальваническом элементе тока, который бы не сопровождался полным химическим действием и не зависел от такого действия. А такой замечательный электрик, как Беккерель, хотя и выражается очень осторожно, но, повидимому, допускает возможность того, что химическое притяжение способно вызвать электрические токи, когда токи недостаточно сильны для того, чтобы превозмочь силу

¹ Annales de Chimie, 1802, XL, стр. 225.

² Bibliothèque Universelle, 1836, V, стр. 387; 1837, VIII, стр. 189.

³ L'Institut, n° 150.

⁴ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 232—237.

сцепления, и тогда оно оканчивается соединением.¹ Шенбейн утверждает, что склонность к химическому взаимодействию может произвести ток, т. е. вещества, имеющие склонность соединяться химически, могут вызывать ток, хотя эта тенденция и не сопровождается фактическим соединением вещества.² В таком случае гипотетическая сила становится тем же, что и контакт Вольты, поскольку действующие вещества, производя ток, не изменяются. Мнение Дэви состояло в том, что, так же как у Вольты, контакт возбуждает ток или является его причиной, но что химические изменения подают ток. Что касается меня, то я в настоящее время придерживаюсь того же мнения, как и де ля Рив, и не думаю, что в гальваническом элементе простой контакт делает что-нибудь для возбуждения тока, за исключением только того, что он подготавливает полное химическое действие (1741, 1745) и им заканчивается.

1802. Итак, взгляды на контакт различны, и можно сказать, что они так постепенно переходят из одного в другой, что доходят даже до признания химического действия, но все же эти две крайности, какую бы форму они ни принимали, представляются мне в принципе непримиримыми. Дело в следующем. Контактная теория предполагает: что если два различных тела, являющихся проводниками электричества, находятся в соприкосновении, то в точке их контакта имеется сила, благодаря которой одно из тел отдает часть своего естественного запаса электричества другому, принимающему его в добавление к своему собственному естественному запасу; что хотя соприкасающиеся точки таким образом соответственно отдали и приняли электричество, они не могут удержать заряд, который создан контактом, и разряжают свое электричество по направлению к массам, нахо-

¹ Annales de Chimie, 1835, LX, стр. 171; и *Traité d'Electricité*, I, стр. 253, 258.

² *Philosophical Magazine*, 1838, XII, стр. 227, 311, 314; а также *Bibliothèque Universelle*, 1838, XIV, стр. 155, 395.

дящимся позади их (2067); что сила, которая в точке контакта заставляет частицы принимать новое состояние, не может заставить их сохранить это состояние (2069), и что все это происходит без какого-либо постепенного изменения частей, находящихся в контакте, и не имеет связи с их химическими силами (2065, 2069).

1803. Химическая теория предполагает: что в месте действия частицы, находящиеся в контакте, химически действуют друг на друга и при некоторых обстоятельствах могут перевести большую или меньшую часть действующей силы в динамическую форму (947, 996, 1120); что при наиболее благоприятных обстоятельствах превращается в динамическую силу все (1000), и тогда количество произведенной движущейся силы является точным эквивалентом израсходованной химической силы, и что (в гальваническом элементе) ни в коем случае нельзя получить какого-либо тока без активного использования и поглощения равного количества химической силы, и все кончается определенным количеством химического превращения.

1804. Статья Марианини¹ была для меня важным поводом для пересмотра вопроса; но курс, который я принял, был направлен не столько на то, чтобы ответить на отдельные возражения, сколько на то, чтобы добиться ясности по всем пунктам, относящимся как к оспариваемым, так и к не оспариваемым им; и достигнутая ясность должна была удовлетворить меня самого, так как я был готов принять как ту, так и другую теорию. Поэтому настоящая статья не является полемической, а содержит дальнейшие факты и доказательства справедливости взглядов де ля Рива. Марианини выдвигает чрезвычайно интересные факты, и все его возражения должны со временем получить ответ, но только тогда, когда будут получены численные данные как о напряжении, так и о количестве силы; они все спорны и, по моему мнению,

¹ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 20^f.

связаны только с количественными изменениями, не затрагивая серьезным образом основного вопроса. Так, когда этот ученый приводит численные результаты, полученные при рассмотрении двух металлов с жидкостями на их противоположных концах, стремящимися образовать взаимно противоположные токи, различие, которое он приписывает действию образуемого и прерываемого металлического контакта, как я думаю, можно объяснить известными уже отчасти фактами, относящимися к противоположным токам; у меня возникали столь же большие и даже бóльшие разности, которые приведены в моих прежних статьях (1046). Так, на стр. 213 его мемуара я не могу признать, что e должно дать эффект, равный разности между b и d ; потому что в b и d сопротивление, оказываемое возбуждаемому току, есть просто сопротивление плохого проводника, а в случае e сопротивление вызывается силой, действующей в сторону, противоположную действию источника тока.

1805. Что касается той части его мемуара, которая относится к действию сернистых растворов,¹ я позволю себе сослаться на свои последующие исследования. Я не нахожу, как итальянский ученый, что в растворах сернистого калия железо положительно по отношению к золоту или к платине;² наоборот, оно сильно отрицательно — и по причинам, указываемым впоследствии (2049).

1806. Что касается спора о причине искры перед контактом,³ Марианини допускает искры, но я полностью отказываюсь от этого. Статья Якоби⁴ убеждает меня в том, что я ошибаясь относительно *этого доказательства* существования состояния напряжения в металле перед контактом (915, 916). Поэтому я ограничиваюсь в настоящее время тем, что отказываюсь от своих собственных опытов.

¹ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 217.

² Там же, стр. 217.

³ Там же, стр. 225.

⁴ Philosophical Magazine, 1838, XIII, стр. 401.

1807. Теперь я обращаюсь к общим доказательствам, оставляя в стороне частные разногласия и обсуждение фактов, мало доказательных и сомнительных по существу; ибо с самого начала у меня было впечатление, что объяснения требует не какое-нибудь слабое влияние или явление, но такое, которое указывает на силу исключительной мощности, требующую поэтому, чтобы приписываемая ей причина как по своему напряжению, так и по количеству была в некоторой пропорции с производимыми ею действиями.

1808. Все исследования производились с помощью токов и гальванометра, потому что мне представлялось, что такой прибор и такой метод больше всего подходят для исследования электричества гальванического элемента. Нет сомнения, что электрометр является чрезвычайно важным прибором, но ученые, пользующиеся им, не вполне согласны друг с другом относительно надежности и точности его результатов. И даже если признать правильным те немногие указания, которые пока что дал электрометр, они все же слишком общи для того, чтобы решить вопрос о том, что является возбуждающей силой в гальванической батарее: контакт или химическое действие. Для того, чтобы применить этот прибор серьезно и сделать его сколько-нибудь полезным для получения убедительных доводов в пользу одной из двух теорий, было бы необходимо построить таблицу контактов или действий контактов для различных металлов и жидкостей, участвующих в устройстве гальванического элемента и взятых попарно (1868); нужно дать в такой таблице как направление, так и величину контактной силы.

1809. Сторонники контактной теории принимают, что хотя в точках контакта друг с другом металлы проявляют большую электродвижущую силу, но в металлической цепи эти силы уравновешиваются так, что каково бы ни было их расположение, никогда никакого тока не возникает. Так, на рис. 151, если контактная сила меди и цинка есть 10→

и у m введен третий металл, то каков бы ни был металл, действие его контактов с цинком и медью у b и c составит в обратном направлении количество силы, равное 10. Так, если это будет калий, его контактная сила у b будет $5 \rightarrow$, но тогда его контактная сила у c должна быть $\leftarrow 15$; или, если это будет золото, его контактная сила у b будет $\leftarrow 19$, но тогда его контактная сила у c будет $9 \rightarrow$. Это — очень важная гипотеза, но надо, чтобы теория согласовалась с фактами; я думаю все же, что это — только гипотеза, так как мне не известно никаких фактов, не зависящих от упомянутой теории, которые бы доказывали ее справедливость.

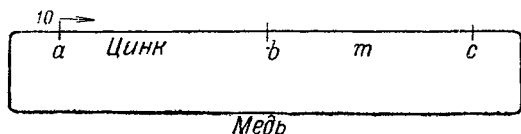


Рис. 151.

1810. С другой стороны, предполагается, что жидкие проводники и такие тела, которые содержат воду, или, одним словом, те, которые я назвал электролитами (664, 823, 921), или не оказывают контактной силы в месте соприкосновения с металлами, или, если и оказывают эту силу, то с той чрезвычайно важной разницей, что эта сила не подчинена тому же закону компенсации или нейтрализации в замкнутой цепи, который соблюдается для металлов (1809). Но, полагаю, я вправе сказать, что это — тоже лишь гипотеза, так как она не поддерживается никакими независимыми измерениями или фактами (1808), а только теорией, которую она сама предназначена поддерживать.

1811. Исходя из этого мнения и имея намерение установить, что именно в активной цепи производится контактом и что — химическим действием, я постарался найти в этом последнем классе некоторые вещества (1810), которые не оказывали бы химического действия на употребляемые

металлы (чтобы исключить эту причину тока), но все же были бы достаточно хорошими проводниками электричества и обнаруживали бы токи, обусловленные контактами этих металлов друг с другом или с жидкостью: я считал, что электролит, который будет проводить термоток одной пары пластин висмут — сурьма, будет удовлетворять требуемой цели; я искал таковые и, к счастью, скоро нашел их.

ГЛАВА I

Возбуждающие электролиты и т. д. — проводники термо- и вообще слабых токов

1812. Сернистый калий. Это вещество и его растворы были приготовлены следующим образом. Равные веса едкого кали (*potassa fusa*) и серы были смешаны и медленно нагревались в флорентийской колбе до тех пор, пока все не расплавилось и не соединилось, а избыток серы начал возгоняться. Затем все было охлаждено и растворено в воде, так что получился крепкий раствор, который, постояв, стал совершенно прозрачным.

1813. Порция такого раствора была включена в цепь, содержащую гальванометр и пару пластин из сурьмы и висмута; соединение с электролитом было сделано посредством двух платиновых пластинок, длиной около двух дюймов каждая и шириной в полдюйма; обе были погружены почти целиком и находились на расстоянии в полдюйма друг от друга. Когда цепь была замкнута и все находилось при одной температуре, тока не было; но в тот момент, когда соединение сурьмы и висмута было или подогрето, или охлаждено, появлялся соответствующий термоток, заставлявший стрелку гальванометра давать постоянное отклонение, иногда доходившее до 80°. Даже малые разности температур, вызываемые прикосновением пальца к элементу Зеебека, производили весьма заметные токи через электролит. Когда вместо

пары сурьма—висмут брались просто проволоки из меди и платины или железа и платины, то подогревание места соединения этих металлов спиртовкой давало термоток, который в тот же момент проходил через цепь.

1814. Итак, этот электролит по своей высокой проводящей силе вполне удовлетворяет требуемым условиям (1811). Он настолько превосходит в этом отношении, что я был в состоянии посылать термоток от одного элемента Зеебека через пять его последовательных порций, соединенных друг с другом платиновыми пластинками.

1815. Азотистая кислота. Желтая безводная азотистая кислота, полученная перегонкой сухого нитрата свинца, помещенная в стеклянную трубку и включенная в цепь вместе с нашей системой сурьма—висмут и гальванометр, не давала указаний на прохождение термотока, хотя погруженные электроды состояли из довольно толстой платиновой проволоки около четырех дюймов длины каждый и находились на расстоянии не более четверти дюйма друг от друга.

1816. Порция этой кислоты была смешана с почти таким же объемом воды; в результате произошло понижение температуры, выделение некоторого количества азотистого газа, образование некоторого количества азотной кислоты, и получилась темнозеленая жидкость. Она стала теперь таким прекрасным проводником электричества, что почти самые слабые токи могли проходить через нее. Ток, полученный от цепи Зеебека, замечался при погружении платиновых проволок в кислоту на длину лишь одной восьмой дюйма. Если в жидкости находилось по два дюйма каждого электрода, проводимость была так хороша, что для гальванометра почти не составляло разницы, соприкасались ли платиновые проволоки в жидкости или были разведены на четверть дюйма.¹

¹ Де ля Рив указал на легкость, с которой электрический ток проходит между платиной и азотистой кислотой. *Annales de Chimie*, 1828, XXXVII, стр. 278

1817. Азотная кислота. Немного чистой азотной кислоты было прокипячено для того, чтобы отогнать всю азотистую кислоту, и затем остужено. Включенная в контур через платиновые пластины (1817), она оказалась столь плохим проводником, что действие на нее сурьяно-висмутовой пары, при наибольшей разности температур, было едва заметно на гальванометре.

1818. Употребление бледножелтой кислоты, вообще чистой, показало, что ее проводящая сила несколько больше, чем у предыдущей. При использовании красной азотной кислоты оказалось, что она проводит термоток очень хорошо. При прибавлении небольшого количества зеленой азотистой кислоты (1816) к бесцветной азотной кислоте смесь приобрела высокую проводящую силу. Итак, очевидно, что азотная кислота в чистом виде не является хорошим проводником, но присутствие в ней азотистой кислоты, вероятно совместно с водой, сообщает ей эту силу в очень высокой степени по сравнению с другими электролитами.¹ Интенсивно красная крепкая азотная кислота и слабая зеленая кислота (состоящая из одного объема крепкой азотной кислоты и двух объемов воды и ставшая зеленой под действием отрицательного платинового электрода гальванической батареи) были и та и другая такими прекрасными проводниками, что термоток мог проходить через пять их отдельных порций, соединенных платиновыми пластинками, с такой малой задержкой, что, по моему мнению, и двадцать таких перерывов не остановили бы этого слабого тока.

1819. Серная кислота. Крепкое купоросное масло между платиновыми электродами (1813) проводило сурьяно-висмутовый термоток хотя и ощутимо, но слабо. Смесь двух объемов кислоты и одного объема воды проводила гораздо лучше, но далеко не так хорошо, как два пред-

¹ Опыты Шенбейна со смесью азотной и азотистой кислот, по всей вероятности, имеют к делу прямое отношение и служат ему иллюстрацией. *Bibliothèque Universelle*, 1817, стр. 406.

шествующих электролита (1814, 1816). Смесь одного объема купоросного масла и двух объемов насыщенного раствора сульфата меди проводила этот слабый ток очень неплохо.

К а л и. Крепкий раствор едкого кали между платиновыми пластинами проводил термоток хотя и ошутимо, но очень слабо.

1820. Я возьму на себя смелость описать здесь, как в самом удобном месте, другие результаты, относящиеся к проводящей способности тел, которые будут нужны в дальнейшем при настоящих исследованиях. Гален, желтое сернистое железо, мышьяковистые пириты, природные сернистые медь и железо, природная серая и искусственная сернистая медь, сернистые висмут, железо и медь, шарики окиси каленого железа, железная окалина или чешуйчатая окись проводили термоток очень хорошо. Природная перекись марганца и перекись свинца проводили его довольно хорошо.

1821. Следующие тела, до некоторой степени схожие по природе и составу, не проводили этого слабого тока в заметной степени, когда контактные поверхности были малы: искусственное серое сернистое олово, цинковая обманка, киноварь, красный железняк, железная руда с Эльбы, природная магнитная окись железа, природная перекись олова (оловянный камень), вольфрам, расплавленный и остуженный протоксид меди, перекись ртути.

1822. Некоторые из вышеупомянутых веществ весьма замечательны по своей проводящей способности. Так обстоит дело с раствором сернистого калия (1813) и с азотистой кислотой (1816), по огромной величине этой способности. Перекиси марганца и свинца еще более замечательны тем, что вообще имеют эту способность, потому что протоксиды этих металлов не проводят ни слабого термотока, ни более сильного тока от гальванической батареи. Это обстоятельство особенно побудило меня проверить это свойство у перекиси свинца. Поэтому я приготовил некоторое его количество

из сурика, действием последовательных порций азотной кислоты, затем в течение нескольких дней кипятил полученную таким образом бурю окись в нескольких порциях дистиллированной воды до тех пор, пока не были удалены всякие следы азотной кислоты и нитрата свинца; после этого перекись была старательно высушена до конца. И все-таки, когда кучка ее в порошке и, следовательно, при очень несовершенных контактах во всей ее массе была зажата между двумя платиновыми пластинами и в таком виде включена в термоэлектрическую цепь (1813), оказалось, что ток через нее проходит легко.

ГЛАВА II

Неактивные проводящие цепи, содержащие жидкость или электролит

1823. Де ля Рив уже приводил пример с едким кали, железом и платиной¹ для того, чтобы показать, что там, где нет химического действия, нет и тока. Моей целью является: увеличить число подобных примеров, воспользоваться другими жидкостями, кроме едкого кали, и такими, которые обладают хорошей проводящей силой для слабых токов; применить сильные и слабые растворы и таким образом накопить экспериментальные и логические доказательства, посредством которых этот крупный вопрос должен быть разрешен окончательно.

1824. Прежде всего я взял сернистый калий, как электролит хорошей проводящей способности, но химически неактивный (1811) при включении его в цепь с железом и платиной. Установка показана на рис. 152, где *D*, *E* представляют два химических стакана, содержащих крепкий раствор сернистого калия (1812); а также четыре металлические пластинки, около полудюйма шириной и двух дюйм-

¹ Philosophical Magazine, 1837, XI, стр. 275.

мов длиной в их погруженной части; из них три, обозначенные P, P, P , были из платины, а одна, обозначенная I , — из чистого железа; они были соединены друг с другом железными и платиновыми проводами, как на рис. 152, а гальванометр был включен у G . В этой установке было три

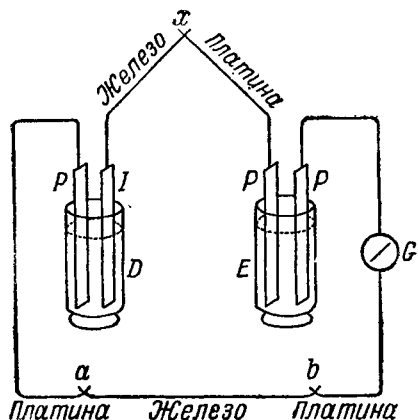


Рис. 152.

металлических контакта платины и железа a, b и x ; первые два противоположны друг другу, и их можно рассматривать как взаимно нейтрализующие свои силы; а третий, которому не противопоставлен какой-либо другой металлический контакт, можно сравнивать либо с разностью между a и b , когда один из них теплее другого, либо с самой собой, в нагретом или охлажденном состоянии (1830),

либо с силой химического действия, если сюда ввести какое-нибудь тело, способное к такому действию (1831).

1825. Если эта схема замкнута и в порядке, то через нее не проходит никакого тока, и стрелка гальванометра остается на 0° ; однако вся цепь открыта для очень слабого тока, так как разность температуры у одного из соединений a, b или x вызывает соответствующий термоток, мгновенно обнаруживаемый гальванометром, стрелка которого дает постоянное отклонение до $30, 40$ или даже до 50° .

1826. Но для получения этого надлежащего и нормального состояния необходимо соблюдать некоторые предосторожности. Прежде всего, если цепь замкнута везде, кроме места погружения железной и платиновой пластинок в чашку D , тогда при погружении последних появится ток, направленный от платины (которая оказывается положительной)

через раствор к железу; он может продолжаться пять или десять минут или, если железо было небрежно вычищено, то и несколько часов; он вызывается действием сернистого раствора на *окисел железа*, а не каким-либо действием на металлическое железо; после того, как он прекратится, возмущающую причину можно считать устраненной. Опытные доказательства правильности этого объяснения я приведу дальше (2049).

1827. Другая предосторожность относится к действию случайных движений пластинок в растворе. Если две платиновые пластинки опустить в раствор указанного сернистого калия и включить в цепь с гальванометром, то эта схема, если она в порядке, не дает тока; но если одну из пластинок вынуть на несколько секунд на воздух, а затем возвратить на место, она станет отрицательной по отношению к другой и на короткое время возбudit ток.¹ Если одна из двух пластин будет из железа, а другая — из платины или из какого-либо другого металла или из вещества, на которое сульфид не действует, то получится такое же действие. В этих случаях ток происходит благодаря изменениям, которые воздух производит в пленке сернистого раствора, приставшей к вынутой пластинке.² Но и гораздо меньшая причина, чем эта, может произвести ток, потому что если вынуть одну из платиновых пластинок, хорошо ее вымыть, высушить и даже прогреть, то при ее введении обратно она почти наверно одну-две секунды будет обнаруживать отрицательное состояние.

¹ Марианини наблюдал такого же рода действия, которые вызывались влиянием воздуха на одну из двух пластинок, погруженных в азотную кислоту. *Annales de Chimie*, 1830, XLV, стр. 42.

² Беккерель уже давно упоминал о подобном влиянии экспозиции на воздух пластинки, ранее погруженной в некоторые растворы. Обычно пластинка, экспонированная таким образом, становилась положительной при последующем погружении. *Annales de Chimie*, 1824, XXV, стр. 405.

1828. Эти и другие возмущающие причины проявляются в настоящих опытах особенно сильно, благодаря превосходной проводящей способности употребляемого раствора; но их не будет, если принять меры к устранению всякого движения пластин или раствора; тогда, как сказано выше, вся схема приходит в нормальное и совершенно неактивное состояние.

1829. Таким образом, мы имеем здесь схему, в которой контакту между платиной и железом у x предоставлена свобода производить любые действия, которые такой контакт способен производить. И каковы же последствия? — Абсолютно никаких! Это не потому, что электролит является очень плохим проводником и ток контакта не может поэтому проходить, ибо через него легко проходят токи гораздо более слабые, чем этот предполагаемый ток контакта (1813); а служащий для опыта электролит по своей проводящей способности значительно превосходит употребительные в гальванических батареях или в цепях, в которых ток до сих пор приписывается контакту. Простое заключение, к которому должен привести опыт, состоит, по моему мнению, в том, что контакт железа с платиной не дает абсолютно никакой электродвижущей силы (1835, 1859, 1889).

1830. Если сделать контакт действительно активным и эффективным, изменив, согласно прекрасному открытию Зеебека, его температуру по сравнению с другими частями цепи, тогда его способность производить ток проявится (1824). Это дает возможность сравнивать предполагаемую силу простого контакта с силой термоконтакта, и мы находим, что последний оказывается бесконечно больше первого, потому что первый равен нулю. Такое же сравнение простого контакта с термоконтактом можно сделать, сопоставляя действие контакта x при обычных температурах с одним из контактов a или b , когда он нагрет или охлажден. Очень умеренные изменения температуры в этих точках мгновенно производят соответствующий ток, а простой контакт у x не производит ничего.

1831. Я считаю также, что у x можно произвести правильное, научное и даже строгое сравнение предполагаемого действия простого контакта с химическим действием. В самом деле, если разъединить металлы у x и приложить там клочок бумаги, смоченной в разведенной кислоте, или в растворе соли, или даже язык, или мокрый палец, то образуется ток, проходящий от железа через введенную кислоту или другую активную жидкость к платине и гораздо более сильный, чем те термоТоки, которые были описаны выше (1830). Это — пример тока от химического действия без какого-либо металлического контакта в цепи, которому можно было бы на один момент приписать происхождение действия (879); притом в этом случае металлический контакт заменен химическим действием, и результат таков: там, где контакт оказывается совсем неэффективным, химическое действие производит ток очень энергично.

1832. Конечно, нет никакой надобности говорить о том, что такие же экспериментальные сравнения можно сделать с каждым из двух других контактов a или b .

1833. Если допустить на время, что эта схема доказывает отсутствие электродвижущей силы контакта между платиной и железом у x (1835—1839), то отсюда следует также, что контакт платины или железа с любым другим металлом тоже не имеет этой силы. В самом деле, если включить между железом и платиной у x (рис. 152) другой металл, например цинк, то тока не получится; между тем контрольное слабое нагревание у a или b покажет, прохождением соответствующего тока, что цепь замкнута и может проводить любой ток, который будет стремиться через нее пройти. Далее, что контакты цинка с железом и с платиной обладают одинаковой электродвижущей силой — этого ни на один момент не допускают те, кто поддерживают теорию контактного действия; мы должны, следовательно, иметь результирующее действие, равное разности двух сил и производящее определенный ток. Но подобного тока

не наблюдается, и я считаю, что, имея в виду вышеупомянутое допущение, такой результат доказывает, что контакты *железо—цинк* и *платина—цинк* совершенно лишены электродвижущей силы.

1834. Золото, серебро, калий и медь вводились у *x* с таким же отрицательным результатом; и то же будет, несомненно, со всяким другим металлом в полном согласии с тем соотношением между ними, которое признается сторонниками теории контакта (1809). Такой же отрицательный результат получился при введении многих других проводящих тел в то же самое место; таковы, например, все уже перечисленные вещества, легко проводящие термоток (1820); и результат доказывает, я думаю, что контакт любого из них с железом или с платиной совершенно неэффективен как источник электродвижущей силы.

1835. Единственный ответ, который, как мне кажется, теория контакта может выдвинуть в противовес вышеупомянутым фактам и заключениям, это сказать, что раствор сернистого калия в стакане *D* (рис. 152) действует так, как действовал бы металл (1809), в результате чего все контакты в цепи оказываются точно уравновешенными. Я в настоящий момент не буду останавливаться на доказательстве того, что отступление, в случае электролитов или жидких тел в гальваническом элементе, *от закона*, который считается справедливым для металлов и твердых тел, хотя это только гипотеза, все же очень существенно для контактной теории гальванического элемента (1810, 1861¹); не буду также доказывать, что электролит только тем и сходен с металлами, что не обладает никакой контактной электродвижущей силой. Я полагаю, что это скоро станет очевидным, и продолжу описание экспериментальных результатов, а к этим вопросам вернусь несколько дальше (1859, 1889).

1835. Опыт был далее повторен с заменой железа брус-

¹ См. слова Фехнера: *Philosophical Magazine*, 1838, XIII, стр. 377.

ком из никеля, рис. 152 (1824), а все остальное оставалось неизменным.¹ Цепь опять оказалась хорошим проводником слабого термотока, но совершенно неэффективной в качестве гальванической цепи, если все было при одной и той же температуре и были приняты необходимые предосторожности (2051). Введение металлов у контакта x было столь же неэффективно, как и ранее (1834); введение химического действия у x было столь же поражающим по своему действию, как и в предыдущем случае (1831); все результаты были фактически параллельны полученным ранее; и если приведенные тогда рассуждения были убедительны, то должно следовать, что и контакт из платины и никеля друг с другом или любого из них с каким-нибудь другим металлом или твердым проводником, введенным у x , совершенно лишен электродвижущей силы.²

1837. Многие другие пары металлов сравнивались друг с другом таким же образом; раствор сернистого калия соединял их с одного конца, а их взаимный контакт выполнял эту задачу с другого. Таковыми были в частности железо и золото, железо и палладий, никель и золото, никель и палладий, платина и золото, платина и палладий.

¹ Имеется другая форма этого опыта, которой я иногда пользовался и в которой чашка E (рис. 152) с ее содержимым была устранена, а платиновые пластинки в ней были соединены друг с другом. Тогда можно считать, что схема имеет три контакта из железа и платины, два из которых действуют в одном направлении, а третий в обратном. Схема и результаты фактически те же, что и приведенные выше. Еще более простой, но во многих случаях столь же убедительной является схема, в которой совсем упразднено железо между a и b , а рассматривается только один контакт у x .

² Один образец никеля был после своего погружения положителен по отношению к платине в течение семи-восьми минут, а затем стал нейтральным. По извлечении его оказалось, что он приобрел желтоватый оттенок и как-будто покрыт сульфидом; и я подозреваю, что этот кусок вел себя, как свинец (1885) и висмут (1895). Трудно получить чистый и в то же время идеально плотный никель; а если он порист, то вещества, приставшие в порах, вызывают ток.

Во всех этих случаях результаты были таковы же, как и приведенные для пары платина—железо.

1838. Необходимо принимать должные предосторожности для того, чтобы все схемы не оказались в каком-либо исключительном состоянии. Часто случалось, что первое погружение пластин давало отклонения; фактически почти невозможно опустить две пластины даже из *одного и того же металла* в раствор, не вызывая отклонения; последнее обычно очень быстро проходит, после чего схему можно пустить в дело для исследования (1826). Иногда получается слабое, но довольно постоянное отклонение стрелки; так, когда металлами были платина и палладий, первое отклонение спало, но остался ток, способный отклонять стрелку гальванометра на 3° ; ток показывал при этом, что платина положительна по отношению к палладию. Но это отклонение в 3° — почти ничто по сравнению с тем, что может вызвать чистый термоток, который производит отклонения до 60° и более; кроме того, если даже предположить, что это есть существенное действие данной схемы, оно направлено не в ту сторону, в которую должно быть по теории контакта. Я склонен приписать его скорее той способности, которой обладают платина и другие вещества: воздействовать на соединение и разложение, не участвуя в соединении; и я случайно нашел, что, когда платиновая пластина была оставлена на несколько часов в крепком растворе сернистого калия (1812), на ней осело небольшое количество серы. Какова бы ни была причина остающегося слабого тока, действие слишком мало, чтобы быть сколько-нибудь убедительным в смысле поддержания теории контакта; тогда как, с другой стороны, он дает тонкие, а следовательно, сильные доводы в пользу химической теории.

1839. Было сделано изменение в форме и устройстве стакана, рис. 152; оно позволило проводить опыты с другими телами, а не только с металлами. Раствор сернистого калия был помещен в плоский сосуд; платиновая пластинка была

согнута так, чтобы ее погруженный конец соответствовал дну сосуда; поверх него в раствор был положен кусок свободно сложенной ткани, а на нее затем накладывался минерал или другое вещество, которое сравнивалось с платиной. Глубина жидкости была такова, что только часть вещества находилась в ней, а все остальное было чистым и сухим; на этой части лежала платиновая проволока, замыкавшая цепь. Устройство этой части цепи дано в разрезе на рис. 153, где *H* представляет кусочек галена, который надлежало сравнить с платиной *P*.

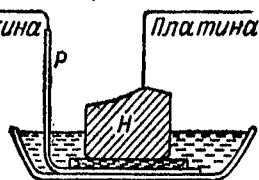


Рис. 153.

1840. Таким способом были сравнены с платиной гален, плотный желтый медный пирит, желтый железный пирит и шарики окиси каленого железа (электролитом в цепи служил раствор сернистого калия). Результаты были одинаковы с полученными для металлов (1829, 1833).

1841. Опыты, которые будут описываться в дальнейшем, давали схемы, в которых сернистый свинец при том же электролите сравнивался с золотом, палладием, железом, никелем и висмутом (1885, 1886); также сернистый висмут — с платиной, золотом, палладием, железом, никелем, свинцом и сернистым свинцом (1894), и все — с тем же результатом. Где не происходило химического действия, там не появлялось тока, хотя цепь оставалась превосходным проводником и существовал контакт, который должен был бы, по теории контакта, производить ток.

1842. Вместо крепкого раствора брался разведенный раствор желтого сернистого калия, состоящий из одной части крепкого раствора (1812) и десяти частей воды. Пластинки из платины и железа устанавливались в этой жидкости, как прежде (1824): железо вначале было отрицательно (2049), но через десять минут стало нейтральным, и стрелка уста-

навливалась на 0° .¹ В этих условиях легко проходит слабый химический ток, возбужденный у x (1831); даже термоток (1830) был способен отклонять стрелку. Таким образом, и крепкий и слабый растворы этого электролита дали одинаковые явления. При дальнейшем разбавлении раствора можно было получить жидкость, в которой железо после первоначального действия становилось постоянно, но слабо положительным. Однако во всех таких случаях оказывалось, что по истечении некоторого времени кое-где на железе происходило образование черного сульфида. Ржавое железо было отрицательно по отношению к платине (2049) в этом очень слабом растворе, который прямым химическим действием мог делать металлическое железо положительным.

1843. Во всех предыдущих опытах в качестве электролита был взят раствор сернистого калия; теперь я заменил его другим, совершенно иным по своей природе, а именно *зеленой азотистой кислотой* (1816), которая, как уже было показано, является превосходным проводником электричества. В качестве металлов служили железо и платина; и то и другое — в виде проволок. Сосудом, в который они погружались, служила трубка, подобная описанной ранее (1815); в других отношениях устройство было в принципе таково же, как описанное ранее (1824, 1836). При начале действия появлялся ток, причем в кислоте железо оказывалось положительным по отношению к платине; но ток *скоро прекращался*, а стрелка гальванометра приходила к 0° . Однако в таком состоянии эту цепь нельзя было сравнивать во всех отношениях с цепью, у которой в качестве электролита был взят раствор сернистого калия (1824).

¹ В этих и предшествующих подобных случаях ради предосторожности производилась разрядка платиновой поверхности от всякой реактивной силы, которую она могла приобрести под действием предшествовавшего тока; для этого она отключалась от других металлов и к ней, в жидкости, на одно мгновение прикасались другой платиновой пластинкой.

В самом деле, хотя она и могла в некоторой степени проводить термоток от сурьмы и висмута, эта способность была очень мала по сравнению с той, которой обладала предыдущая схема, или с такой, в которой азотистая кислота находилась между двумя платиновыми пластинками (1816). Эта замечательная задержка является следствием того, что железо принимает особое состояние, которое Шенбейн так хорошо описал и иллюстрировал своими многочисленными опытами и исследованиями. И хотя надо допустить, что железо в контакте с кислотой находится в особом состоянии (1951, 2001, 2033), все же очевидно также, что цепь, состоящая из платины, железа, особого железа и азотистой кислоты, не производит тока, хотя она имеет проводящую способность, достаточную, чтобы проводить термоток.

1844. Но если контакт из платины и железа имеет электродвижущую силу, почему же он не производит тока? Применение нагревания (1830) или небольшого химического действия (1831) в месте контакта производит ток, а в последнем случае даже сильный. Или, если какой-нибудь другой из контактов в этом устройстве может производить ток, почему же это не обнаруживается каким-нибудь соответствующим действием? В ответ можно только сказать, что особое железо имеет те же электродвижущие свойства и соотношения, как и платина, или что азотистая кислота подчиняется тому же закону, что и металлы (1809, 1835); и, таким образом, сумма действий всех контактов в цепи есть ноль, или точное уравновешение сил. Я верю, что железо подобно платине в том отношении, что не дает электродвижущей силы при отсутствии химического действия на его контактах; но что оно не похоже на нее по своим электрическим соотношениям, является очевидным из различия между ними как в крепкой, так и в слабой азотной кислоте, из их различной способности проводить электрические токи как к азотной кислоте, так и к сернистому калию, которая очень велика, а также в силу других раз-

личий. То, что азотистую кислоту в отношении силы ее контактов надо отделить от других электролитов и отнести к металлам по свойствам, которые и для металлов являются чисто гипотетическими, есть весьма дешевый способ объяснения затруднения; это мы увидим дальше для случая сернистого калия (1835, 1859, 1889, 2060).

1845. Для ученого электрохимика этот случай есть только один из многих сильных примеров, показывающих, что там, где в гальванической цепи отсутствует химическое действие, там не может образоваться и ток; и все равно, что будет взято в качестве электролита или соединительной жидкости: раствор сернистого калия или азотистая кислота, — результаты будут все те же: контакт, оказывается, будет недейственным как активное электродвижущее приспособление.

1846. Мне нет надобности говорить, что введение различных металлов между железом и платиной в точке их контакта не производило никакой разницы в результатах (1833, 1834) и не вызывало тока; и я уже говорил, что применение там нагревания или химического действия производило соответствующие действия. Эта параллельность в активности и неактивности показывает тождественность природы этой цепи (несмотря на образование поверхностной пленки железа на этом металле) и цепи с раствором сернистого калия: так что все заключения, выведенные там, применимы и здесь, и если тот случай является непоколебимым доказательством против теории контактной силы, то таким же будет и этот.

1847. Далее я брал окись железа и платину в качестве концов твердой части цепи и азотистую кислоту в качестве жидкости; т. е. я нагревал железную проволоку в огне спиртовой горелки и таким образом покрывал ее пленкой окиси по способу, рекомендованному Шенбейном в его исследованиях, а затем брал его вместо чистого железа (1843). Окись железа вначале была очень слабо положи-

тельна и быстро становилась нейтральной; значит, эта цепь, как и предыдущая, не давала тока при обычных температурах, но она сильно отличалась от нее по проводящей способности, являясь превосходным проводником термотока, так как окись железа не представляла такого препятствия для прохождения тока, как особое железо (1843, 1844). Итак, чешуйчатая окись железа и платина не производят тока при контакте, если третьим веществом в испытываемой цепи служит азотистая кислота; таким образом, результат согласуется с полученным в предыдущем случае, где этим третьим веществом был раствор сернистого калия.

1848. При употреблении азотистой кислоты необходимо соблюдать некоторые предосторожности, основанные на следующем явлении. Если цепь составлена из зеленой азотистой кислоты, платиновых проволок и гальванометра, через несколько секунд все следы тока, зависящего от первоначальных возмущений, исчезнут; но если одну из проволок поднять на воздух и тотчас же возвратить в ее прежнее положение, появляется ток, и эта проволока оказывается отрицательной через электролит по отношению к другой. Если одну проволоку погрузить в кислоту только на небольшую глубину, например на одну четверть дюйма, а затем приподнять не более чем на одну восьмую дюйма и моментально опустить обратно, возникнет то же явление, как и раньше. Действие обусловлено испарением азотистой кислоты с вынутой на воздух части проволоки (1837). Я, может быть, вернусь к этому в будущем, а сейчас хочу только указать на предосторожность, которая из этого следует, а именно на необходимость во время опыта сохранять провода в спокойном состоянии.

1849. Исходя из фактов, сообщенных Шенбейном и касающихся отношения железа и азотной кислоты, я воспользовался этой кислотой как жидкостью в гальванической цепи, составленной из железа и платины. Чистая азот-

ная кислота отличается крайне слабой проводящей способностью (1817); можно даже подумать, что она способна остановить любой ток, возникший благодаря контакту между платиной и железом; кроме того, пользование ею в этих опытах вызывает возражения потому, что, действуя слабо на железо, она химически возбуждает ток, про который можно подумать, что он будет примешивать свое действие к действию контакта. Нашей же целью в настоящее время является выявление влияния одного контакта с исключением подобного химического действия. Тем не менее результаты, получаемые с ней, согласуются с более совершенными результатами, описанными раньше; в самом деле, в цепи из железа, платины и азотной кислоты совместный эффект химического действия на железо и контакта железа с платиной должен произвести ток определенной и постоянной силы (ее укажет гальванометр); между тем введение небольшого химического действия в месте контакта железа с платиной (как и ранее, 1831) вызывало значительно более сильный ток, чем тот, который проходил раньше. Если затем из более слабого тока вычесть ту долю, которая приходится на химическое действие, как мало останется возможности для предположения, что хоть какое-либо действие обязано своим существованием контакту металлов!

1850. Но *красная азотная кислота* с платиновыми пластинами проводит термоток хорошо и продолжает его проводить даже при значительном разбавлении (1818). Если такую красную кислоту вводить между железом и платиной, ее проводящая способность такова, что половину получающегося постоянного тока можно преодолеть противоположным термотоком от висмута и сурьмы. Таким образом, устанавливается нечто вроде сравнения между термотоком, с одной стороны, и током, происходящим от соединенных действий химической реакции с железом и контакта железа с платиной — с другой. Теперь, принимая во внимание признанную слабость термотока, можно судить о том, какова должна

быть сила той части второго тока, которая определяется контактом, и в какой малой степени она может объяснять те сильные токи, которые производятся обыкновенными гальваническими парами.

1851. Если вместо чистой железной проволоки брать проволоку, окисленную в пламени спиртовой горелки, то при погружении ее вместе с платиной в чистую крепкую азотную кислоту возникает слабый ток и окись железа оказывается положительной по отношению к платине; результаты получаются в общем такие же, как и с железом. Но дальнейший успех достигается сравнением контакта крепкой и слабой кислот с этой окисированной проволокой. Если смешать объем крепкой кислоты с четырьмя объемами воды, можно пользоваться этим раствором, и тогда получаемые отклонения даже меньше, чем с крепкой кислотой. Со стороны железа активность будет едва ощутима, и то лишь при применении чрезвычайно чувствительных способов наблюдения тока. Однако в обоих случаях, если в месте контакта ввести химическое действие, то результирующий ток проходит хорошо, и можно показать, что даже термоток оказывается более мощным, чем ток от контакта.

1852. В этих случаях безопаснее всего опустить окисленное железо целиком под поверхность и замыкать его в цепь, прикасаясь к нему платиновой проволокой; потому что, если окисленное железо будет выступать из кислоты в воздух, оно почти наверное пострадает от соединенного действия кислоты и воздуха на поверхности соприкосновения последних.

1853. Я перешел к опытам с жидкостью, отличающейся от всех предыдущих: это был раствор едкого кали, над которым уже экспериментировал де ля Рив (1823), с железом и платиной; крепкий раствор кали оказался веществом настолько проводящим, что через него может проходить даже термоток (1819); поэтому он был вполне достаточен

для того, чтобы показать ток от контакта, если таковой существует.

1854. Однако, когда крепкий раствор этого вещества образовал пару с серебром и платиной (тела, существенно отличающиеся друг от друга, когда они находятся в комбинации с азотной или соляной кислотой), получался, как и в предыдущем случае, очень слабый ток, и стрелка гальванометра стояла почти у нуля. Таким образом оказалось, что контакт этих металлов не возбуждает ощутимого тока и, как я вполне уверен, потому, что у такого контакта не существует никакой электродвижущей силы. Когда этот контакт был заменен очень слабым химическим действием, для чего в цепь был включен небольшой кусочек бумаги, смоченный в разбавленной азотной кислоте (1831), то результатом было появление тока. Таким образом, здесь, как и во многих предыдущих случаях, схема с небольшим химическим действием и без всякого металлического контакта производит ток, а схема без химического действия, но с металлическим контактом, не производит ничего.

1855. В таком крепком растворе кали железо и никель в паре с платиной были положительны. Но сила производимого тока вскоре падала и через час или около этого становилась совсем малой. Уничтожая затем металлический контакт у x (рис. 152) и подставляя на его место слабое химическое действие — как, например, от разбавленной азотной кислоты, — мы получаем ток, который проходит и проявляет себя. Таким образом, эти случаи параллельны тем, о которых упоминалось выше (1849 и т. д.), и показывают, как мало мог бы сделать один контакт, если соединенное действие контакта железа с платиной и химического воздействия кали на железо оказываются очень малы по сравнению с химическим действием разбавленной азотной кислоты.

1856. Вместо крепкого раствора кали опыт производился с значительно более слабым, состоявшим из одного

объема крепкого раствора и шести объемов воды, но результаты с серебром и платиной получились те же: металлический контакт не производил никакого тока до тех пор, пока он оставался в качестве возбуждающей причины один, но после его замены небольшим химическим действием (1831) немедленно появлялся ток.

1857. Железо и никель с платиной в слабом растворе давали подобные результаты, только положительное состояние этих металлов оказалось более продолжительным, чем при крепких растворах. Но и теперь оно было настолько мало, что не могло итти ни в какое сравнение с тем, что ожидалось по контактной теории.

1858. Таким образом, эти различные контакты металлов и других хорошо проводящих твердых тел оказываются совершенно неспособными производить токи, — все равно, что берется в качестве третьего или жидкого тела в цепи: раствор едкого кали или раствор сернистого калия, или водная азотистая кислота, или азотная кислота, или смесь кислот азотистой и азотной. Далее, все доводы, которые были выдвинуты применительно к раствору сернистого калия (1833) для доказательства недейственности контактов между телами, вводимыми между двумя основными твердыми веществами в месте их соединения, сохраняют здесь силу для едкого кали; и то же соблюдается в каждом случае, когда жидкость, вводимая в проводящую цепь, не оказывает химического действия и не возбуждает никакого тока. Если бы можно было привести пример, в котором введенная жидкость не активна и, в то же время, является достаточно хорошим проводником и *производит* ток, тогда, действительно, контактная теория нашла бы в свою пользу доказательство, которое, насколько я понимаю, нельзя было бы опровергнуть. Я чрезвычайно старательно искал такого случая, но не мог его найти (1798).

1859. Собранный материал приведен теперь в состояние готовности для того, чтобы вернуться к тому важному пункту, о котором упоминалось выше (1835, 1844), и если он выдвинут сторонником контактной теории правильно, то он может полностью уничтожить всю силу приведенных экспериментальных доказательств, хотя и не может помочь этой теории объяснить действие гальванического элемента и существование в нем тока; но если он не справедлив, то оставит контактную теорию вполне беззащитной и необоснованной.

1860. Защитник теории контакта может сказать, что различные проводящие электролиты, применявшиеся в предыдущих опытах, подобны металлам, т. е., что они обладают электродвижущей силой у точек своего соприкосновения с металлами и другими твердыми проводниками, которые служили для замыкания цепи, на что эта электродвижущая сила для каждого места контакта удовлетворяет такой законности, что в замкнутом контуре сумма сил оказывается нулем (1809). Действия на контактах суть напряженные электродвижущие действия, но они уравновешены таким образом, что ток не возникает. Но какой опыт имеется для подтверждения этого утверждения? Где измеренные электродвижущие силы, доказывающие это (1808)? — Я думаю, что их нет.

1861. Контактная теория, предположив, что простые контакты различных веществ имеют электродвижущие способности, далее считает, что имеется различие (1810) между металлами и жидкими проводниками, так как без этого она не может объяснить появление тока в гальваническом элементе: в самом деле, если принять, что действие контактов в металлической цепи всегда совершенно уравновешено, то принимается также, что действия контактов между электролитами или промежуточными жидкостями и металлами не уравновешены и, напротив, так сильно уклоняются от всякого равновесия, что производят чрезвычайно сильные

токи — даже самые сильные из тех, которые может производить гальванический элемент. А если так, то почему же раствор сернистого калия оказывается исключением? Он совсем не похож на металлы: повидимому, он не проводит тока без разложения; он — превосходный электролит и превосходный *возбуждающий* электролит в соответствующих случаях (1880), производящий чрезвычайно сильные токи, когда он действует химически; во всех этих отношениях он совершенно не похож на металлы, а похож по своим действиям на любой обычно употребляемый для возбуждения кислотный или соляной электролит. Как же тогда можно считать дозволительным, чтобы мы без единого прямого опыта и исключительно с целью уйти от выдвигаемых сильных возражений стали утверждать, что он покинет подобающее ему место среди электролитов и перейдет в ряд металлов, да еще перейдет благодаря свойству, которое и им, металлам, приписывается пока что только чисто гипотетически?

1862. Но эта вольность должна быть допущена не только с одним сернистым калием, — ее надо распространить и на азотистую кислоту (1843, 1847), на азотную кислоту (1849 и сл.) и даже на раствор едкого кали (1854); все они принадлежат к классу электролитов, но, однако, не вызывают тока в тех цепях, в которых не оказывают химического действия. Кроме того, это исключение надо сделать и для *слабых растворов* сернистого калия (1842) и кали (1856), потому что они дают те же явления, что и более крепкие растворы. И если теоретики контакта требуют этого для этих слабых растворов, то как же они истолкуют случай слабой азотной кислоты, которая в своем действии на железо не сходна с крепкой кислотой (1977), но может производить сильный ток?

1853. Ученого химика не смущает ни одна из этих трудностей, потому что он сперва простым прямым опытом убедится, действует ли химически одно из двух вводимых.

в цепь веществ на другое. Если да, то он ожидает и находит соответствующий ток; если же нет, то он и не ожидает и не находит тока, хотя цепь обладает хорошей проводимостью, и он тщательно ищет последней (1829).

1864. Далее. Возьмем случай железа, платины и раствора сернистого калия: тока не возникает; но заменим железо цинком, и получается сильный ток. Я мог бы заменить цинк медью, серебром, оловом, кадмием, висмутом, свинцом и другими металлами, но я беру цинк, потому что его сульфид растворяется и уносится прочь раствором и, таким образом, пример оказывается очень простым. Этот довод, однако, остается в силе с любым другим металлом. Если теперь контактная теория верна и если контакты, которые дают железо, платина и раствор сернистого калия, находятся в совершенном равновесии в отношении их электродвижущих сил, тогда почему замена железа цинком нарушает равновесие? Замена одного металла другим в металлической цепи не причиняет изменений такого рода; не причиняет их и замена одного вещества каким-либо другим из тех многочисленных тел, которые, как твердые проводники, могут служить для составления проводящих (но химически неактивных) цепей (1867 и сл.). Если раствор сернистого калия на основании тех опытов, которые я приводил, нужно отнести к металлам, тогда почему же получается, что в новых опытах с цинком, медью, серебром и т. д., он действует не так, как они, и притом с силой, равной силе лучших представителей другого класса (1882, 1885 и сл.)?

1865. Но это затруднение, как я полагаю, сторонники контакта должны встретить новым предположением, а именно, что эта жидкость иногда действует, как самый лучший из металлов, или проводников первого класса, а иногда — как самый лучший из электролитов, или проводников второго класса. Но, несомненно, это было бы слишком вольной спекуляцией в экспериментальной науке (1889); и далее, очень невыгодно для этого предположения то обстоятельство, что

указанное второе состояние, или соотношение, никогда не приходит одно и не дает нам чистого случая тока от одного контакта; оно никогда не происходит без химического действия, которым химик так легко объясняет весь получаемый тогда ток.

1866. Мне нет надобности говорить, что то же рассуждение применимо в той же мере и к случаям, где для опытов берутся азотистая кислота, азотная кислота и раствор кали; результаты, которые эти опыты дали (1843, 1849, 1853), подтверждают его с той же силой.

1867. Можно думать, что это совершенно излишне, но, желая обнаружить контактную электродвижущую силу, что я одно время очень стремился сделать, я составлял много цепей из трех веществ, включая гальванометр, все из проводников, в надежде найти комбинацию, которая, без химического действия, давала бы ток.

Число и разнообразие этих опытов можно уяснить себе из последующей сводки; в ней металлы, графит, сульфиды и окислы — все проводники даже для термотока — комбинировались различными способами.

1. Платина.
2. Железо.
3. Цинк.
4. Медь.
5. Графит.
6. Чешуйчатая окись железа.
7. Природная перекись марганца.
8. Самородный серый сульфид меди.
9. Самородный железный колчедан.
10. Самородный медный колчедан.
11. Гален.
12. Искусственный сульфид меди.
13. Искусственный сульфид железа.
14. Искусственный сульфид висмута.

- 1 и 2 с 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, последовательно.
 1 и 3 с 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 1 и 5 с 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 3 и 6 с 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 4 и 5 с 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 4 и 6 с 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 4 и 7 с 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 4 и 8 с 9, 10, 11, 12, 13, 14.
 4 и 9 с 10, 11, 12, 13, 14.
 4 и 10 с 11, 12, 13, 14.
 4 и 11 с 12, 13, 14.
 4 и 12 с 13, 14.
 4 и 13 с 14.
 1 и 4 с 12.

1868. Марианини утверждает на основании опыта, что медь положительна по отношению к сернистой меди:¹ по данным этого ученого и в согласии с приверженцами Вольты, сернистая медь положительна по отношению к железу (1878), а железо, как и они, положительно по отношению к меди. Поэтому эти три тела должны были бы давать чрезвычайно мощную цепь; но, наоборот, какой бы сульфид меди я ни брал, я не находил при такой комбинации ни малейшего действия.

1869. Так как перекись свинца вызывает мощный ток в растворе сернистого калия, как, впрочем, во всякой цепи, в которой она может отдавать часть своего кислорода, я счел правильным ожидать, что ее контакт с металлами будет производить ток, если контакт вообще может это делать. Часть той перекиси, которую я приготовил (1822), была поэтому хорошо высушена, что весьма существенно в этих опытах, и испытывалась в следующих комбинациях:

Платина.	Цинк.	Перекись свинца.
Платина.	Свинец.	Перекись свинца.

¹ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 224.

Платина.	Кадмий.	Перекись свинца.
Платина.	Железо.	Перекись свинца.

Из этих различных комбинаций ни одна не дала ни малейших признаков тока, — конечно, при условии, что были исключены разности температур, хотя построенная таким образом цепь во всех случаях по своей проводящей способности превосходно удовлетворяла цели, т. е. была способна проводить даже очень слабый термоток.

1870. Поэтому в контактной теории приходится принимать, что не только у одних металлов контактные силы уравниваются так, что в любой составленной из них цепи дают нулевой эффект (1809), но и все твердые тела, способные проводить, каковы бы они ни были: разновидности углерода, окислы или сульфиды, — все должны быть включены в эту же категорию. Так же должно поступить и с электролитами, о которых говорилось выше, т. е. с растворами сернистого калия и кали, а также с азотистой и азотной кислотой во всех тех случаях, когда они не действуют химически. По теории контакта следует принимать, что фактически *все проводники*, которые в цепи не действуют химически, включаются в ту же категорию, — принимать до тех пор, пока не будет получен пример гальванического тока без химического действия.

1871. Допустим даже, что результаты с электрометром, полученные Вольтою и его последователями, доказывают, что один контакт имеет электродвижущую силу и может производить действия; тогда несомненно, что все опыты с одним контактом показывают, что электродвижущие силы в цепи всегда (взаимно) уравниваются. Как же иначе было бы возможно, чтобы все вышеназванные чрезвычайно разнообразные вещества были одинаковы в этом отношении? Разве что окажется, как я действительно и полагаю, что все вещества одинаковы в том, что совсем не имеют этой силы. А раз

так, то где же тогда источник силы, который по контактной теории должен обусловить ток в гальваническом элементе? Если они не уравновешены, то где же убедительный случай, в котором один контакт производит ток? Или где численные данные, показывающие, что такой случай может иметь место (1808, 1868)? Сторонники контакта должны указать не такой случай, в котором ток бесконечно мал, потому что такие случаи не могут объяснить ток в гальваническом элементе и всегда будут попадать в ту спорную область, которую так хорошо защищал де ля Рив, — нет, они должны указать случай и данные, настолько определенные и важные, чтобы они оказались достойным возражением на многочисленные примеры, выдвинутые учеными-химиками (1892); без них контактная теория в ее применении к гальваническому элементу представляется мне лишенной опоры; и даже в той мере, в какой она устанавливает контактную электродвижущую силу *в уравновешенном состоянии*, она кажется мне не имеющей почти никакого основания.

1872. Чтобы избежать этих и подобных им заключений, теория контакта должна влиять чрезвычайно странным и неправильным образом. Так, она вынуждена принимать, что контакт раствора сернистого калия с железом уравновешивается соединенными силами его контакта с платиной и контакта железа и платины друг с другом, но если заменить железо на свинец, то контакт сульфида с этим последним металлом уже не будет уравновешен двумя другими контактами; сульфид внезапно изменит свое отношение; через несколько секунд, в течение которых благодаря химическому действию образуется пленка сульфида, ток прекращается, хотя контур остается хорошим проводником (1885); и теперь приходится предполагать, что раствор вернулся к своему первоначальному родству с металлами и дает с сернистым свинцом состояние равновесия контактов в цепи.

1873. Совершенно так же надо принять, что с этим сульфидным раствором и с кали разбавление не производит изме-

нения в характере контактной силы; но в случае азотной кислоты надо, наоборот, допустить, что оно меняет характер силы в значительной мере (1977). И еще: когда кислоты и щелочи (как кали) производят токи, как, например, с цинком и платиной, нужно принимать, что они дают перевес электродвижущей силе на одной стороне, хотя можно было бы ожидать, что эти тела будут давать противоположные токи, поскольку они так сильно отличаются по своей природе.

1874. В каждом частном случае тока защитники контакта должны принимать существование в точках контакта сил такой величины, чтобы они пришли в согласие с наблюдаемыми результатами, и теория вынуждена вилять (1956, 1992, 2006, 2014, 2063), не имея никаких общих правильностей для кислот или щелочей, или других электролитических жидкостей. Вывод таков: теория ничего не может предсказать относительно результатов; она не указывает ни одного случая, когда бы гальванический ток производился без химического действия; а в тех случаях, когда имеется одновременное химическое действие, она извивается, чтобы следовать за реальными результатами, и изгибы ее точно параллельны тем разнообразным изменениям, которые, согласно опыту, принадлежат чистой химической силе.

1875. Наряду со всем этим как просто химическая теория встречает, включает в себя, комбинирует и даже предсказывает многочисленные опытные результаты! Когда имеется ток, имеется также химическое действие; когда действие прекращается, ток останавливается (1882, 1885, 1894); действие сосредоточивается либо на аноде, либо на катоде в зависимости от обстоятельств (2039, 2041), и направление тока неизменно связано с направлением, в котором активные химические силы заставляют анионы и катионы двигаться в цепи (962, 2052).

1876. И вот, если наряду с этими обстоятельствами учесть, что многочисленные схемы без химического действия (1825 и сл.) не производят тока, а схемы, производящие

химическое действие, почти всегда производят ток, что встречаются сотни случаев, в которых химическое действие без контакта производит ток (2017 и т. д.), и что столько же известно неактивных случаев с контактом, но без химического действия (1867), — то как можем мы противиться заключению, что сила гальванической батареи имеет своим источником действие химической силы?

ГЛАВА III

Активные цепи, возбуждаемые раствором сернистого калия

1877. В 1812 г. Дэви сделал опыт, чтобы показать, что из двух различных металлов, меди и железа, тот, который обладает более сильным притяжением к кислороду, становится положительным в окислительных растворах, а тот, который имеет более сильное притяжение к сере, становится положительным в сернистых растворах.¹ В 1827 г. де ля Рив указал несколько подобных обращений состояния двух металлов, вызывавшихся погружением в различные растворы, и заключил из этого, что простой контакт металлов не мог быть причиной их соответствующих состояний, но что эти состояния вызывались химическим действием жидкости.²

1878. В одной из предыдущих статей я ссылаюсь на опыты сэра Гемфри Дэви (943) и привел его результат в доказательство того, что контакт железа с медью не мог вызвать возникавший ток, поскольку при употреблении разведенной кислоты, вместо сульфида, возникал ток обратного направления, хотя металлический контакт оставался тем же. Марианини³ добавляет, что медь будет производить то же действие с оловом, свинцом и даже с цинком, а также, что серебро дает такие же результаты, как и медь. В случае меди он

¹ Elements of Chemical Philosophy, стр. 148.

² Annales de Chimie, 1828, XXXVII, стр. 231—237; XXXIX, стр. 299.

³ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 224.

объясняет действие, приписывая его отношению железа к новому веществу, образовавшемуся на меди, которое, согласно Вольте, положительно по отношению к первому.¹ В его собственном опыте то же самое вещество было отрицательно по отношению к железу при этом же растворе.²

1879. Я хочу теперь вернуться к ряду случаев, в которых жидкостью в гальванической цепи служит раствор сернистого калия, ибо я думаю, что они дают чрезвычайно сильное доказательство того, что ток в гальванической батарее не может быть производим контактом, а вызывается всецело химическим действием.

1880. Раствор сернистого калия (1812) является превосходнейшим проводником электричества (1814). Подвергнутому между платиновыми электродами разлагающему действию небольшой гальванической батареи, он легко давал чистую серу на аноде и немного газа, по всей вероятности водорода, на катоде. Если его поместить между платиновыми поверхностями так, чтобы он как бы образовал риттеровский вторичный элемент, то при прохождении только в течение нескольких секунд слабого первичного тока эта вторичная батарея приобретает способность фактически возбуждать обратный ток; так что, сообразно электролитическому характеру своей проводимости (923, 1343), он, вероятно, не проводит без разложения или же, если проводит, то степень его электролитического напряжения (966, 983) должна быть очень низка. Его возбуждающее действие (говоря языком химической теории) состоит либо в отдаче аниона (серы) тому металлическому или иному телу, на которое он может действовать, либо, в некоторых случаях, как с перекисями свинца и марганца и протоксидом железа (2046), в отнятии аниона *от* тела, находящегося с ним в контакте, причем производимый ток соответственно идет либо в одном, либо

¹ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 219.

² Там же, стр. 224.

в противоположном направлении. Его химическое сродство таково, что во многих случаях его анион идет к тому металлу данной пары, который остается нетронутым при действии обычных возбуждающих электролитов; и таким образом получается замечательное обращение тока по отношению к металлам; так, когда с ним производят опыт над медью и никелем, анион идет к меди; но если взять эти же металлы в соединении с обычными электролитическими жидкостями, анион идет к никелю. Его превосходная проводящая сила делает те токи, которые он способен возбуждать, вполне очевидными и очень сильными; а необходимо помнить, что сила получающихся токов, отмечаемых гальванометром, зависит совокупно от энергии (а не просто от количества) вводимого в игру возбуждающего действия и от проводящей способности цепи, через которую должен проходить ток. Ценность этого возбуждающего электролита для настоящего исследования повышается еще тем обстоятельством, что он при своем действии на металлы дает в результате соединения, из которых некоторые нерастворимы, в то время как другие растворимы; а из нерастворимых осадков некоторые являются прекрасными проводниками, в то время как другие совсем не имеют проводящей способности.

1881. Опыты, которые сейчас будут описаны, производились обычно следующим образом. Приготавливались проволоки из платины, золота, палладия, железа, свинца, олова и других ковких металлов, около одной двадцатой дюйма в диаметре и длиной в шесть дюймов. Какие-нибудь две из них присоединялись к концам проводов гальванометра, а другими концами одновременно погружались в раствор сернистого калия в пробирке и поддерживались там без движения (1910); в то же время проводились наблюдения. Проволоки в каждом случае тщательно чистились свежей, тонкой шкуркой и чистой тканью, а иногда даже полировались на стеклянной палочке, чтобы придать им гладкую поверхность. Принимались предосторожности к устранению всякой разности температур на

местах соединения различных металлов с проводами гальванометра.

1882. Олово и платина. Когда олово соединялось с платиной, золотом, или, я могу сказать, с любым другим металлом, который химически неактивен в растворе сернистого калия, возникал сильный электрический ток, и олово оказывалось положительным по отношению к платине в растворе, или, иными словами, ток шел от олова через раствор к платине. За очень короткое время сила тока уменьшалась, а через десять минут стрелка гальванометра доходила почти до 0° ; и тогда, при попытке пропустить сурьмяно-висмутовый термоток (1825) через цепь, оказывалось, что ток не мог пройти, так как цепь потеряла свою проводящую способность. Это было следствием образования на олове нерастворимого обволакивающего осадка, не проводящего сульфида этого металла; отсутствие проводящей силы у образовавшегося вещества очевидно не только из настоящего результата, но также и из предыдущего опыта (1821).

1883. Марианини считает возможным, что, — по крайней мере, в случае меди (1878), а я полагаю, что и по исхо подобных случаях, потому что наверное ими должен управлять один и тот же закон или принцип, — ток вызывается контактной силой образовавшегося сульфида. Но такое предположение здесь совершенно исключено; потому что как может *непроводящее* тело вызывать ток при помощи контакта либо каким-нибудь другим путем? Такого примера никогда не наблюдалось, да это и не в природе вещей; так что причиной тока здесь не может быть контакт сульфида; а если не может в настоящем случае, то почему может в каком либо другом? Здесь ведь не происходит ничего такого, что не происходило бы в любом другом примере тока, производимого тем же возбуждающим электролитом.

1884. С другой стороны, какое прекрасное доказательство дает результат для подтверждения химической теории! Олово может отнять серу от электролита, чтобы образовать суль-

фид; и пока оно это делает и пропорционально степени, в которой это делается, оно производит ток; но когда образующийся сульфид, покрывая металл, отделяет от него жидкость и препятствует дальнейшему химическому действию, ток тоже прекращается. Для этого нет даже *необходимости*, чтобы это был непроводник, потому что проводящие сульфиды будут выполнять ту же службу (1885, 1894) и приведут к такому же результату. Что же может быть яснее: ток производится, *пока образуется* сульфид, а после того как он образовался, его простой контакт уже ничего не может сделать для возбуждения подобного явления.

1885. Свинец. Этот металл дает превосходный результат в растворе сернистого калия. Когда в качестве металлов я взял свинец и платину, то свинец сперва оказался весьма положительным, но через несколько секунд ток упал, а через две минуты стрелка гальванометра возвратилась к 0°. Однако цепь чрезвычайно хорошо проводила слабый термоток, т. е. проводящая способность не исчезала, как это было в случае олова, потому что оболочка сернистого свинца является проводником (1820). Тем не менее, даже будучи проводником, он мог остановить дальнейшее химическое действие; а при прекращении последнего прекратился и ток.

1886. Свинец и золото производили такое же действие. Свинец и палладий — тоже. Свинец и железо — тоже, за тем исключением, что здесь приходится учитывать одно обстоятельство, против которого приходится принимать меры. Дело в том, что этот металл при обычных условиях стремится производить ток по направлению от электролита к самому себе (1826, 2049). Свинец и никель — тоже. Во всех этих случаях свинец, если его вынуть и вымыть, оказывается покрытым тонкой глянцевитой пленкой сернистого свинца.

1887. Итак, в случае свинца мы имеем образование *проводящего* сульфида, однако и здесь нет никакого признака того, что его контакт может производить ток: совершенно так же, как в случае *непроводящего* сернистого олова (1882).

Нет ни нового, ни дополнительного действия, которое вызывалось бы этими *проводящими* веществами; не наблюдалось и отсутствия какого-либо действия, имевшегося при предыдущих *непроводящих* продуктах; они одинаковы по своим результатам, потому что фактически одинаковы по своему отношению к тому, от чего в действительности зависит ток, а именно — к активной химической силе. Если взять кусок свинца, *ни с чем не соединенного*, и погрузить его в раствор сернистого калия, то его поверхность превращается в сернистый свинец. Этим доказывается, что и тогда, когда не может возникать никакого тока, имеется налицо некоторая (химическая) сила; и такая сила может производить ток химической силы, когда схеме придана форма цепи. На месте возбуждения сила проявляется как в образовании сульфида свинца, так и в появлении тока. Пропорционально с уменьшением образования одного убывает образование и другого, хотя все образующиеся вещества суть проводники и хотя контакт может попрежнему выполнять ту или иную работу или вызывать то или иное действие, на которое он способен.

1888. Может быть, скажут, что ток происходит от контакта между раствором сульфида и свинцом (или оловом, если взять этот случай), который имеет место в начале опыта, и что когда действие прекращается, это происходит потому, что в цепь вводится новое вещество, сернистый свинец, и тогда различные контакты уравниваются по своей силе. Это было бы возвратом к рансе отвергнутому предположению (1861, 1865, 1872) о том, что раствор может быть поставлен в один разряд с металлами и подобными же телами, давая уравновешенные действия контакта при включении в цепь *некоторых* из этих тел (в данном случае — образовавшегося сернистого свинца), а при включении *других* — нет (например самого свинца), хотя свинец и его сульфид принадлежат к одной и той же категории, как и металлы вообще (1809, 1870).

1889. Полная невероятность такого явления природы и отсутствие всяких экспериментальных доказательств в его подтверждение были уже указаны (1861, 1871), но против него возникают еще одно или два дополнительных возражения. Положение вещей можно разъяснить при помощи одной или двух диаграмм, в которых будут изображены контактные силы, без ущерба для рассуждения — гипотетически, за отсутствием какого-либо экспериментального выражения.

Пусть на рис. 154 представлены электродвижущие силы цепи из платины, железа и раствора сернистого калия или

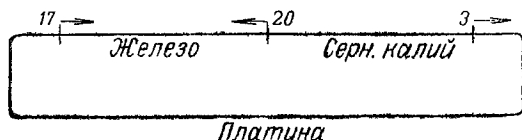


Рис. 154.

платины, никеля и раствора сульфида калия; это — случаи, в которых по теории контакта силы уравновешены (1860). Тогда рис. 155 может представить цепь из платины, свинца и раствора сульфида, которая производит ток, и, как я принял, — с результирующей силой $11 \rightarrow$. Через несколько минут цепь приходит в состояние покоя, т. е. ток прекращается; рис. 156 может представить это новое положение согласно с теорией контакта. Возможно ли, однако, чтобы при внедрении сульфида свинца на контакте c (рис. 155) и образовании двух контактов d и e (рис. 156) могла произойти такая огромная перемена в силе контакта, претерпевающей изменение от 10 до 21? Внедрение того же сульфида у a или у b (1834, 1840) не способно произвести что-либо в таком роде, потому что сумма сил двух новых контактов в этом случае точно равна силе контакта, который они собой заменяют, как это доказывается тем, что подобное включение не дает изменений в действиях цепи (1867, 1840). Если, следовательно,

введение этого тела между *свинцом* и платиной у *a* или между раствором *сернистого калия* и платиной у *b* (рис. 155) не вызывает перемены, включая оба контакта со свинцом и с раствором сульфида, возможно ли вообще, что его вклю-

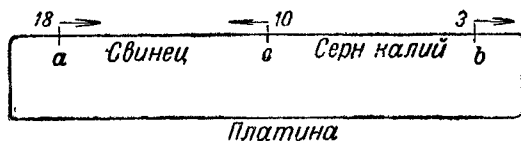


Рис. 155.

чение между этими двумя телами у *c* произведет разность, равную двойному значению от первоначальной силы, или вообще какую-либо разность?

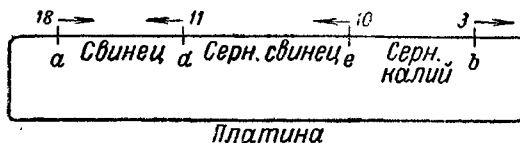


Рис. 156.

1890. Толковать такое изменение суммы как итог сил, которыми сульфид обладает благодаря двум имеющимся у него контактам, я думаю, равноценно тому, чтобы сказать, что он также обладает аномальными свойствами, которые уже были гипотетически приписаны некоторым жидкостям, а именно, что он иногда дает в цепях из хороших проводников уравновешенные силы, а иногда нет (1865).

1891. Даже самые металлы фактически приходится подчинять этому стеснительному условию насильно, потому что действие в точке контакта, если оно вообще есть, должно быть общим результатом *соединенного* и *взаимного действия* тел, находящихся в контакте. Если поэтому в цепи (рис. 155) силы контакта не уравновешиваются, то это должно быть

из-за недостаточности *соединенного* действия свинца и раствора у с.¹ Если бы металл и жидкость действовали со свойствами им особенностями или так, как действовали бы железо или никель на месте свинца, то тогда сила там была бы $\leftarrow 21$, тогда как она оказывается меньше или, согласно с принятыми нами числами, только $\leftarrow 10$. Но ведь нет причины, почему свинец должен был бы иметь приписываемое ему перед раствором преимущество, поскольку этот последний при подходящих условиях может давать уравновешенное состояние в цепи из хороших проводников так же, как и первый; как же это может быть, если только свинец тоже не обладает этим странным свойством давать иногда уравновешенные контакты, а иногда нет (1865)?

1892. Если это справедливо для свинца, то это должно быть справедливо для всех других металлов, которые с этим сернистым электролитом дают цепи, производящие токи; и сюда придется включить висмут, медь, сурьму, серебро, кадмий, цинк, олово и т. д., и т. д. С другими электролитическими жидкостями будут включены железо и никель и даже золото, платина, палладий — фактически все те вещества, которые могут быть каким-либо путем приспособлены к устройству активных гальванических цепей. Возможно ли, что это справедливо, если в то же время оказывается, что ни одна комбинация этого широкого разряда веществ не в состоянии дать ток без химического действия (1867), рассматриваемого не как результат, но как известная и существующая ранее тока сила?

1893. Я постараюсь избегать приведения дальнейших доказательств, но считаю себя обязанным привести (1799) небольшую долю из огромной массы фактов, показания которых, как мне кажется, все клонятся к одному.

¹ Мои числа предположительны, и если бы были взяты другие числа, то рассуждение, может быть, пришлось бы перенести к контакту *b* или даже к контакту *a*, но вывод из доказательства будет в каждом случае тот же.

1894. Висмут. Этот металл в соединении с платиной, золотом или палладием в растворе сернистого калия дает активные цепи, в которых висмут положителен. В течение менее получаса ток прекращается, но цепь попрежнему остается превосходным проводником термоэлектрических токов. Висмут с железом или никелем производит одинаковый окончательный результат, со сделанной ранее оговоркой (1826). Висмут и свинец дают активную цепь; сперва висмут положителен, а через одну или две минуты ток прекращается, но цепь все же хорошо проводит термоэлектрический ток.

1895. Таким образом, пока происходит образование сернистого висмута, производится и ток. Когда химическое действие прекращается, прекращается и ток, хотя контакт сохраняется, и сульфид является хорошим проводником. В случае висмута и свинца химическое действие происходит на обоих концах, но наиболее энергично на висмуте, что соответственно определяет ток. И в этом примере прекращения химического действия вызывает прекращение тока.

1896. В этих опытах со *свинцом* и *висмутом* я брал их в паре с платиной, золотом, палладием, железом и никелем; потому что я полагаю прежде всего, что результаты доказывают зависимость всякого тока от химического действия, и что тогда состояние покоя результирующих или конечных цепей показывает, что контакты этих металлов, взятых попарно, *не обладают силой* (1829); а из этого следует пассивное состояние всех тех контактов, которые могут быть образованы путем включения между ними других проводящих веществ (1833): доказательство, не нуждающееся в дальнейшей аргументации.

1897. Медь. Это вещество в сочетании с платиной, золотом, железом или каким-либо иным химическим неактивным металлом в растворе сульфида дает активную цепь, в которой медь положительна через электролит по отношению к другому металлу. Действие хотя и падает, но не доходит до нуля, как в предыдущих случаях, по следующей

простой причине: образующийся сульфид не бывает сплошным; он порист и не пристаёт к меди, а отделяется от нее чешуйками. Вследствие этого химическое действие между металлом и электролитом постоянно возобновляется, и ток не прерывается. Если через некоторое время медную пластинку вынуть, вымыть и высушить, то даже при протирании часть сульфида отскакивает в виде чешуек, а ноготь с легкостью снимает остальное. Если медную пластину оставить в избытке раствора сульфида, химическое действие будет *продолжаться*, а налет сернистой меди становится все толще и толще.

1898. Если, как показал Марианини,¹ медную пластину, которая была опущена в раствор сульфида, удалить, прежде чем образующийся налет будет настолько толст, что будет отскакивать от находящегося под ним металла, затем вымыть, высушить и положить на прежнее место и соединить ее в пару с платиной или железом, она в растворе будет сперва нейтральна или, как часто случается, отрицательна (1827, 1838) по отношению к другому металлу: результат, вполне противоречащий идее о том, что простое присутствие на ней сульфида могло раньше быть причиной появления сильного тока и положительного состояния меди (1897, 1878). Дальнейшее доказательство того, что ток вызывается не просто *присутствием*, а *образованием* сульфида, следует из того, что если пластинку оставить достаточно долго в растворе, для того чтобы он мог проникнуть через покрывающую ее корку сернистой меди и подействовать на металл под ней, то пластинка становится снова активной и производит ток.

1899. Я изготовил некоторое количество сернистой меди, раскаляя толстую медную проволоку во флорентийской колбе или в тигле при избытке паров серы. Полученное вещество чрезвычайно удобно для таких опытов; оно оказалось хорошим проводником. Но оно несколько взаимодей-

¹ Memorie della Società Italiana in Modena, 1827, XXI, стр. 224.

ствуется с раствором сульфида, извлекая из него еще серу; вследствие этого оно оказывается положительным по отношению к платине или к железу в таком растворе. Если такой сульфид меди надолго оставить в растворе, а затем вымыть его и высушить, то он обычно приобретает либо частью, либо полностью конечное состояние сульфидирования и становится неактивным так же, как был неактивен сульфид, образовавшийся на меди (1898); таким образом, когда его химическое действие истощается, он перестает производить ток.

1900. Природная серая сернистая медь ведет себя по отношению к электролиту таким же образом: она отбирает от него серу и превращается в высшее соединение, а так как последнее тоже является проводником (1820), то она производит ток; она оказывается положительной до тех пор, пока продолжается ее действие.

1901. Но когда медь *полностью сульфидирована*, все эти действия прекращаются несмотря на то, что сульфид является проводником, контакты сохраняются и цепь с легкостью может пропускать слабый термоток. Это доказывается не только вышеупомянутыми случаями остановки тока (1898), но также и полной неактивностью платины и *плотного желтого медного пирита*, если соединить их через данный электролит, как было показано в предыдущей части настоящей статьи (1840).

1902. Сурьма. Этот металл, помещенный отдельно в раствор сернистого калия, подвергается его действию и образует сернистую сурьму, которая пристает к металлу не крепко и легко сходит с него. Соответственно, если взять цепь из сурьмы, платины и раствора, сурьма становится положительной в электролите, и образуется сильный ток, который не прекращается. Таким образом, здесь имеется другой прекрасный вариант условия, при котором химическая теория может так легко объяснить действие, в то время как теория контакта этого сделать не может. Образующийся

в этом случае сульфид является не проводником, пока он находится в твердом состоянии (402); поэтому невозможно, чтобы какой-либо контакт этого сульфида производил ток; в этом отношении он подобен сернистому олову (1882). Но это обстоятельство не останавливает возбуждения химического тока, потому что, поскольку электролит имеет доступ к металлу, и действие идет попрежнему.

1903. Серебро. Этот металл, в паре с платиной, железом или другими металлами, не активными в этом электролите, сильно положителен и дает мощный продолжающийся ток. Соответственно, если рассмотреть серебряную пластинку, покрытую сульфидом в результате простого воздействия раствора, мы найдем, что корка на ней хрупкая, с трещинами и почти самопроизвольно отделяется от металла. В этом отношении, следовательно, серебро и медь одинаковы: поэтому действие не прерывается ни в том, ни в другом случае; но указанные металлы отличаются друг от друга тем, что сульфид серебра не является проводником (434) для этих слабых токов и в данном отношении аналогичен сурьме (1902).

1904. Кадмий. Кадмий с платиной, золотом, железом и т. д. дает сильный ток в растворе сульфида; кадмий положителен. Иногда этот ток продолжался в течение двух, трех часов и более; и в этих случаях, если кадмий вынуть, вымыть и обтереть, то оказывается, что тряпкой его сульфид легко стирается, в виде чешуек.

1905. Иногда ток скоро прекращался, и тогда оказывалось, что цепь не проводила термотока (1813). В таких случаях при исследовании кадмия оказывалось, что пленка из сульфида держалась на нем крепко; это бывало особенно в тех случаях, когда перед опытом кадмий после очистки полировался стеклянной палочкой (1881). Отсюда ясно, что сульфид металла — непроводник и его контакт не мог бы вызывать тока (1883) таким способом, как это предполагает Марианини. Все результаты, полученные с ним, находятся

в полнейшем согласии с химической теорией и противоречат теории контакта.

1906. Цинк. Этот металл с платиной, золотом, железом и т. д. и раствором сульфида производит очень сильный ток и положителен через раствор по отношению к другому металлу. Ток не прекращался. Здесь происходит новое, превосходное изменение условий этого общего опыта. Сульфид цинка — непроводник электричества (1821), как и сульфиды олова, кадмия и сурьмы; но он растворим в сернистом калии; это свойство легко установить, если поместить каплю цинкового раствора в порцию электролитического раствора и сперва слегка помешать их, что вызовет обильное образование сернистого цинка; если затем все хорошо перемешать, то сернистый цинк весь растворится. Вследствие такой растворимости цинк, вынутый из раствора, совершенно свободен от налета сернистого цинка. В этом, по химической теории, — вполне достаточная причина для того, чтобы действие его продолжалось. Но как может теория контакта относить ток к какому-либо контакту металлического сульфида, если сульфид прежде всего — непроводник, а кроме того растворяется и уходит в раствор в момент своего образования?

1907. Таким образом, все явления с этим замечательным электролитом (1880), независимо от того, каковы тела, с которыми он связывается: активны (1879) или пассивны (1825 и сл.), подтверждают химическую теорию и опровергают контактную. С оловом и кадмием он дает непроницаемое непроводящее вещество; со свинцом и висмутом он дает непроницаемое проводящее вещество, с сурьмой и серебром он производит проницаемое непроводящее вещество; с медью — проницаемое и проводящее; а с цинком — растворимое непроводящее вещество. Химическое действие и его результирующий ток превосходно согласуются со всеми этими различиями. Но попробуйте их объяснить на основании теории контакта; насколько я вижу, это можно

сделать только путем нажима на теорию и еще большего ее запутывания, чем прежде (1861, 1865, 1872, 1874, 1889); необходимы специальные предположения для объяснения результатов, которые из-за этого превращаются в многочисленные особые случаи.

1908. Раствор протосульфида калия или бигидросульфида калия. В нескольких случаях я пользовался раствором такого рода в качестве электролита. Результаты вообще согласовались с теми, которые были даны выше, но я не считал необходимым продолжать их дальше. Раствор был изготовлен пропусканием сероводорода в течение двадцати четырех часов через крепкий раствор чистого едкого кали.

1909. Железо и платина с этим раствором образовали цепь, в которой железо сперва было отрицательным, затем постепенно становилось нейтральным и в конце концов приобретало положительное состояние. Раствор сперва действовал как желтый сульфид, восстанавливая покрывающую железо окись (2049), а затем, повидимому, действовал прямо на железо, растворяя образовавшийся сульфид. Никель с самого начала был положителен по отношению к платине и оставался таким, производя лишь слабый ток. Когда металлический контакт у x был заменен слабым химическим действием (рис. 152; 1831), проходил сильный ток. Медь была в сильной степени положительна по отношению к железу и никелю, а также к платине, золоту и другим металлам, на которые раствор не действовал. Серебро было положительно по отношению к железу, никелю и даже свинцу, а равно и к платине, золоту и т. д. Свинец положителен по отношению к платине; ток затем падал, но не прекращался. Висмут также сперва положителен, но вскоре ток почти совершенно прекращается, как в случае желтого сернистого калия (1894).

1910. Природный серый сульфид меди и искусственная сернистая медь (1899) были положительны по отношению

к платине и к неактивным металлам; но желтый медный колчедан, желтый железный колчедан и гален в этом растворе были не активны с этими металлами так же, как и прежде в растворе желтого или двусернистого калия. Этот раствор, как можно было ожидать по его составу, имеет более щелочной характер, чем желтый сернистый калий.

1911. Прежде чем закончить этот отчет о результатах с сернистыми растворами в качестве возбуждающего электролита, я хочу упомянуть об изменчивых и красивых явлениях, которые происходят, когда медь и серебро или два куска меди, или два куска серебра образуют цепь с желтым раствором. Если металлами будут служить медь и серебро, медь сперва будет положительна, а серебро останется непотускневшим; вскоре это действие прекращается, и серебро становится положительным: в тот же момент оно начинает соединяться с серой и покрывается сернистым серебром. Через несколько минут медь опять становится положительной, и действие будет переходить с одной стороны на другую несколько раз, а ток будет изменяться вместе с ним в зависимости от того, на которой стороне обстоятельства поочередно становятся для него более благоприятными.

1912. Но возможно ли думать, что первоначально появившийся ток в какой-либо мере вызывается *контактом* образовавшейся сернистой меди, если ее присутствие там становится под конец причиной ослабления этого первичного тока и дает возможность серебру, которое первоначально было слабей по своей возбуждающей силе и не покрывалось сульфидом, взять на некоторое время перевес и производить ток, способный пересилить ток у меди (1911)? Чем можно объяснить эти перемены, как не химическим действием? Оно же, как мне кажется, на данный момент для всех получаемых действий дает предельно простые объяснения, как бы ни были изменчивы формы действия и их обстановка.

Королевский институт.

12 декабря 1839 г.

СЕМНАДЦАТАЯ СЕРИЯ

Раздел 24. Об источнике мощности гальванического элемента (продолжение). Глава IV. Действие температуры на возбуждающую химическую силу. Глава V. Действие разведения на возбуждающую химическую силу. Глава VI. Изменения порядка металлических элементов в гальванических цепях. Глава VII. Активные гальванические цепи и батареи без металлического контакта. Глава VIII. Соображения о достаточности химического действия. Глава IX. Термоэлектрическое доказательство. Глава X. Неправдоподобность предположения о контактной природе силы.

Поступило 30 января. Доложено 19 марта 1840 г.

РАЗДЕЛ 24

Об источнике мощности гальванического элемента (продолжение)

ГЛАВА IV

Действие температуры на возбуждающую химическую силу

1913. Если мы считаем, что химическая сила является источником электрического тока в гальванической цепи, то нам важно иметь возможность обычными химическими средствами вызывать изменение этой силы в определенных пределах, не внося никаких изменений в металлические да и другие контакты нашей цепи. Такие изменения должны производить соответствующие гальванические действия, и мне представлялось вполне вероятным, что уже одних этих изменений будет достаточно, чтобы с их помощью производить токи без всяких металлических контактов.

1914. Де ля Рив показал, что усиление действия пар металлов, помещенных не в холодную, а в горячую жидкость, в значительной степени происходит от повышения химического средства к тому металлу, на который жидкость действует.¹ Моей целью было подкрепить это доказательство таким образом: брать только один металл и одну жидкость, так чтобы жидкость была одинакова на обоих контактах, и усилить химическую силу на одном из них посредством нагревания. Если такое различие производило ток в цепях, которые или не вырабатывали термотока сами, или же не могли проводить ток от сурьяно-висмутного элемента, то представлялось вероятным, что действие должно быть результатом чисто химической силы, без всякого участия контакта.

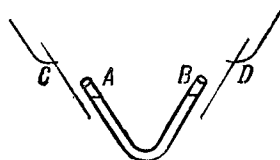


Рис. 157.

1915. Прибор, которым я пользовался, состоял из стеклянной трубки (рис. 157) около пяти дюймов длиной и четырех десятых дюйма внутреннего диаметра, открытой с обоих концов, изогнутой и установленной на штативе. В нее помещалась жидкость; при этом порцию, находящуюся в верхней части одного колена, можно было легко подогреть и поддерживать нагретой, в то время как другое колено оставалось холодным. В опытах я буду называть левую сторону *A*, а правую сторону *B* и постараюсь не делать изменений в этих обозначениях. *C* и *D*—металлические проволоки (1881), которые требуется сравнить. Они образуют цепь вместе с гальванометром, а часто также с сурьяно-висмутным термоэлементом Зеебека; оба они, конечно, не производили никакого возмущающего действия до тех пор, пока температура их различных соединений оставалась одинаковой. Проволоки были очень тщательно подготовлены (1881); когда для опыта нужны были две проволоки из одного и

¹ Annales de Chimie, 1828, XXXVII, стр. 242.

того же металла, я вырезал из одного мотка проволоки два расположенных рядом куска.

1916. Предосторожности, которые необходимы для получения правильного результата, весьма многочисленны, но по существу очень просты.

1917. Действие первого погружения. Почти невозможно иметь две проволоки из одного и того же металла, даже из платины, настолько точно одинаковыми, чтобы они не производили тока из-за своего различия; поэтому необходимо переставлять одну на место другой и повторять опыт несколько раз до тех пор, пока не получится несомненный результат, не зависящий от подобных возмущающих влияний.

1918. Действие пристающей жидкой или твердой пленки. Жидкость, которая получается от действия раствора на металл, оказывает, как это хорошо известно, чрезвычайно сильное влияние на образование тока. Так, когда я брал для опыта две проволоки из кадмия, то в приборе (рис. 157; 1915), содержащем разведенную серную кислоту, горячую на одном конце и холодную на другом, горячий кадмий был сперва положителен, производя отклонение около 10° , но через короткое время это действие исчезало и возникал ток в обратном направлении, достигавший 10° и более, а горячий кадмий становился теперь отрицательным. Это я приписываю более тому, что на разогретой металлической поверхности (1003, 1036, 1037) химические силы пленки кислоты быстро истощаются; отсюда вытекает наблюдающееся в конце превосходство холодной стороны, на которой действие, таким образом, неизбежно оказывалось сильнее (1953 и сл., 1966, 2015, 2031 и сл.). Марианини описал много случаев действия пристающих пленок растворов и показал, что при опытах с двумя кусками одного и того же металла (железа, олова, свинца, цинка и т. д.) тот из них, который был погружен раньше, становится отрицательным по отношению к другому; он высказал свое мне-

ние о причине этого.¹ Борьба с этим явлением состояла в том, чтобы не погружать металлы в кислоту до тех пор, пока не будет создана надлежащая температура на обоих концах, и затем наблюдать *первое действие*, считая его за правильное указание, и повторять опыт до тех пор, пока результат не станет несомненным.

1919. Влияние движения. Пристающая жидкая пленка (1918) заставляла остерегаться влияния смены покоя и движения металла в жидкости. Вот иллюстрация к этому действию: если две оловянных проволоки (1881) погрузить в разведенную азотную кислоту, то, вероятно, последует небольшое отклонение гальванометра, а затем стрелка остановится на 0°. Если затем один из проводов пошевелить, оставляя другой в покое, то провод, находящийся в движении, станет положительным. Подобным же образом олово и кадмий в разведенной серной кислоте давали сильный ток, причем кадмий был положителен, и стрелка отклонялась до 80°. Если их оставить в жидкости, сила тока постепенно падает до 35°. Если затем подвигать кадмий, произойдет совсем небольшое изменение; но если подвигать олово, то происходящее при этом изменение будет очень велико и произойдет не увеличение его силы, как раньше, а наоборот, потому что оно становится более отрицательным, и сила тока снова возрастает до 80°.² Предосторожность, которая

¹ Annales de Chimie, 1830, XLV, стр. 40.

² Олово в этом отношении имеет некоторые замечательные свойства. Если два куска олова последовательно погрузить в разведенную азотную кислоту, то в первый момент положительно опущенное позже, если оба находятся в жидкости и одно из них подвигать, то оно на время становится положительным по отношению к другому. Но если опыт производится с разведенной серной кислотой, то олово, опущенное позже, всегда отрицательно; если одно из них вынуть, вычистить и снова погрузить, то оно будет отрицательно; если оба они в жидкости и нейтральны и одно из них подвигать, то оно становится отрицательным по отношению к другому. Соляная кислота действует так же, как серная, но не так сильно. Это действие, возможно, зависит от того, что соединение олова, обра-

принималась во избежание помех от этого явления, состояла не только в том, чтобы наблюдать только первое действие при введении проволок, но и в том, чтобы с момента их погружения двигать их не переставая.

1920. Вышеуказанное действие являлось еще одним основанием для нагревания кислот и т. д. (1918) перед погружением проволок, потому что если в только что описанном опыте сторону кадмия нагреть до кипения, то вызываемое этим движение жидкости у олова даст действие, которое гораздо сильнее, чем получаемое от нагревания кадмия; потому что одно нагревание кадмия давало совсем мало или ничего, а колыхание кислоты у олова давало разницу в токе в 20 или 30°.

1921. Действие воздуха. Две платиновых проволоки были погружены в холодный крепкий раствор сернистого калия (1812) (рис. 157); гальванометр вскоре устанавливался на 0°. При нагревании и кипячении жидкости на стороне А (1915) платина на ней становилась отрицательной; охладив эту сторону путем приливания небольшого количества холодной воды из кувшина и нагрев сторону В, мы делаем теперь отрицательной платину на стороне В; и хотя действие не было постоянно, всегда получался тот же общий результат, как бы ни менялась температура сторон. Это происходило не от химического действия электролита на разогретую платину. Я также не думаю, что это был настоящий термоток (1933); если же это было так, то нагретая платина оказывалась *отрицательной* через электролит по отношению к холодной платине. Я же полагаю, что это было всецело действием воздуха на электролит, которое возрастает на нагретой стороне; а очевидно, что нагревание,

зующееся вначале в серной или соляной кислотах, стремится принять какое-то другое, более высокое состояние по отношению к кислороду, хлору или участвующей кислоте и, таким образом, прибавляет силу к той, которая определяет ток в первый момент, когда присутствуют только металлическое олово и кислота.

возбуждая потоки в жидкости, а также и в воздухе, облегчает их взаимодействие в этом месте; было уже показано, что если приподнять платиновую проволоку из этого раствора и выставить ее на минуту на воздух (1827), то она становится отрицательной при обратном погружении: действие, которое в настоящем случае превосходно согласуется с предполагаемым здесь действием подогревания воздуха и жидкости. Влияние этого действия устраняется осторожным повышением температуры электролита перед погружением проводов (1918) и наблюдением только начального отклонения.

1922. Действие нагревания. В некоторых случаях, когда опыт делается с двумя различными металлами, наблюдается замечательное явление при нагревании отрицательного металла. Оно потребовало бы слишком много места для подробного и полного описания; я кратко укажу, в чем здесь дело, и иллюстрирую явление одним или двумя примерами.

1923. Когда два платиновых провода сравнивались в горячей и холодной разведенной серной кислоте (1935), они давали едва ощутимые следы электрического тока. Если нагревание производило какое-либо реальное действие, то это было из-за того, что горячий металл оказывался в меньшей степени положительным. Когда сравнивалось серебро с серебром (горячее с холодным), также не было ощутимого действия. Но когда сравнивались в одной и той же кислоте платина и серебро, действия получались другие. Если оба были холодными, то серебро на стороне *A* (рис. 157; 1915) оказывалось положительно — около 4° по гальванометру; движения платинового провода на другом конце *B* этого не меняли; но от нагревания там кислоты и платины ток сильно возрастал, отклоняя стрелку до 30° , и серебро было положительным. Пока продолжалось нагревание, продолжалось и действие, но при охлаждении кислоты и платины ток спадал до первоначальной величины. На серебре подоб-

ного действия не наблюдалось, потому что при нагревании этого конца серебро, вместо того чтобы становиться отрицательным, делалось более положительным, однако только до такой степени, что стрелка отклонялась на 16° . В этом случае *движение* платины (1919) облегчало прохождение тока и отклонение возрастало; однако *нагревание* стороны платины действовало гораздо сильнее.

1924. Серебро и медь в разведенной серной кислоте производили очень небольшое действие; медь была положительна (около 1° по гальванометру); движение меди или серебра никак не влияло, нагревание стороны меди не вызывало перемены; но нагревание стороны серебра делало его отрицательным до 20° . При охлаждении стороны серебра действие спадало, и тогда движение серебра или меди, а также и нагревание стороны меди, опять вызывало лишь очень небольшие изменения; но нагревание стороны серебра делало его опять отрицательным, как прежде.

1925. Все это сводится к действию следующего рода: когда два металла находятся в положительном и отрицательном отношении друг к другу в таком электролите, как разведенные кислоты (а возможно, и в других), нагревание отрицательного металла у его контакта с электролитом дает возможность тому току, который стремится образоваться, проходить с большей легкостью и давать результат, часто в десять раз превосходящий тот, который получился бы без нагревания. Но это не перемещение приставшей к металлу жидкости, потому что движение в этих случаях никак не влияет; это и не химическое действие, потому что действие наблюдается на том электроде, на котором химического действия не происходит; это и не термоэлектрическое явление обычного рода, потому что оно зависит от гальванического соотношения, а именно металл, показывающий это явление, должен быть отрицательным по отношению к другому металлу в данном электролите; так, нагретое серебро ничего не делает с холодным серебром, хотя оно

оказывает большое влияние при меди — как горячей, так и холодной (1924); и горячая платина никак не действует при холодной платине, но проявляется очень сильно при серебре — как горячем, так и холодном.

1926. Каково бы ни было существо действия нагревания в этих случаях, нет сомнения, что оно зависит от тока, который стремится пройти через цепь. Важно помнить, что рост действия на гальванометре является результатом не повышения электродвижущей силы, а исключительно только удаления препятствия току, возможно, путем возрастания разряда. Г-н де ля Рив описывал влияние нагревания на прохождение электрического тока через разведенную кислоту, помещенную в цепь при платиновых электродах. Нагревание, произведенное на отрицательном электроде, увеличивало отклонение стрелки гальванометра в цепи с 12 до 30 или 45°; в то же время нагревание на положительном электроде не вызывало никакого изменения.¹ Я не мог добиться этого нулевого эффекта на положительном электроде, когда делал опыты с гальванической батареей (1639). Но я не сомневаюсь в том, что описываемые здесь явления окажутся по существу такими же, как и те, которые описал этот ученый.

1927. Это действие часто является помехой в последующих опытах, в которых сравниваются друг с другом *два* металла, горячий и холодный, и главным образом тогда, когда отрицательный металл приближается по своей неактивности к платине или к родию. Так, когда сравнивается холодная медь с горячим серебром, золотом и платиной в разведенной азотной кислоте, то из-за этого явления медь начинает казаться более положительной, чем это было бы без него.

1928. Положение концов проводов. Необходимо, чтобы *конец* проволоки на горячей стороне находился

¹ Bibliothèque Universelle, 1837, VII, стр. 388.

внутри нагретой жидкости. Две медные проволоки были опущены в разведенный раствор сернистого калия (рис. 158); жидкость на пространстве от *C* до *D* была нагрета, но часть между *D* и *E* оставалась холодной. Пока концы обеих проволок оставались в холодной жидкости (как изображено на рисунке), происходили неправильные движения гальванометра, малые по величине, оставлявшие провод *B* положительным. Если шевелить проволоки, но сохранить их положение таким, как на рисунке, не получается никаких изменений; но если поднять проволоку у *A* так, чтобы ее конец попал в горячую жидкость между *C* и *D*, она становится и затем остается положительной. При опускании конца в холодную часть восстанавливается прежнее состояние; при поднятии ее в горячую часть она опять становится положительной. То же получается в случае двух серебряных проволок в разведенной азотной кислоте, и хотя кажется очень странным, что ток увеличивается по силе при увеличении протяжения плохого проводника, однако в таких условиях это часто получается. Нет основания сомневаться в том, что часть провода, находящаяся в горячей жидкости на стороне *A*, все время одинаково положительна или почти так, но в некоторый момент весь производимый ею ток проходит через всю цепь по проводу у *B*, а в другой момент он частью или целиком проходит только через жидкость в трубке *A* к холодному концу своей собственной проволоки.

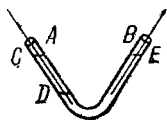


Рис. 158.

1929. О ч и с т к а п р о в о д о в. О том, что это следует производить тщательно, уже упоминалось (1881); но это особенно необходимо отнести к самым концам проводов, потому что если эти участки проводов, находящиеся в наиболее действенной части цепи, оставить покрытыми веществом, образовавшимся на них в предыдущем опыте, экспериментальный результат часто будет очень сильно изменен или даже совершенно извращен.

1930. Таким образом, лучшим способом действия при опыте (1915) будет вначале нагреть жидкость в коленах *A* и *B* (рис. 158), а затем, хорошо вычистив и соединив проволоки друг с другом, погрузить их обе одновременно, держа *конец* нагретого провода в горячей части жидкости; непрерывно пошевеливать оба провода и, что особенно важно, наблюдать явление в самом начале; затем вынуть провода, вычистить их снова, переставить один на место другого и повторить опыт; делать это столько раз, чтобы добиться из полученных нескольких результатов определенного и удовлетворительного заключения.

1931. Далее необходимо удостовериться, могут ли электролиты и металлы производить настоящий термоток, способный помешать тем электрохимическим действиям, которые вызываются нагреванием. Для этой цели испытывались различные комбинации электролитов с теми металлами, на которые они химически не действуют, со следующими результатами.

1932. Платина и очень *крепкий раствор кали* в результате многих опытов показали, что горячая платина положительна в электролите по отношению к холодной платине и производит ток, способный отклонять стрелку гальванометра примерно на 5° , если температуры у двух мест соединений были 60 и 240° : Золото с этим же раствором давало такой же результат. Горячее серебро в умеренно крепком растворе с удельным весом 1070 (последним я пользовался и в дальнейших опытах) (1948) становилось положительным, но в этом случае отклонение было едва ощутимо и не превышало 1° . Было испробовано в том же растворе и железо, причем получился постоянный ток с отклонением в 50° и более, но в этом случае происходило также химическое действие (1948).

1933. Я испытывал затем *раствор сернистого калия* (1812). Как уже говорилось, горячая платина в нем отрицательна по отношению к холодному металлу (1921); но я не

думаю, что действие было термоэлектрическим. Палладий с более слабым раствором не показывал тока.

1934. При употреблении разведенной азотной кислоты, состоявшей из одной части крепкой кислоты и пятидесяти частей воды, платина не дала определенного показания: горячий металл иногда был в очень слабой степени положительным, а иногда в той же слабой степени отрицательным. Золото в этой же кислоте давало едва ощутимый результат: горячий металл был отрицателен. Палладий действовал так же, как золото.

1935. С разведенной серной кислотой, состоявшей из одной весовой части купоросного масла и восьмидесяти частей воды, ни платина, ни золото при действии одного нагревания не производили тока, сколько-нибудь ощутимого для моего гальванометра.

1936. Если взять *соляную кислоту* и платину и нагреть, как раньше, то горячая платина становится очень слабо отрицательной в крепком растворе; в разбавленной кислоте заметного тока не получается.

1937. *Крепкая азотная кислота* давала по первому впечатлению вполне определенные результаты. При нагревании платины и чистой крепкой азотной кислоты у одного из контактов горячая платина постоянно становилась отрицательной через электролит по отношению к холодному металлу, и отклонение было около 2° . Когда была взята желтая кислота, отклонение получилось больше; когда же кислота была ярко-оранжевого цвета, стрелка гальванометра стояла на 70° и горячая платина продолжала быть отрицательной. Это действие является, однако, не чистым термо-током, но особым результатом, обязанным присутствию азотистой кислоты (1848). Он исчезает почти совершенно, когда для опыта берется разведенная кислота (1934); а то действие, которое при этом еще остается, указывает на то, что горячий металл отрицателен по отношению к холодному.

1938. Таким образом, раствор кали среди других жидкостей дает как будто наиболее надежные указания на термоток. Однако отклонение в этом случае не превосходит 5° , хотя жидкость, будучи очень крепкой, является хорошим проводником (1819). Когда жидкость была разведена и имели удельный вес 1070, как это было ранее (1932), отклонение достигало только 1° , и поэтому его нельзя смешать с теми результатами, которые мне предстоит излагать далее.

1939. Применение разведенных *серной* (1935) и *азотной* кислот (1934) дало лишь в отдельных случаях сомнительные указания на термоток. При испытании было найдено, что термоток от пары сурьма—висмут в этой и других подобных установках не мог проходить через эти растворы (1949, 1950) и что, следовательно, если небольшой ток, получаемый в опытах — термоэлектрического происхождения, то эта комбинация платины и кислоты гораздо сильнее, чем зеебековская пара из сурьмы и висмута; в то же время она (с промежуточной кислотой) едва ощущается этим чувствительным гальванометром. Далее, если имеется ток, то горячий металл обычно отрицателен по отношению к холодному, а поэтому эти результаты невозможно спутать с теми, которые будут описываться ниже и где ток имеет обратное направление.

1940. С другой стороны, в крепкой азотной кислоте горячий металл отрицателен.

1941. Итак, я показываю, что нагревание, производимое над металлом в кислотах или электролитах, которые *могут действовать на них*, дает начало значительным токам; если после этого скажут, что металлы, которые неактивны в кислотах, не производят термотоков, но те, которые, как медь, серебро и т. д., действуют химически, производят его, тогда я отвечу, что это — просто гипотеза и притом не согласная с тем, что мы знаем о термоэлектричестве; потому что я уверен, что среди твердых проводников — как металлических, так и неметаллических (1867) — нет таких, которые были бы способны с некоторыми из металлов производить

термотоки, а с другими нет. Далее, металлы эти — медь, серебро и т. д. — не всегда дают действия, которые могут сойти или быть ошибочно приняты за термоэлектрические, потому что серебро в горячей разведенной азотной кислоте едва отличается от серебра в той же холодной кислоте (1950); да и в других случаях горячие металлы становятся отрицательными, а не положительными (1953).

Случаи одного металла и одного электролита при нагревании одного контакта

1942. Случаи, которые я должен привести, слишком многочисленны, чтобы их давать в подробностях; поэтому я опишу один или два из них и дам общий очерк остальных в возможно коротком виде.

1943. Железо в разбавленном сернистом калии. Горячее железо весьма положительно по отношению к холодному металлу. Отрицательный и холодный провод остается совершенно чистым, но от горячего железа отделяется темный сульфид, который, расходясь по раствору, изменяет его цвет. Если вынуть, вымыть и вытереть холодное железо, то ткань остается чистой; но то, которое было нагрето, при тех же действиях оставляет на ткани черный сульфид.

1944. Медь и сернистый раствор. Горячая медь весьма положительна по отношению к холодной сейчас же после погружения, но явление быстро падает по причинам, указанным выше (1918).

1945. Олово и раствор кали. Горячее олово сильно и постоянно положительно по отношению к холодному.

1946. Железо и разведенная серная кислота (1935). Горячее железо было постоянно положительно по отношению к холодному, до 60° и более. *Железо и разведенная азотная кислота* давали даже еще более поразительный результат.

Мне придется теперь ограничиваться перечислением — не потому, что случаи, о которых я буду упоминать, менее определены, нежели данные выше, но только для того, чтобы сэкономить время.

1947. Разведенный раствор желтого сернистого калия, состоящий из одной части крепкого раствора (1812) и восемнадцати частей воды. Железо, серебро и медь с этим раствором давали хорошие результаты. Горячий металл был положителен по отношению к холодному.

1948. Разведенный раствор едкого кали (1932). Железо, медь, олово, цинк и кадмий давали поразительные результаты в этом электролите. Горячий металл был всегда положителен по отношению к холодному. Свинец производил такое же действие, но в этом случае наблюдалось мгновенное вздрагивание гальванометра в момент погружения, как будто горячий свинец был в этот момент отрицателен. В случае железа необходимо было продолжать нагревание, и тогда можно было легко наблюдать образование на нем окиси. Щелочь постепенно становилась мутной, потому что образующийся вначале протоксид растворялся и, превращаясь постепенно в перекись, выпадал; при этом жидкость делалась непрозрачной и желтой.

1949. Разведенная серная кислота (1935). Железо, олово, свинец и цинк в этом электролите при нагревании становились способными производить ток; это происходило вследствие повышения химического сродства, потому что во всех случаях горячий конец был положителен.

1950. Разведенная азотная кислота замечательна тем, что при ней наблюдается только один случай, в котором горячий и холодный металлы оказываются поразительно различными; этот металл — железо. С серебром, медью и цинком горячий конец в первый момент был положителен по отношению к холодному, но только в самой малой степени.

1951. Крепкая азотная кислота. Горячее железо положительно по отношению к холодному. Одинаково и

в горячей и в холодной кислоте железо находится в своем особом состоянии (1844, 2001).

1952. Разведенная соляная кислота (1 часть крепкой соляной кислоты и 29 частей воды). Эта кислота замечательна тем, что с ней наблюдается множество случаев, в противоположность разведенной азотной кислоте, которая замечательна противоположным свойством (1950). Железо, медь, олово, свинец, цинк и кадмий давали с ней активные цепи; при этом горячий металл был положителен по отношению к холодному; все результаты были поразительны по силе и по постоянству производимого тока.

1953. Имеется несколько случаев, в которых горячий металл становится *отрицательным*, а не положительным, как выше; и на главную причину такого явления я уже обращал внимание (1918). Так, с раствором *сернистого калия и цинком* при самом погружении проволок в горячий и холодный раствор получалась задержка, т. е. стрелка гальванометра отклонялась не сразу, как в предыдущих случаях; в дальнейшем постепенно возникал ток, возраставший до тех пор, пока стрелка не отклонялась до 70 или 80°; горячий металл оказывался *отрицательным* через электролит по отношению к холодному. *Кадмий* в этом же растворе тоже давал сначала паузу, а затем ток, и горячий металл был отрицателен; но явление было очень слабо. Горячий свинец был отрицателен и производил при этом только слабый ток. Олово давало тот же результат; ток был едва ощутим.

1954. В разведенной серной кислоте. Медь и цинк вначале производили положительное действие у горячего металла, но затем изменяли его на противоположное и давали слабый ток, при котором горячий металл был отрицателен. Кадмий давал то же явление, но в более сильной степени (1918).

1955. В разведенной азотной кислоте. Свинец в первый момент не производил действия, но затем появлялся

постепенно усиливавшийся электрический ток, который мог отклонять стрелку до 20° и более; горячий металл был отрицателен. Кадмий давал такие же результаты, как свинец. Олово давало неопределенный результат: сперва горячий металл казался очень слабо отрицательным, затем он становился положительным, а потом ток снова уменьшался и почти совершенно пропадал.

1956. В этом влиянии нагревания я не могу не видеть сильнейшего доказательства того, что электрический ток в гальванических цепях зависит от химического действия веществ, составляющих эти цепи: результаты прекрасно согласуются с известным влиянием нагревания на химическое действие. С другой стороны, я не могу понять, как может их истолковать теория контакта; разве что она добавит новые гипотезы к тем, которые составляют ее содержание (1874). Как, например, может она объяснить сильные действия железа в сернистом калии или в кали, или в разведенной азотной кислоте; или олова в кали, или в серной кислоте; или железа, меди, олова и т. д. в соляной кислоте; или вообще любое из упомянутых явлений? Они не могут быть следствием термоконтакта—это было уже показано на результатах с неактивными металлами (1931, 1941); и к ним теперь из активных металлов могут быть добавлены серебро и медь в разведенной азотной кислоте, потому что нагревание производит в этих случаях едва осязаемое действие. Мне кажется, что для их объяснения остается только химическая сила; ее вполне достаточно, и других сил не требуется.

1957. Про теорию химического возбуждения могут сказать, что опыты дают ей либо слишком много, либо недостаточно доказательств и что на деле нагревание должно было бы производить одно и то же действие со *всеми* металлами, на которые действуют применявшиеся электролиты. Но тогда я скажу, что это ниоткуда не следует. Сила

и другие условия химического сродства почти бесконечно изменяются вместе с веществами, проявляющими его действие; такое же разнообразие необходимо должно наблюдаться при присоединении к химическому сродству действия нагревания. Химическое действие часто идет без возбуждения какого-либо тока; и хорошо известно, что почти в каждой гальванической цепи химическую силу должно разделять на местную и на текущую (1120). С этой точки зрения нагревание часто очень помогает местному действию, но иногда, как будто, не сопровождается каким-либо большим возрастанием *интенсивности* химического сродства; в то же время в других случаях, судя по химическим явлениям, мы уверены, что оно затрагивает интенсивность силы. Электрический ток, однако, определяется не количеством производимого действия, а интенсивностью действующего сродства; таким образом, легко получить случаи, когда тот металл, который оказывает меньшее количество действия, является тем не менее положительным металлом в гальванической цепи; такова медь в слабой азотной кислоте, если в той же цепи имеется другая медь в крепкой кислоте (1975); таковы же железо или серебро в этой же слабой кислоте по отношению к меди в крепкой кислоте (1996). Многие из таких примеров, в которых горячий конец, в конце концов, становится отрицательным, как цинк в разведенном растворе сернистого калия (1953) или кадмий и свинец в разведенной азотной кислоте (1955), относятся к этому роду, и, однако, условия и результат прекрасно согласуются с химической теорией гальванического возбуждения (1918).

1958. Итак, необходимо различать токи, основанные на этой разности напряжения, последняя же происходит от разности в силе химического действия, которое является возбуждающей его причиной; это является необходимым следствием химической теории, и в 1834 г. я высказал это мнение¹

¹ Philosophical Transactions, 1834, стр. 428.

(891, 908, 916, 988). Де ля Рив в 1836 г. дал еще более точное выражение такого принципа;¹ он говорит, что напряжение токов точно пропорционально степени сродства, господствующего между частицами, которые своим соединением или разъединением производят токи.

1959. Я считаю, что происхождение силы в гальванической батарее, как это избыточно доказывают опытные данные, не связано с действием тепла (1924 и сл., 1878 и сл.). Я далее рассматриваю результаты с нагреванием как очень сильное добавочное доказательство справедливости химической теории; а многочисленные вопросы, возникающие в связи с разнообразием производимых действий и получаемых результатов, только показывают, насколько важна гальваническая цепь как средство для исследования происхождения и принципов химического сродства (1967). Эта истина была уже весьма ярко освещена исследованиями де ля Рива, произведенными посредством гальванометра, и исследованиями моего друга профессора Даниэля о действительной природе кислоты и других сложных электролитов.²

Случай двух металлов и одного электролита,
когда один контакт нагревается

1960. Поскольку нагревание производило такие поразительные результаты в цепях с одним металлом, я признал вероятным, что оно способно в некоторых случаях воздействовать на взаимоотношения металлов и даже изменить их порядок; устраивая цепи с двумя металлами и электролитами, я нашел следующие случаи.

1961. В растворе *сернистого калия* горячее олово весьма положительно по отношению к холодному серебру, холодное же олово очень слабо положительно по отношению

¹ Annales de Chimie, 1836, LXI, стр. 44 и сл.

² Philosophical Transactions, 1839, стр. 97.

к горячему серебру, и серебро в этом случае быстро тускнеет.

1962. В растворе кали холодное олово довольно сильно положительно по отношению к горячему свинцу, но горячее олово гораздо более положительно по отношению к холодному свинцу. Холодный кадмий также положителен по отношению к горячему свинцу, но горячий кадмий гораздо более положителен по отношению к холодному свинцу. Таким образом, в этих случаях нагревание производит большие различия, но металлы все же сохраняют свой порядок.

1963. В *разведенной серной кислоте* горячее железо *сильно положительно* по отношению к холодному олову, но горячее олово *гораздо более положительно* по отношению к холодному железу. Горячее железо слегка положительно по отношению к холодному свинцу, а горячий свинец сильно положителен по отношению к холодному железу. Вот случаи фактического изменения порядка; таким же образом можно обратить положение олова и свинца.

1964. В *разведенной азотной кислоте* взаимное положение олова и железа, а также железа и свинца может обращаться, причем положительным по отношению к другому становится всегда горячий металл. Если в момент погружения железа в нагретый конец (1930) кислота нагрета только умеренно, то вначале кажется, будто олово почти пересиливает железо — так замечательно силы могут быть или уравновешены, или сделаны преобладающими на любом конце по желанию. Свинец положителен по отношению к олову в обоих случаях, но гораздо сильнее в горячем состоянии, чем в холодном.

1965. Эти результаты прекрасно показывают, что во многих случаях, когда взяты два разных металла, каждый по желанию может быть сделан положительным по отношению к другому путем воздействия на его химическое средство, хотя контакты этих металлов друг с другом (предполагаем, что они являются электродвижущей причиной) остаются

совершенно неизменными. Действие нагревания проявляется в обращении или усилении естественных различий металлов в зависимости от того, как оно взаимодействует с их естественными химическими силами: противодействует им или, наоборот, усиливает их. Этим к той массе доказательств, которые уже приведены, добавляются еще новые.

1966. Тут имеется, как и в случаях с одним металлом, несколько примеров, когда нагревание делает металл более отрицательным, чем он был бы в холодном состоянии. Они встречаются главным образом при растворе сернистого калия. Так, при опытах с цинком и кадмием или с цинком и оловом более холодный металл положителен. При опытах со свинцом и оловом горячее олово слабо положительно, холодное олово сильно положительно. Со свинцом и цинком горячий цинк слабо положителен, а холодный цинк — гораздо сильнее. С серебром и свинцом горячее серебро слегка положительно по отношению к свинцу, а холодное серебро сильнее: оно уже порядочно положительно. В этих случаях току предшествует момент покоя (1953), в течение которого химическое действие у горячего металла понижает действительность электролита по отношению к нему сильнее, чем когда металл холоден; и позже холодный проявляет свое преимущество.

1967. Перед тем как закончить эти наблюдения над действием нагревания, я, имея в виду возможную пользу гальванической цепи в исследованиях внутренней природы химического сродства (1959), опишу результат, который, если он подтвердится, может повести к очень важным исследованиям. Олово и свинец были спарены друг с другом и погружены в холодную разведенную серную кислоту; олово было слегка положительно. Эта же кислота была нагрета, а олово и свинец, превосходно вычищенные, были опущены снова; тогда свинец оказался немного положительнее олова,

так что различие в температуре, действующее не на один только контакт, потому что оба электролитические контакта были всегда при одинаковой температуре, вызывало различие во взаимоотношениях этих металлов. Олово и железо в разведенной серной кислоте дали как будто подобный же результат, т. е. в холодной кислоте олово было всегда положительно, а в горячей кислоте было иногда положительно железо. Явления были очень слабы, а я не имел времени входить в дальнейшие исследования.

1968. Я полагаю, всем понятно, что в каждом случае были приняты предосторожности: очень тщательная очистка проводов и их концов, одновременное погружение, наблюдение самых начальных действий и т. д.

ГЛАВА V

Действие разведения на возбуждающую химическую силу

1969. Другим способом воздействия на химическое средство составных частей гальванических цепей (металлов и кислот), также применимым к случаям таких цепей, является изменение относительного количества присутствующей воды. Как известно из простейших химических опытов, подобное изменение оказывает очень значительное влияние на результирующие действия, и по химической теории было естественно рассчитывать, что оно произведет также некоторое, соответствующее изменение в гальваническом элементе. Результаты, наблюдаемые Авогадро и Эрстедом в 1823 г., согласуются с такими ожиданиями; потому что они нашли, что, когда одна и та же пара металлов погружалась последовательно в крепкую и разведенную кислоту, в некоторых случаях имело место изменение тока на противоположный.¹ В 1828 г. де ля Рив продвинул исследование этих и подобных случаев гораздо дальше и в особенности в гальваниче-

¹ Annales de Chimie, 1823, XXII, стр. 361.

ских парах из меди и железа со свинцом.¹ В 1827 г. Беккерель² производил опыты с одним металлом, медью, погруженной двумя своими концами в раствор одного и того же вещества (соли) различной крепости, а в 1828 г. де ля Рив³ проделал много подобных опытов с одним металлом и жидкостью в различных состояниях разведения; эти опыты я считаю очень важными.

1970. Доказательства, которые можно получить из явлений такого рода, показались мне настолько сильными, что я изучил некоторое количество таких фактов и считаю, что общие результаты достойны того, чтобы их изложить. Разведение чаще всего повышает существующее действие, но как подобное обстоятельство может увеличить электродвижущую силу *чистого контакта*, мне не было ясно, если не *принять*, как и раньше (1874), существования в точках контакта в различных случаях точно таких же влияний, каких требовали прежние, подтвержденные опытом результаты.

1971. Я воспользовался описанным ранее (1915) прибором в виде изогнутой трубки (рис. 157). Предосторожности, указанные ранее для проволок, трубок и т. д., были здесь также необходимы. Но потребовались еще и другие вследствие того, что ток здесь производился соединением воды с кислотой; это явление было давно описано Беккерелем,⁴ но влияние его в настоящих исследованиях требует пояснений.

1972. Рис. 159 и 160 представляют те два расположения жидкостей, которыми я пользовался; в части трубки ниже *m* находится крепкая кислота, а выше — разбавленная. Если это была азотная кислота, а платиновые проволоки имели такой вид, как на рисунках, то приподнимание конца проволоки *D* выше *m* или опускание ее из этого положения

¹ Annales de Chimie, 1828, XXXVII, стр. 234.

² Там же, 1827, XXXV, стр. 120.

³ Там же, 1828, XXXVII, стр. 240—241.

⁴ Traité de l'Electricité, II, стр. 81.

вниз вызывало сильные изменения [положения стрелки] гальванометра; но если их держали в покое в одном из этих положений, тогда электроток прекращался или почти что так. Всякий раз, когда ток наблюдался, он шел через жидкость от слабой кислоты к крепкой.

1973. Когда трубка была наполнена, как показано на рис. 159, водой или разведенной кислотой только на одном конце, а проволоки были погружены не более как на одну треть дюйма, явления значительно ослаблялись; и особенно, если небольшими движениями платиновой проволоки кислоты у *m* смешивались так, чтобы переход от слабой к креп-

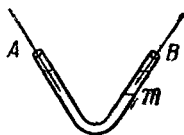


Рис. 159.

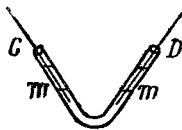


Рис. 160.

кой был постепенным, а не резким. В таких случаях, даже когда я двигал проволоки в кислоте горизонтально, действие было так мало, что едва ощущалось и его трудно было спутать с теми химическими действиями, которые будут описываться в дальнейшем. Для того чтобы вернее избежать подобных помех, я брал вместо воды умеренно разведенную кислоту. Из предосторожности трубки опорожнялись, мылись и наполнялись свежей кислотой после каждого опыта, чтобы металл, немного растворившийся в одном опыте, не мешал результатам последующего.

1974. Я иногда пользовался трубкой с разведенной кислотой только на одном конце (рис. 159), а иногда — с разведенной кислотой на обоих концах (рис. 160). Я буду называть первую № 1, а вторую № 2.

1975. В качестве иллюстрации общих результатов я опишу один частный пример. При употреблении трубки № 1 с креп-

кой и разведенной азотной кислотой¹ и двух медных проволок, оказывалось, что проволока в разведенной кислоте была сильно положительна по отношению к проволоке в крепкой кислоте; так было в первый момент и оставалось в дальнейшем. Когда я пользовался трубкой № 2, стрелку гальванометра можно было устойчиво держать и в том и в другом направлении; для этого достаточно было быстро поднимать одну из проволок и опускать другую так, чтобы первая была в слабой, а вторая в крепкой кислоте; первая всегда оказывалась положительной.

1976. При повторении опытов с заменой меди платиной, золотом и даже палладием получался едва ощутимый эффект (1973).

1977. Крепкая и разведенная азотная кислота.¹ Следующие металлы при сравнении в этих кислотах каждого с ним же самим давали весьма сильные результаты того же рода, как только что описанные с медью (1975): серебро, железо, свинец, олово, кадмий, цинк; металл в слабой кислоте был положителен по отношению к металлу в крепкой. Серебро очень изменчиво, и через некоторое время ток часто внезапно меняет направление, а металл в крепкой кислоте становится положительным; затем ток опять изменяется на противоположный, и металл в слабой кислоте возвращается к своему положительному состоянию. С оловом, кадмием и цинком сразу наступает сильное действие кислоты, которым все перемешивается. Железо и свинец показывают в трубке № 2 перемены состояния так же отчетливо, как медь (1975).

1978. Крепкая и разведенная серная кислота. Я приготовлял кислоту из сорока девяти весовых частей крепкого купоросного масла и девяти частей воды; я получал таким образом серную кислоту с двойным содержанием

¹ Разведенная кислота состояла из трех объемов крепкой азотной кислоты и двух объемов воды.

воды. Я собрал трубку № 1 (1974) с этой и с самой крепкой кислотой. Но так как при этом разведении с железом получался очень небольшой эффект по сравнению с тем, что давало более сильное разведение, я остановился на таком образе действия: я наливал в трубку крепкую кислоту, а затем добавлял с одной стороны сверху немного воды и ради предосторожности перемешивал и охлаждал ее до опыта (1973).

1979. При опытах с *железом* часть металла, находившаяся в слабой кислоте, была сильно положительна по отношению к металлу в крепкой кислоте. Медь давала тот же результат, если иметь в виду направление тока, но размер явления был невелик. С серебром, кадмием и цинком разность была либо очень мала, либо неустойчива, либо ее вообще не было; так что по сравнению с предшествующими случаями электродвижущее действие крепкой и слабой кислот казалось уравновешенным. При свинце и олове часть металла в *крепкой* кислоте была *положительна* по отношению к находившейся в слабой, так что они обнаруживают действие, противоположное производимому железом или медью.

1980. Крепкая и разведенная соляная кислота. Я делал опыты с самой крепкой чистой соляной кислотой в трубке № 1 и добавлял сверху с одной стороны воду для разведенного конца (1973), перемешивая ее немного, как прежде. При опытах с серебром, медью, свинцом, оловом, кадмием и цинком металл в *более крепкой кислоте* был положителен, а ток в большинстве случаев силен. При опытах с железом конец в более крепкой кислоте был сперва положителен; но вскоре затем положительной становилась сторона слабой кислоты; такой она и оставалась. С палладием, золотом и платиной действия были почти неощутимы.

1981. Крепкий или разведенный раствор едкого кали. В опытах с железом, медью, свинцом, оловом, кадмием и цинком металл в крепком растворе был положителен: в случае железа — слегка, в случае меди — сильнее.

отклоняя стрелку от 30 до 38°, а в случаях с другими металлами — очень сильно. Серебро, палладий, золото и платина давали лишь слабые следы действия (1973).

Таким образом, едкое кали и соляная кислота в некоторых отношениях противоположны азотной и серной кислотам.

Однако в отношении соляной кислоты, а вероятно и едкого кали, можно допустить, что даже в своих крепчайших состояниях они не вполне сравнимы с очень крепкой азотной и серной кислотами, — скорее с этими кислотами в несколько разбавленном состоянии (1985).

1982. Про все эти многочисленные изменения с крепкой и разведенной кислотами могут сказать, что они происходят вследствие соответствующих изменений контактной силы; но это значило бы переделывать теорию для каждого явления и для каждой химической силы (1874, 1956, 1985, 2006, 2014, 2033); или могут еще сказать, что различие действий вызывается различием контактной силы раствора у металлической поверхности, но это значит поставить явление раньше причины по порядку *времени*. Если признать за собой свободу перемещения действительной точки с металлами на жидкость или вообще с одного места на другое, то во всяком случае уже пора дать некоторые определения и численные значения касательно точек, где сосредоточено действие (1808). Из-за этих неопределенностей и непостоянства в настоящее время трудно оровергать теорию контакта какими-нибудь доказательствами, полученными из опыта; и она особенно резко отличается от химической теории с ее определенными высказываниями относительно места действия.

1983. Все разнообразие явлений, которое было изложено выше, соответствует чрезвычайному разнообразию, которым при различных обстоятельствах обладает химическое действие; но, как мне кажется, оно совершенно несовместимо с той простотой, которая должна была бы отличать действие одного лишь контакта. Но явления доускают даже:

большее разнообразие, что делает доводы в пользу одного взгляда и против другого еще более убедительными.

1984. Сторонники контакта могут сказать, что только очень крепкие кислоты могут сделать погруженный в них участок металла отрицательным, а поэтому в соляной кислоте и в кали действия не наблюдается (1980, 1981), хотя оно происходит в азотной и серной кислотах (1977, 1978); следующие данные могут служить ответом на такое предположение: железо в *разведенной азотной кислоте*, состоящей из одной части крепкой кислоты и двадцати частей воды, положительно по отношению к железу в крепкой кислоте, или к нему же в смеси из одной части крепкой кислоты и одной части воды, а также с тремя или даже с пятью частями воды. Также и серебро в слабейшей из этих кислот положительно по отношению к серебру в каждой из четырех других.

1985. Или следует изменить положения, основываясь на этих результатах, и предположить, что разведение кислоты на одном из контактов *всегда* стремится придать ей некоторую *пропорциональную* электродвижущую силу, а следовательно, дальнейшее разведение одной стороны по сравнению с другой будет опять иметь свойство возбуждать эту силу; но тогда как же это получается, что с соляной кислотой и с кали влияние разведения противоположно тому, которое указывалось в случае азотной кислоты и железа или серебра (1977, 1994)? Или же, чтобы избежать *трудности*, мы предположим, что каждый электролит надо рассматривать особо: отдельно азотную кислоту и отдельно соляную кислоту, потому что эта последняя может якобы отличаться от первой *направлением* изменения, вызываемого разбавлением; но тогда как можно будет объяснить следующие результаты с одной кислотой?

1986. Я приготовил четыре раствора азотной кислоты:

А — очень крепкая чистая азотная кислота;

В состоял из одной части А и одной части воды;

С состоял из одной части А и трех частей воды;

D состоял из одной части А и двадцати частей воды.

Производя опыты с этими кислотами и металлом, я обнаружил, что медь в кислоте С была положительна по отношению к меди в кислоте А или D. Это любопытное явление вызывалось не *первым* прибавлением воды к крепкой кислоте, потому что медь в кислоте В была положительна по отношению к меди в крепкой кислоте А, но отрицательна по отношению к меди в слабой кислоте D; следовательно, отрицательное действие более крепкой азотной кислоты с этим металлом не зависит от очень высокой концентрации.

1987. Свинец дает те же прекрасные явления. В кислоте он положителен по отношению к свинцу как в кислоте А, так и в кислоте D; в кислоте В он положителен по отношению к свинцу в более крепкой, но отрицателен по отношению к свинцу в более слабой кислоте.

1988. Я приготовил еще три раствора серной кислоты:

Е — крепкое купоросное масло;

F — одна часть Е и две части воды;

G — одна часть Е и двадцать частей воды.

Свинец в F был сильно *отрицателен* по отношению к свинцу как в Е, так и в G; медь в F была также отрицательна по отношению к меди в Е и G, но в меньшей степени. Таким образом, имеется два случая, в которых металлы в кислоте определенной крепости *отрицательны* по отношению к тем же металлам в той же кислоте — как более крепкой, так и более слабой. В конце концов я пользовался платиновыми проволоками решительно во всех этих случаях с теми же кислотами; для того, чтобы проверить влияние соединения кислоты с водой (1973); но результат был тогда почти равен нулю; это показывает, что явления не могут быть объяснены таким образом.

1989. Чтобы сделать для теории контакта эту путаницу еще более сложной, мы укажем еще на другие случаи, в которых с одной и той же кислотой, крепкой и разведен-

ной, некоторые металлы оказываются положительными в крепкой кислоте, а другие — в слабой. Так, олово в крепчайшей серной кислоте E (1988) было положительно по отношению к олову в умеренной или слабой кислотах F и G; а олово в умеренной кислоте F было положительно по отношению к этому же металлу в G. Железо, наоборот, находясь в крепкой кислоте E, было отрицательно по отношению к более слабым кислотам F и G; железо в средней кислоте F было отрицательно по отношению к этому же металлу в G.

1990. Чтобы яснее понять, как тут быть теории контакта, я хочу иллюстрировать наш случай диаграммой. Пусть рис. 161 представляет цепь из металла и серной кислоты. Если A — железная или медная дуга, а BC — крепкое купоросное масло, тогда определенного тока не будет, а если BC будет слабой кислотой, тока не будет вовсе. Но пусть у B будет крепкая кислота, а у C — разбавленная; тогда через ABC пробежит электрический ток. Если на месте металла A будет серебро, то оно будет одинаково безразлично как к крепкой, так и к слабой кислоте, как это было найдено для железа по отношению к возбуждению тока; но оно, кроме того, безразлично и тогда, когда у B крепкая кислота, а у C — слабая. Но если разведение электролита в одном месте, например C, когда там присутствовали железо или медь, так сильно увеличило контактную электродвижущую силу, что вызвало ток, наблюдаемый на опыте, то оно, конечно, должно было бы произвести такое же действие с серебром

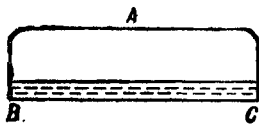


Рис. 161.

(если вносить в гипотезы контактной теории только такие ограничения, которые можно считать разумными); но никакого тока не было. Если на месте металла A будут свинец или олово, мы встретимся с еще большими трудностями, потому что хотя с одной крепкой или с одной слабой кис-

лотой какого-либо определенного тока не возникает, однако он появляется при разведении у *C*; но теперь надо предположить, что разведение *ослабляет*, а не *усиливает* контактную силу, потому что ток идет в противоположном направлении.

1991. Нельзя отнести эти последовательные изменения и на счет постепенно развивающегося действия разведения, зависящего от *порядка металлов*. В самом деле, предположим, что разведение благоприятствует электродвижущей силе контакта какой-нибудь кислоты с металлом в некотором *соответствии* с положением металла в определенном ряду, например в ряду гальванического действия в батарее; может показаться, что такое предположение объясняет постепенное уменьшение действия от железа к меди и от меди к серебру; но тогда нельзя было бы ожидать появления эффектов обращения или эффектов противоположного знака при возвращении к таким металлам, как свинец и олово (1979, 1989); их надо было бы искать скорее у платины или золота, которые, однако, не обнаруживают явлений такого рода (1976, 1988). Эта сложность усиливается еще следующими фактами: из того, что было установлено ранее, вытекает, что при переходе от одной *кислоты* к другим приходится вновь изменять вышеупомянутый порядок (1981); мало того, при одной и той же кислоте подобное же изменение порядка происходит при одном только изменении степени ее разведения (1986, 1988).

1992. Таким образом оказывается, как было замечено ранее (1982), что контактная теория электродвижущей силы при своем применении к фактам должна извиваться и изгибаться, точно следуя за изменением химического действия; и в конце концов теория ни для одного вида контакта, активного и неактивного, и ни в одном частном случае не может объяснить явлений без помощи активного проявления химической силы.

1993. Разведение и концентрация так сильно влияли на отношение различных частей одного и того же металла

к кислоте, что делали одну часть положительной или отрицательной по отношению к другой; поэтому я предположил, что одним изменением вводимого электролита возможно изменить порядок металлов, когда они помещены в кислоты или другие растворы однородной крепости. Поэтому я продолжал экспериментировать в этом направлении, соединяя через гальванометр два металла: олово и свинец (1915); я помещал электролитический раствор в трубке № 1: крепкий — с одного конца и слабый — с другого; я погружал проволоки одновременно, олово — в крепкий, а свинец — в слабый раствор; я наблюдал действие, а затем, очистив проволоки, менял жидкость и опять погружал проволоки, олово — в слабую, а свинец — в крепкую порцию. Де ля Рив уже установил,¹ что при пользовании один раз разбавленной, а в другой — крепкой серной кислотой происходит обращение; я не мог получить этого, если принимал предосторожности для устранения действия пристающего слоя жидкости (1918): но его общий вывод правилен, если делать его в применении к замене кислоты на другую, и я считаю, что это показание очень важно при суждении о великом вопросе: контакт или химическое действие?

1994. Два металла в крепком и слабом растворе кали. Цинк был положителен по отношению к олову, кадмию или свинцу как в слабом, так и в крепком растворе. Олово было положительно по отношению к кадмию и в слабой и в крепкой щелочи. Кадмий был положителен по отношению к свинцу в обоих случаях, но сильнее в крепкой щелочи. Таким образом, хотя имелись различия в силе, зависевшие от крепости раствора, не было обращения порядка металлов.

1995. Два металла в крепкой и слабой серной кислоте. Кадмий был положителен по отношению к железу и к олову в обоих случаях; олово было также поло-

¹ Annales de Chimie, 1828, XXXVII, стр. 240.

жительно по отношению к железу, меди и серебру; а железо было положительно по отношению к меди и серебру, в каком бы конце ни находились эти металлы. Таким образом, ни один из испытанных металлов нельзя было заставить обойти другие и принять порядок, отличный от того, который они имеют в кислоте одинаковой крепости. Однако получались большие различия в величине действия; так, железо в крепкой кислоте по отношению к серебру в слабой кислоте было только слабо положительно, но железо в слабой кислоте было сильно положительно по отношению к серебру в крепкой кислоте. Вообще металл, обычно называемый положительным, оказывался наиболее положительным в слабой кислоте; но в случаях со свинцом, оловом и цинком это было не так.

1996. Два металла в крепкой и слабой азотной кислоте. Здесь степень изменения, производимого различием крепости кислоты, была так велика, что причиняла не только различия в величине, но и перемены в порядке металлов — перемены самого поразительного свойства. Так, железо и серебро, находясь в трубке № 2 (1974), создавали в слабой кислоте металл, положительный по отношению к металлу в крепкой кислоте, независимо от того, какой металл находился в слабой. Нужно было только приподнять один и опустить другой, чтобы сделать тот или другой из них по желанию положительным (1975). Медь в слабой кислоте была положительна по отношению к серебру, свинцу и олову в крепкой кислоте. Железо в слабой кислоте было положительно по отношению к серебру, меди, свинцу, цинку и олову в крепкой кислоте. Железо в слабой кислоте было положительно по отношению к серебру, меди, свинцу, цинку и олову в крепкой кислоте. Свинец в слабой кислоте был положителен по отношению к меди, серебру, олову, кадмию, цинку и железу в крепкой кислоте. Серебро в слабой кислоте было положительно по отношению к железу, свинцу, меди и, хотя и слабо, но

и к олову в крепкой кислоте. Олово в слабой кислоте было положительно по отношению к меди, свинцу, железу, цинку и серебру и либо нейтрально, либо немного положительно по отношению к кадмию в крепкой кислоте. Кадмий в слабой кислоте очень положителен, как и можно было предполагать, по отношению к серебру, меди, свинцу, железу и олову и умеренно положителен по отношению к цинку в крепкой кислоте. Если кадмий находится в крепкой кислоте, он слегка положителен по отношению к серебру, меди и железу, находящимся в слабой кислоте. Цинк в слабой кислоте сильно положителен по отношению к серебру, меди, свинцу, железу, олову и кадмию в крепкой кислоте; но в крепкой кислоте он слабо положителен по отношению к серебру и меди в слабой кислоте.

1997. Таким образом, удивительные изменения происходят в ряду металлов в цепях, содержащих эту кислоту, от действия одного только разведения; так что из пяти металлов — серебра, меди, железа, свинца и олова — каждый можно сделать или положительным, или отрицательным по отношению к каждому другому, за исключением серебра, которое положительно по отношению к меди. Порядок одних только этих пяти металлов можно поэтому менять почти на сто различных ладов в одной и той же кислоте действием одного только разведения.

1998. Совершенно так же цинк, олово, кадмий и свинец, а также цинк, олово, железо и свинец составляют группы по четыре металла; каждый из этих металлов можно сделать или положительным, или отрицательным по отношению к каждому другому металлу той же группы одним разведением этой кислоты.

1999. Но примеры изменений при разведении можно, с точки зрения наших двух противоположных теорий, сделать даже еще сильнее, чем те, которые установлены выше; потому что *одни и те же металлы в одной и той же кислоте одинаковой крепости на обоих концах можно*

заставить менять свой порядок, так как химическое действие кислот на каждый отдельный металл зависит от разведения в различной степени.

2000. Гальваническая пара железо — серебро была погружена обоими металлами одновременно в одну и ту же крепкую азотную кислоту; в первый момент железо было положительно; немного позже стало положительным серебро, и таким оно и оставалось. Такая же пара из железа и серебра была опущена в слабую азотную кислоту, где железо немедленно стало положительным и оставалось таким. С железом и медью были получены такие же результаты.

2001. Итак, мы имеем здесь *окончательные* примеры такой инверсии (1999); но поскольку в крепкой азотной кислоте железо сразу после погружения приобретает состояние, которого оно, вероятно, не принимает в разведенной кислоте (1843, 1951, 2033), и так как действие на железо в его *обычном* состоянии, можно сказать, сводится к приданию ему положительного знака по отношению к серебру или меди как в крепкой, так и в слабой кислоте, то мы не будем стараться насиловать факты, а обратимся к другим металлам.

2002. Когда в слабой азотной кислоте действовала пара из *серебра* и *никеля*, никель был положителен. При той же паре в крепкой кислоте никель в первый момент был опять положителен, но в конце концов положительным стало серебро. Никель потерял свое превосходство вследствие действия обволакивающей пленки (1918); и хотя это явление легко могло пройти незамеченным, этот пример нельзя выдвинуть в качестве случая, когда вышеуказанное (1999) положение удовлетворяется.

2003. *Медь* и *никель* были опущены в крепкую азотную кислоту; с самого начала медь была положительна. Когда медь и никель находились в разведенной азотной кислоте, никель был, хотя и слабо, но вполне ясно положителен по отношению к меди. То же происходило, когда в крепкой

азотной кислоте находились цинк и кадмий: кадмий был сильно положителен по отношению к цинку, а когда те же металлы были в разведенной азотной кислоте, цинк был сильно положителен по отношению к кадмию. Эти примеры я считаю превосходными и недвусмысленными (1999).

2004. Таким образом, азотная кислота представляет нам чрезвычайно удивительное разнообразие явлений, когда она служит в качестве электролитического проводника в гальванических цепях; и ее отличие от серной кислоты (1995) или от кали (1994) в явлениях, вытекающих из разведения, ясно показывает, наравне со многими приведенными ранее фактами и доказательствами, что электродвижущая сила в цепи не есть следствие какого-либо свойства веществ вообще; она является свойством каждого отдельного вещества, а не целого класса веществ; она не отличается той простотой свойств, которая по предположению принадлежит контактной силе; она обладает всем разнообразием свойств, проявляемым, как известно, химической силой.

2005. Когда каждый из четырех или пяти металлов, столь отличных друг от друга, как серебро и олово, можно сделать положительным или отрицательным по отношению к другим (1997, 1998), то при этом происходят огромные изменения; мне кажется, что последние исключают всякую вероятность того, что контакт между металлами может дать хоть малую долю эффекта в указанных гальванических установках; и если контакт не действует здесь, то он не действует и ни в каких других установках; поэтому выводы, полученные по данному вопросу из описанных ранее опытов (1829, 1833), подтверждаются и настоящими.

2006. Попробуем еще переменить декорации; скажем: все эти многообразные изменения производит *контакт* кислот и растворов при их разбавлении на одном конце (1874, 1982, 1991, 2014, 2060); но тогда сколь *глубоко непохоже* должен быть этот контакт на контакт многочисленного,

класса твердых проводящих тел (1809, 1867)! и где хоть один пример такого контакта, не сопровождаемого химическим действием и производящего такие токи, — пример, могущий придать такому утверждению хоть видимость опоры?

2007. Что тут дело не может быть в изменении силы контакта при одном только разведении на одной стороне (2006), можно показать еще, если произвести опыты, но с металлами, химически активными в данных электролитах. Так, когда на одном конце азотная или серная кислота были разведены, а затем крепкая и слабая части замыкались платиной или золотом (1976), никакого ощутимого тока не возникало, или он был столь мал, что не имел никакого значения.

2008. Еще более сильное доказательство дает следующий опыт. Я наполнил трубку (рис. 159; 1972) от *A* до *m* крепким раствором желтого сернистого калия (1812) и от *m* до *B* — раствором, состоящим из одной части крепкого раствора и шести частей воды. Концы затем различными путями соединялись через платину и железо; и если помнить, что не следует наблюдать первоначальное действие погружения, а также помнить и про первоначальное кратковременное отрицательное состояние железа (2049), то результат получался следующий: когда у *A* и *B* была платина, то та, которая была у *A*, т. е. в крепком растворе, была чуть-чуть положительна и давала постоянное отклонение в 2° . Когда у *A* и у *B* было железо, получался тот же результат. Если у *A* было железо, а у *B* платина, то железо было положительно, около 2° по отношению к платине. Если же у *A* была платина, а у *B* железо, то уже платина была положительна по отношению к железу примерно на 2° . Так что не только контакт железа с платиной ничего не дает, но и контакт крепкого или слабого раствора этого электролита как с железом, так и с платиной не действует как возбудитель тока. Ток, который постоянен, очень слаб; он, очевидно, связан с относительным расположением крепкого и

слабого растворов и, вероятно, производится их постепенным смешением.

2009. Результаты, полученные при разведении электролита, способного действовать на металлы, служащие вместе с электролитом для получения гальванической цепи, могут в некоторых случаях зависеть от того, что кислота с разведением становится более хорошим электролитом. Повидимому, — и так этого нужно ожидать по химической теории — каждое обстоятельство, которое стремится усилить химическое действие жидкости и улучшить ее как электролит (последнее является свойством чисто химическим, а не контактным), способствует возбуждению определенного тока. Какова бы ни была причина действия, производимого разведением, результаты его все же определенно показывают, сколь ценной должна стать гальваническая батарея как орудие исследования природы химического средства (1959).

ГЛАВА VI

Изменения порядка металлических элементов в гальванических цепях

2010. Другой класс экспериментальных доказательств, важных для великого вопроса о происхождении силы в гальванической батарее, доставляет рассмотрение различного порядка, в котором металлы располагаются как источники тока при соединении их с различными возбуждающими электролитами. Металлы обычно располагают в известном порядке, и принято говорить, что металл, поставленный в списке, отрицателен по отношению к каждому, стоящему выше, и положителен по отношению к каждому, стоящему ниже, как будто бы (и действительно так и думают) они обладали определенной прямой силой, взятые вместе. Но в 1812 г. Дэви обнаружил обращения этого порядка в случае железа и меди¹ (943); а в 1828 г. де ля Рив указал на

¹ Elements of Chemical Philosophy, стр. 149.

целый ряд таких обращений в различных случаях¹ (1877); он дал примеры таких сильных противоположностей в порядке некоторых металлов в крепкой и разведенной азотной кислоте;² возражая на результаты Марианини, он чрезвычайно ясно говорит, что всякий порядок надо рассматривать применительно только к той жидкости, которая служила в опытах по установлению этого порядка.³

2011. Я продолжил эти исследования с несколькими растворами, принимая те предосторожности, о которых я упоминал выше (1917 и т. д.), и нахожу, что невозможно настаивать на существовании какого-либо одного порядка, подобного тому, о котором я только что говорил. Так, никель отрицателен по отношению к сурьме и висмуту в крепкой азотной кислоте; он положителен по отношению к сурьме и отрицателен по отношению к висмуту в крепкой соляной кислоте; он положителен по отношению и к сурьме и к висмуту в разведенной серной кислоте; он отрицателен по отношению к сурьме и висмуту в кали и он сильно отрицателен по отношению к висмуту и сурьме как в бесцветном, так и в желтом растворах сернистого калия.

2012. Для дальнейшего освещения этого вопроса я возьму десять металлов и дам их порядок в семи различных растворах [см. таблицу на стр. 124].

2013. Разведенная азотная кислота состояла из одного объема крепкой кислоты и семи объемов воды; разведенная серная кислота — из одного объема крепкой кислоты и тринадцати объемов воды; соляная кислота — из одного объема крепкого раствора и одного объема воды. Крепкая азотная кислота была чистая, с удельным весом 1.48. Оба — как крепкий, так и слабый — раствора

¹ Annales de Chimie, 1828, XXXVII, стр. 232.

² Там же, стр. 235.

³ Там же, стр. 243.

Разведенная азотная кислота	Разведенная серная кислота	Соляная кислота	Крепкая азотная кислота	Раствор едкого кали	Бесцветный бихлорсульфид калия	Желтый гидросульфид калия
1. Серебро	1. Серебро	3. Сурьма	5. Никель	1. Серебро	6. Железо	6. Железо
2. Медь	2. Медь	1. Серебро	1. Серебро	5. Никель	5. Никель	5. Никель
3. Сурьма	3. Сурьма	5. Никель	3. Сурьма	2. Мель	4. Висмут	4. Висмут
4. Висмут	4. Висмут	4. Висмут	2. Медь	6. Железо	8. Свинец	3. Сурьма
5. Никель	5. Никель	2. Медь	4. Висмут	4. Висмут	1. Серебро	8. Свинец
6. Железо	6. Железо	6. Железо	6. Железо	8. Свинец	3. Сурьма	1. Серебро
7. Олово	8. Свинец	8. Свинец	7 Олово	3. Сурьма	7. Олово	7. Олово
8. Свинец	7. Олово	7. Олово	8. Свинец	9. Кадмий	2. Медь	9. Кадмий
9. Кадмий	9. Кадмий	9. Кадмий	10. Цинк	7. Олово	10. Цинк	2. Медь
10. Цинк	10. Цинк	10. Цинк	9. Кадмий	10. Цинк	9. Кадмий	10. Цинк

едкого кали давали один и тот же порядок. Желтый сернистый калий состоял из одного объема крепкого раствора (1812) и пяти объемов воды. Металлы занумерованы в порядке, который они давали в разведенных кислотах (отрицательные выше), с целью показать, путем сравнения этих номеров с номерами в других столбцах, поразительные отступления от этого наиболее общепринятого порядка. Железо включено, но только в его обычном состоянии: его положение в азотной кислоте дано сообразно тому месту, которое оно занимало при погружении, а не тому, которое приобретает потом.

2014. Перемещения кажутся чрезвычайно странными — столь же странными, как те, которые происходят от разведения (2005); они тем самым показывают, что не существует общего закономерного влияния жидких проводников или различных классов таких проводников, как кислоты, основания и т. д., отдельно от их чисто химических отношений. Но как может теория контакта объяснить эти данные? Чтобы дать объяснение подобным фактам, она должна влиять самым невероятным образом, следуя за всеми искривлениями нити фактов (1874, 1956, 1992, 2006, 2063); и при этом она не указывает ни одного случая возбуждения тока одним только контактом, т. е. без сопровождающего его химического действия.

2015. С другой стороны, как просто химическая теория возбуждения тока представляет факты! Насколько мы пока что можем проследить за ними, они идут рука об руку. Без химического действия нет тока; с изменением химического действия изменяются токи; в то же время влияние наиболее сильных случаев контакта (например серебра и олова) (1997) друг с другом никак не отражается на результатах. И, как дальнейшее подтверждение, возбуждающая способность не растет, а падает при контакте с образующимися веществами, так как производящая их химическая сила ослабевает или истощается; вытекающие из этого

результаты хорошо видны на действии образующихся обволакивающих слоев жидкостей (1918, 1953, 1966).

2016. Таким образом, как сказал де ля Рив, каждый список металлов в отношении порядка должен быть построен в зависимости от избранной возбуждающей жидкости. Далее, в ряду должна быть отмечена нулевая точка; дело в том, что электродвижущая сила может быть либо на аноде, либо на катоде (2040, 2052), либо одновременно и на том и на другом; соответственно, такое вещество (если оно существует), которое не обладает абсолютно никаким возбуждающим действием, должно представлять такую точку. Нижеследующее можно дать в качестве иллюстрации порядка нескольких металлов и других веществ по отношению к соляной кислоте:

перекись свинца,
перекись марганца,
окись железа,
графит,
родий,
платина,
золото,
сурьма,
серебро,
медь,
цинк.

Здесь графит является нейтральным веществом; выделенные курсивом активны на катоде, а напечатанные прямым шрифтом — на аноде. Верхние, конечно, отрицательны по отношению к нижним. Чтобы сделать такие списки настолько полными, насколько это скоро потребуется, к каждому веществу надо было бы прибавить число, выражающее его относительную возбуждающую силу, считая от нулевой точки.

ГЛАВА VII

Активные гальванические цепи и батареи без металлического контакта

2017. Имеется очень много случаев, когда электрические токи производятся одним только химическим действием, но нет ни одного несомненного примера возбуждения тока одним контактом. Я считаю, что этот важный вопрос должен теперь разрешаться на основании подавляющих фактов, а не чисто философских рассуждений (1799); поэтому я хочу добавить немного наблюдений и фактов, чтобы показать число таких случаев и их силу. В восьмой серии этих исследований¹ (апрель 1834 г.) я указал первый, насколько я знаю, опыт, в котором химическое действие удалось заставить произвести электрический ток и химическое разложение на расстоянии, в простой цепи, без всякого металлического контакта (880 и сл.). Далее было показано, что когда пара пластинок из цинка и платины была возбуждена на одном конце разведенной азотно-серной кислотой (800), или раствором едкого кали (884), или даже в некоторых случаях раствором простой соли (885), на другом конце могло происходить разложение растворов иодистого калия (900), протохлорида олова (901), сульфата натрия, соляной кислоты, нитрата серебра (906) или следующих веществ в расплавленном состоянии: селитры, хлоридов серебра и свинца и иодистого свинца (902, 906); никакого металлического контакта ни в одном из опытов допущено не было.

2018. Я приступлю к перечислению новых примеров и прежде всего тех, которые я приводил выше, и где действие слегка разведенной кислоты производило ток, проходящий через раствор сернистого калия (1831), или зеленую азотистую кислоту (1844), или раствор едкого кали.

¹ Philosophical Transactions, 1834, стр. 426. См. также «Экспериментальные исследования по электричеству», I.

(1854), потому что здесь не было допущено никакого металлического контакта, и химическое действие было очевидной и единственной причиной производимых токов.

2019. В нижеследующей таблице даются случаи подобного возбуждения и гальванического действия, производимого химическим действием без металлического контакта. Каждая горизонтальная строка содержит четыре вещества, образующие цепь, и они расположены так, что дают направление тока; он идет во всех случаях слева направо через стоящие там вещества по порядку. Все приведенные цепи были способны вызывать разложение, и это — только немногие из тех, которые встречались во время исследования.

2020.

Железо	Разведенная азотная кислота	Платина	Сернистый калий (1812)	Полный ток
Железо	Разведенная азотная кислота	Платина	Красная азотная кислота	Полный ток
Железо	Разведенная азотная кислота	Платина	Бледная азотная кислота, крепкая	Хороший
Железо	Разведенная азотная кислота	Платина	Зеленая азотистая кислота	Очень сильный
Железо	Разведенная азотная кислота	Платина	Иодистый калий	Полный ток
Железо	Разведенная серная кислота	Платина	Сернистый калий	Полный
Железо	Разведенная серная кислота	Платина	Красная азотная кислота	Хороший

Продолжение

Железо	Соляная кислота	Платина	Зеленая азотистая кислота	Очень сильный
Железо	Разведенная соляная кислота	Платина	Красная азотная кислота	Хороший
Железо	То же	Платина	Сернистый калий	Хороший
Железо	Раствор соли	Платина	Зеленая азотистая кислота	Очень сильный
Железо	Простая вода	Платина	Зеленая азотистая кислота	Хороший
Цинк	Разведенная азотная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Цинк	Соляная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Кадмий	Разведенная азотная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Кадмий	Соляная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Свинец	Разведенная азотная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Свинец	Соляная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Медь	Разведенная азотная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Медь	Соляная кислота	Платина	Иодистый калий	Хороший
Свинец	Крепкая серная кислота	Железо	Разведенная серная кислота	Сильный
Олово	Крепкая серная кислота	Железо	Разведенная серная кислота	Сильный
Медь	Сернистый калий	Железо	Разведенная азотная кислота	Очень сильный

Продолжение

Медь	Сернистый калий	Железо	Иодистый калий	
Медь	Крепкая азотная кислота	Железо	Разведенная азотная кислота	Очень сильный
Медь	Крепкая азотная кислота	Железо	Иодистый калий	
Серебро	Крепкая азотная кислота	Железо	Разведенная азотная кислота	Сильный
Серебро	Крепкая азотная кислота	Железо	Иодистый калий	Хороший
Серебро	Сернистый калий	Железо	Разведенная азотная кислота	Сильный
Олово	Крепкая серная кислота	Медь	Разведенная серная кислота	

2021. Мне кажется вероятным, что каждая из весьма многочисленных комбинаций, которые можно составить из следующей таблицы, беря по одному веществу из каждого столбца и размещая их в том порядке, в котором стоят столбцы, должна произвести ток без металлического контакта и что некоторые из этих токов будут очень сильны.

Родий	Крепкая азотистая кислота или крепкий раствор сернистого калия	Железо	Разведенная азотная кислота
Золото			Разведенная серная кислота
Платина			Соляная кислота
Палладий			Раствор растительных кислот
Серебро			Иодистый калий
Никель			Иодистый цинк
Медь			Раствор соли
Свинец			Многие металлические растворы
Олово			
Цинк			
Кадмий			

2022. К этим случаям должно добавить еще многие, такие, в которых один металл в однородной кислоте давал токи, когда один из его концов нагревался (1942 и сл.), а также такие, в которых один металл давал ток с одной и той же кислотой — крепкой и разведенной (1977 и сл.).

2023. К вышеуказанным случаям нужно было бы добавить и половину тех, в которых посредством разведения кислоты один металл можно сделать или положительным, или отрицательным по отношению к другому (1996 и сл.), если бы эти последние случаи не были слишком сильны: ведь они не только доказывают, что химическое действие может производить ток без контакта, а низводят контакт до ничтожного значения и с одинаковой легкостью дают токи и в одну сторону с силой контакта и в противоположную.

2024. Что построить батарею без металлического контакта легко, было показано сэром Гемфри Дэви в 1801 г.,¹ когда он описывал различные действенные схемы, содержащие в себе только один металл. Позднее Замбони построил элемент, в котором имелись только один металл и одна жидкость;² единственное различие состояло лишь в различной протяженности контакта у двух поверхностей. Сюда можно добавить еще следующие виды элемента, зависящие от одного только действия разведения.

2025. Пусть ab , ab , ab (рис. 162) представляют трубки или другие сосуды, в которых части a' содержат крепкую азотную или серную кислоту, а части b — разведенную кислоту того же рода; соедините их затем проволоками, стержнями или пластинками только из одного металла, хотя бы меди, железа, серебра, олова, свинца или любого

¹ Philosophical Transactions, 1801, стр. 397. Также Journals of the Royal Institution, 1802, стр. 51, и Nicholson's Journal, в восьмую долю листа, 1802, I, стр. 144.

² Quarterly Journal of Science, VIII, стр. 177; или Annales de Chimie, XI, стр. 190 (1819).

из таких металлов, которые становятся положительными и отрицательными в кислоте при различном разведении последней (1979 и сл.). Такое устройство даст действенную батарею.

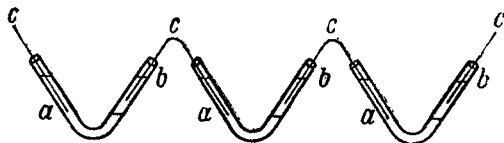


Рис. 162.

2026. Если кислота будет серная, а в качестве металла будет взято железо, то возникший ток будет одного направления, а именно на чертеже — справа налево; но если металлом будет олово, результирующий ток будет обратного направления, т. е. слева направо.

2027. В крепком и слабом растворах едкого кали в таких же трубках каждый из следующих металлов: цинк, свинец, медь, олово и кадмий (1981), взятых по одиночке, даст подобную же батарею.

2028. Если цепи будут устроены, как на рис. 163, где сосуды 1, 3 и т. д. содержат крепкую серную кислоту, а сосуды 2, 4 и т. д. — разведенную серную кислоту; и если

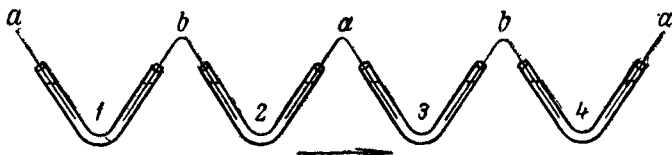


Рис. 163.

металл *a, a, a* — олово, а *b, b* — железо (1979), то электрический ток будет появляться в направлении стрелки. Если металлы будут переставлены один на место другого, кислоты же останутся на месте, или если переставлены будут кислоты, а металлы останутся на месте, то направление тока изменится на противоположное.

ГЛАВА VIII

Соображения о достаточности химического действия

2029. Таким образом, имеется достаточное число случаев, когда химическое действие одно производит гальванические токи (2017), и, если мы будем каждый раз пристально наблюдать за соответствием, которое должно существовать между химическим действием и производимым током, то мы найдем, что чем дальше его проследить, тем точнее оно становится; для иллюстрации этого будет достаточно следующих примеров.

2030. *Химическое действие на самом деле развивает электричество.* Это было многократно доказано Беккерелем и де ля Ривом. Беккерелев прекрасный гальванический прибор из кислоты и щелочи¹ является наилучшим доказательством того, что химическое действие более чем достаточно для возбуждения электрических явлений. Большое количество результатов, описанных в настоящих статьях, доказывает то же самое.

2031. *Там, где химическое действие имеется, но ослабляется или прекращается, ослабляется или прекращается и электрический ток.* Случаи олова (1882, 1884), свинца (1885), висмута (1895) и кадмия (1905) в растворе сернистого калия являются превосходными примерами справедливости этого положения.

2032. Если кусок зернистого олова положить в крепкую азотную кислоту, оно обычно не вызывает действия из-за пленки окиси, образующейся на нем от нагревания во время размельчения. Затем можно опустить в кислоту две платиновых проволоки, соединенных гальванометром, и одну из них прижать к куску олова, не вызывая этим, однако,

¹ Annales de Chimie, 1827, XXXV, стр. 122; Bibliothèque Universelle, 1838, XIV, стр. 129, 171.

электрического тока. Но если, пока все находится в таком положении, поцарапать олово под кислотой стеклянной палочкой или другим непроводящим предметом, способным нарушить его поверхность, то кислота начнет действовать на свежее открывшийся металл и даст ток; но через одно-два мгновения действие прекращается из-за образования окиси олова и от истощения приставшей пленки раствора (1918), и ток прекращается вместе с ним. Каждая новая царапина на поверхности олова производит этот ряд явлений вновь.

2033. Пример железа в крепкой азотной кислоте, которое в первый момент действует и производит ток (1843, 1951, 2001), но теряет благодаря этому действию активность как химическую, так и электрическую, тоже подходит сюда.

2034. Если свинец и олово спарить в соляной кислоте, то в первый момент свинец будет положителен по отношению к олову, а затем станет положительным олово и таким будет оставаться. Это изменение я приписываю тому обстоятельству, что образующийся хлористый свинец покрывает отчасти этот металл и препятствует продолжению действия; но хлористое олово, как гораздо более растворимое по сравнению с хлористым свинцом, переходит гораздо легче в раствор, так что действие не прекращается, и металл непрерывно проявляет положительное состояние.

2035. Сюда же относятся: действие приставшей пленки жидкости, на которое я уже указывал в случаях с оловом (1919) и кадмием (1918), некоторые результаты с двумя металлами в горячей и холодной кислоте (1966) и, наконец, те случаи, в которых металл в нагретой кислоте становился отрицательным по отношению к этому же металлу в холодной кислоте (1953 и сл.). Последнее явление может быть прекрасно иллюстрировано двумя кусками свинца в разведенной азотной кислоте: если их оставить на короткое время, то стрелка будет стоять почти на 0° , но если подогреть один конец, металл станет там отрицательным до 20°

или более, и это будет продолжаться до тех пор, пока продолжается нагревание. При охлаждении этой стороны и нагревании другой, тот кусок свинца, который был раньше положительным, теперь станет в свою очередь отрицательным. Опыт можно повторить любое число раз.

2036. При изменении химического действия изменяется и ток. Это можно показать на примере с двумя кусками одного и того же активного металла в одной и той же жидкости. Так, если два куска серебра соединить друг с другом в пару в крепкой соляной кислоте, то вначале положительным будет один из них, а затем другой; изменения в направлении тока будут не замедленные, как бы от постепенного действия, а чрезвычайно резкие и внезапные. Еще пример: если серебро и медь соединить в пару в разведенном растворе сернистого калия, медь будет химически активна и положительна, а серебро останется чистым — до тех пор, пока внезапно медь не перестанет действовать, и тогда серебро мгновенно покроется сернистым налетом, указывая этим на начало химического действия на нем, а стрелка гальванометра перескочит на 180° . Два куска серебра или меди в растворе сернистого калия производят такое же действие.

2037. Если опыт производится с металлами, которые неактивны в обычно употребляемых жидкостях, а последние не испытывают изменений с течением времени от других причин — таких как нагревание и т. д. (1838, 1937), — то никаких токов и, конечно, никаких изменений в их направлении не происходит.

2038. Там, где нет химического действия, не возникает и тока. По отношению к обычным твердым проводникам это — хорошо известный факт как при металлах, так и при других веществах (1867). Было показано, что это верно и тогда, когда опыты производились с жидкими проводниками (электролитами) — во всех случаях, когда они не оказывали химического действия, хотя

брались такие различные вещества, как кислоты, щелочи и сульфиды (1843, 1853, 1825, 1829). Это весьма поразительные факты.

2039. Но ток возникает в тот момент, когда начинается химическое действие. Это положение может быть хорошо иллюстрировано следующим опытом. Постройте такой прибор, как на рис. 164: обе трубки наполнены одной и той же чистой, светлой крепкой азотной кислотой; две платиновых проволоки p, p соединены друг с другом через гальванометр, а проволока i — железная.

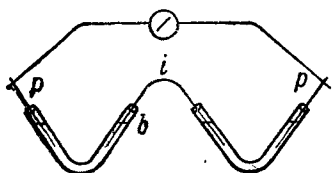


Рис. 164.



Рис. 165.

Прибор является только другой формой простого прибора, изображенного на рис. 165, где так же, как в одном из прежних опытов (889), две пластины из железа и платины помещены параллельно, и на каждом конце разделены каплей крепкой азотной кислоты. Пока все находится в этом состоянии, ни в одном из приборов не возникает тока; но если у b (рис. 165) добавить одну каплю воды, то начинается химическое действие и возникает сильный ток, хотя тут нет ни нового металлического, ни какого-либо другого дополнительного контакта. Чтобы наблюдать это в приборе, изображенном на рис. 164, у b была введена капля воды. Вначале не было ни химического действия, ни электрического тока, несмотря на то, что там имелась вода; таким образом контакт с водой ничего не давал; затем воду и кислоту помешали концом проволоки i ; через несколько мгновений наступила настоящая химическая реакция; железо в месте действия стало выделять азотистый газ; одновременно в этом же месте оно приобрело положительное состояние и вызвало сильный электрический ток.

2040. Когда химическое действие, которое производило или могло бы произвести ток в одном направлении, меняет последнее (или прекращается), ток тоже меняет направление (или прекращается).

2041. Это — принцип или результат, который особенно поразительно подтверждает химическую теорию гальванического возбуждения; он иллюстрируется многими важными фактами. Вольта в 1802 г.¹ показал, что кристаллическая *перекись марганца* сильно отрицательна по отношению к цинку и подобным ему металлам, давая, согласно его теории, электричество цинку в точке их контакта. Беккерель тщательно изучал этот вопрос в 1835 г.² и пришел к заключению, высказанному, правда, сдержанно, что факты благоприятствуют теории контакта. В следующем году тот же вопрос³ исследовал де ля Рив и показал, к моему большому удовольствию, что перекись в это время подвергается химическому изменению и теряет кислород, — изменению, находящемуся в полном соответствии с направлением тока, который оно производит.

2042. Перекись, взятая в соединении с платиной в зеленой азотистой кислоте, дает ток и отрицательна по отношению к платине, теряя в то же время кислород и превращая азотистую кислоту в азотную; это изменение легко обнаружить обычным химическим опытом. В азотной кислоте окись отрицательна по отношению к платине, но ее отрицательное состояние сильно возрастает, если к кислоте прибавить немного спирта, так как это вещество помогает восстановлению окиси. Когда она образует цепь с платиной в растворе едкого кали, небольшое добавление спирта особенно благоприятствует усилению тока по той же причине. Если перекись и платина образуют цепь с раствором сернистого калия,

¹ Annales de Chimie, 1802, XL, стр. 224.

² Там же, 1835, LX, стр. 164, 171.

³ Там же, 1836, LXI, стр. 40; и Bibliothèque Universelle, 1836, I, стр. 152, 158.

перекись, как и можно было ожидать, становится сильно отрицательной.

2043. В 1835 г. г. Мунке¹ заметил поразительную способность перекиси свинца вызывать такие же явления, как и перекись марганца, а г. де ля Рив в 1836 г. не замедлил установить их связь с соответствующими химическими изменениями.² Г-н Шенбейн не признает этого заключения; на явлениях, даваемых этим веществом, и на его неактивности с азотной кислотой³ он основывает свое представление о «токах тенденции». Мои собственные результаты подтверждают результаты г. де ля Рива, ибо прямым опытом я нахожу, что такие вещества, как азотная кислота, действуют на перекись. Едкое кали и чистая крепкая азотная кислота при кипячении с перекисью свинца легко растворяли ее, образуя протонитрат свинца. Разведенная азотная кислота была приготовлена и разделена на две порции; одна была испытана раствором сероводорода и не дала признаков свинца; другая была смешана с небольшим количеством перекиси свинца (1822) при обычной температуре, а через час профильтрована и испытана таким же способом; при этом оказалось, что она содержит свинец в изобилии.

2044. Перекись свинца отрицательна по отношению к платине в растворах простой соли и едкого кали, т. е. в веществах, о которых можно было бы думать, что они на нее химически не действуют. Но прямые опыты показывают, что они действуют на нее в степени, достаточной для того, чтобы давать все явления. Быстрое уменьшение силы развиваемого тока сейчас же после погружения является дальнейшим доказательством того, что в гальванической цепи, построенной из этих тел, ток имеет химическое происхождение.

¹ Bibliothèque Universelle, 1836, I, стр. 160.

² Там же, I, стр. 154, 162.

³ Philosophical Magazine, 1838, XII, стр. 226, 311, и Bibliothèque Universelle, 1838, XIV, стр. 155.

2045. Весьма мощную цепь из перекиси свинца, платины и одной жидкости я получил, когда в качестве соединяющей жидкости пользовался раствором желтого сернистого калия. Чтобы с удобством производить эти опыты, я приготовлял из перекиси и небольшого количества дистиллированной воды тонкую мягкую пасту. При помощи стеклянной палочки я равномерно покрывал нижний конец платиновой пластинки этой пастой; ее слой должен был быть только такой толщины, чтобы покрыть всю пластинку. Затем пластинка высушивалась и, наконец, сравнивалась в испытуемом электролите с чистой платиновой пластинкой. Если платиновая пластинка была покрыта не вся, возникали местные электрические токи (1120), которые мешали результату. Таким путем легко показать, что перекись отрицательна по отношению к платине как в растворе сернистого калия, так и в азотной кислоте. Сурик давал те же результаты в обеих этих жидкостях.

2046. Пользуясь этим же сернистым раствором, можно получить такое же доказательство в пользу химической теории с протоксидами, как раньше с перекисями. Так, небольшое количество чистого протоксида свинца, полученное из нитрата с помощью нагревания и плавления, было нанесено на платиновую пластинку (2045) и оказалось сильно отрицательным по отношению к металлической платине в растворе сернистого калия. Белый свинец, испытанный таким же образом, принимал, как оказалось, такое же состояние. Любое из этих веществ при его сравнении с платиной в разведенном растворе азотной кислоты было, наоборот, сильно положительно.

2047. Такое же явление хорошо наблюдается при действии окисленного железа. Если железную пластинку окислить нагреванием и получить при этом окисел такой агрегации и такого состояния, что на него почти или даже совсем не действовал сернистый раствор, то ток очень мал или его совсем нет, т. е. такой окисел в растворе ведет

себя как платина (1840). Но если железную пластинку окислить на воздухе или смочить и просушить, или же смочить небольшим количеством разведенной азотной или серной кислоты, а затем промыть сначала в растворе аммиака или едкого кали, а потом в дистиллированной воде и просушить; или если ее смочить раствором едкого кали, нагреть на воздухе и затем хорошо вымыть в дистиллированной воде и высушить, то такое железо в паре с платиной и в сернистом растворе будет давать сильный ток до тех пор, пока весь окисел не восстановится; железо во все это время будет отрицательно.

2048. Кусок ржавого железа в том же растворе сильно отрицателен. Такова же и платиновая пластинка, покрытая протоксидом или перекисью, или природным карбонатом железа (2045).

2049. Этот результат является одним из тех эффектов, которых надо было остерегаться в описанных ранее опытах (1826, 1888). Если железную пластинку, которая на вид чиста, опустить в разбавленный раствор сернистого калия, то она будет сперва отрицательна по отношению к платине, затем нейтральна и, наконец, обычно — слабо положительна; если ее опустить в крепкий раствор, она будет сперва отрицательна, а затем станет нейтральной и такой останется. Ее нельзя очистить шкуркой настолько хорошо, чтобы она не становилась отрицательной при погружении, но чем ближе к опыту и чем лучше пластинка была вычищена, тем меньше времени продолжается это состояние. Это действие является следствием моментального окисления поверхности железа во время его кратковременного нахождения на воздухе и последующего восстановления этой окиси раствором. Тот, кто учитывает свойства железа, не может рассматривать этот результат как неестественный. Чистое губчатое железо самовоспламеняется на воздухе; а только что вычищенная пластинка, если ее погрузить в воду или подышать на нее, или просто выставить ее на воздух,

дает на один момент запах водорода. Тонкая пленка окиси, которая может образоваться за время мгновенной экспозиции на воздух, вполне достаточна поэтому для того, чтобы объяснить появление электрического тока.

2050. Для дальнейшего доказательства справедливости этих объяснений я погружал железную пластинку в раствор сернистого калия и тер ее там куском дерева, которое предварительно в течение некоторого времени вымачивалось в этом же растворе. Тогда железо оказывалось нейтральным или очень слабо положительным по отношению к платине в той же цепи. Пока оно было еще связано с платиной я опять потер его деревом, чтобы создать свежую поверхность контакта; оно не стало отрицательным, а продолжало оставаться в самой слабой степени положительным, показывая этим, что прежний отрицательный ток был лишь временным явлением; последнее объяснялось поверхностной пленкой окиси, которой железо обволоклось на воздухе.

2051. Никель, повидимому, подвержен тому же действию, что и железо, хотя в гораздо меньшей степени. Все явления протекали параллельно, и тот способ, которым я доказывал свое объяснение в случае железа (2050), был мною повторен и с никелем. Результат получился тот же.

2052. Итак, все эти явления с протоксидами и перекисями согласно объясняют производимый ток химическим действием; они показывают не только, что ток зависит от действия, но также и то, что направление тока зависит от *направления*, которое химическое средство заставляет принять возбуждающий или электродвижущий анион. И я думаю, что наиболее поразительным обстоятельством является следующее: тела, которые производят ток, когда могут действовать и действуют химически, совершенно лишены этой силы в тех случаях, когда существует *один только контакт* (1869), хоть и являются превосходными проводниками электричества и могут легко передавать токи, вызванные другими, более действенными средствами.

2053. При таком множестве доказательств действительности и достаточности химического действия, какое было дано (1878, 2052), при таком большом количестве цепей с током без металлического контакта (2017) и при таком большом количестве цепей без тока, но с металлическим контактом (1867), какое же может быть основание для того, чтобы в случаях, когда одновременно встречаются и химическое действие и контакт, объяснять действие контактом или чем-либо другим, а не одной только химической силой? Подобное объяснение кажется мне в высшей степени ненаучным; это значит устранять доказанную и действительную причину для того, чтобы принять вместо нее другую, совершенно гипотетическую.

ГЛАВА IX

Термоэлектрическое доказательство

2054. Термоэлектрические явления — это прекраснейшее открытие Зеебека — неоднократно, вплоть до недавних дней, привлекались для доказательства электродвижущего влияния контакта между металлами и подобными им твердыми проводниками¹ (1809, 1867). Очень кратко рассмотрения вопроса будет, я думаю, достаточно, чтобы показать, какую слабую поддержку это явление оказывает теории, о которой идет речь.

2055. Если контакт металлов оказывает какое-либо возбуждающее влияние в гальванической цепи, тогда мы едва ли можем сомневаться, что термоэлектрические токи происходят от той же самой силы, т. е. от нарушения из-за местной температуры уравновешенных сил различных контактов в металлической или подобной цепи. Те, кто ссылаются на термоэффект как на доказательство действия контакта, должны, конечно, согласиться с этим мнением.

¹ См. слова Фехнера: *Philosophical Magazine*, 1838, XIII, стр. 206.

2056. Допуская силу контакта, мы можем затем принять, что нагревание либо увеличивает, либо уменьшает электродвижущую силу контакта. В самом деле, если на рис. 166 A — сурьма и B — висмут, нагревание, производимое у x , вызывает ток, проходящий в направлении стрелки; если предположить, что висмут в контакте с сурьмой стремится стать положительным, а сурьма — отрицательной, тогда нагревание уменьшает эффект. Но если предположить, что у висмута имеется стремление стать отрицательным, а у сурьмы — стать положительной, тогда нагревание должно увеличивать эффект. Как решить, который из этих двух взглядов приемлем, — мне не ясно; ибо в области самых явлений термоэлектричества мы не найдем ни одного, которое позволило бы нам установить это посредством гальванометрических наблюдений.

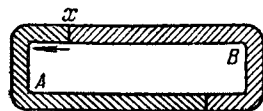


Рис. 166.

2057. Если для этой цели мы обратимся к гальванической цепи, то там положение сурьмы и висмута меняется в зависимости от того, какой проводящей жидкостью мы пользуемся (2012): сурьма отрицательна по отношению к висмуту с кислотами, но положительна по отношению к нему со щелочами и с сернистым калием; к тому же они, как оказывается, расположены *почти рядом* в ряду металлов. В термоэлектрическом ряду они, наоборот, занимают места на *противоположных концах* ряда; они настолько различаются друг от друга, или настолько противоположны друг другу, как это только возможно. Эта разница была давно указана профессором Каммингом;¹ как это согласовать с контактной теорией гальванического элемента?

2058. Далее, если составим термоцепь (рис. 167) из серебра и сурьмы и нагреем спай x , то возникнет ток, который пойдет от серебра к сурьме. Если построить термоцепь.

¹ Annals of Philosophy, 1823, VI, стр. 177.

из серебра и висмута (рис. 168) и нагреть спай x , то ток пойдет от висмута к серебру; и если предположить, что нагревание увеличивает силу контакта (2056), то эти результаты дадут направление контактной силы между нашими металлами *сурьма* ← *серебро* и *висмут* → *серебро*. Но в гальваническом ряду ток идет от *серебра* и к сурьме и к висмуту в их точках контакта при любой жидкости: при разведенной серной или азотной кислоте, при крепкой азотной кислоте, при растворе едкого калия (2012); так что металлический контакт, так же как и в термических цепях, играет здесь



Рис. 167.



Рис. 168.

при всех обстоятельствах *весьма малую* роль. В желтом сернистом калии ток идет и от сурьмы и от висмута к *серебру* через их контакты: результат, столь же несогласный с термическим эффектом, как и предыдущий. Если воспользоваться для замыкания гальванической цепи бесцветным гидросульфидом, то ток в точках их контакта идет от висмута к серебру и от серебра к сурьме; в то же время с крепкой соляной кислотой получается как раз обратное направление, потому что тут ток идет от серебра к висмуту и от сурьмы к серебру.

2059. Затем в тепловых рядах медь дает ток по направлению к золоту; олово и свинец дают токи к меди, родию и золоту; цинк дает ток к сурьме, железу и к графиту; а висмут дает ток к никелю, кобальту, ртути, серебру, палладию, золоту, платине, родию и графиту; все — *в точке контакта* между металлами; но эти токи оказываются как раз противоположны тем, которые производятся этими же металлами, когда из них построены гальванические цепи с возбуждением обычными кислыми растворами (2012).

2050. Наряду с этим возникает и множество других противоречий при сравнении, согласно теории, действия термоконтакта и гальванических контактов; единственная возможность их разрешения заключается в том, чтобы предположить какое-то специфическое действие контакта воды, кислот, щелочей, сульфидов и других возбуждающих электролитов на каждый металл. Эта предполагаемая сила контакта совершенно не похожа на термо-металлический контакт, так как она не обладает уравновешенным состоянием в замкнутой цепи при одинаковых температурах; но, мало того, она не обнаруживает с ним родства и в отношении *порядка* между испытываемыми металлами. Так, у висмута и сурьмы, которые (в термоэлектрическом ряду) стоят друг от друга далеко, это особое свойство кислого контакта должно быть сильно развито в направлении противоположном [термоэлектрическому], чтобы превратить их в весьма слабую гальваническую пару при соединении друг с другом; а что касается серебра, которое стоит между оловом и цинком, то для него требуются не только такие же отступления; да, к тому же, как велико должно быть это действие его несурьманого контакта, чтобы он мог так полно, как это показывает опыт, пересилить и с силой обратить в противоположную сторону те разности, которые металлы (по теории контакта) стремятся произвести!

2061. Дальнейшее противоречие с подобным предположением мы усмотрим, если вспомним, что хотя ряд термоэлектрических тел отличается от обычного гальванического порядка (2012), однако он превосходно согласован внутри самого себя. Так, если железо и сурьма образуют друг с другом слабую термопару, а висмут с железом — сильную, то висмут даст сильную пару и с сурьмой. Далее, если электрический ток проходит у нагретого спая от висмута к родию, а также от родия к сурьме, то он гораздо сильнее пойдет у нагретого спая от висмута к сурьме. Чтобы в какой-то мере согласоваться с этим простым и верным соотношением,

серная кислота не должна быть столь энергичной с железом или оловом, не должна быть мало энергична в то же время с серебром, как это имеет место в гальванической цепи, поскольку эти металлы расположены в термическом ряду недалеко друг от друга; она не должна также быть гальванически почти одинаковой по отношению к платине и золоту, поскольку в терморяду они стоят друг от друга весьма далеко.

2062. Наконец, в термоцепи имеется такое отношение к теплу, которое показывает, что для каждого количества развитой электрической силы имеется соответствующее изменение другой силы или рода силы, именно тепла, способного обусловить его. Это показывают взятые совместно опыты Зеебека и Пельтье. Но контактная сила — это сила, которая должна произвести что-то из ничего; впрочем, этот результат теории контакта можно будет лучше показать немного далее (2069, 2071, 2073).

2063. Какое же тогда доказательство простого конкретного возбуждения можно вывести из данных о термоэлектричестве, если, как мы видели, силу приходится относить на счет служившей для опыта кислоты или другого электролита (2060) и если ее приходится не только заставлять неопределенно меняться для каждого металла, но и меняться притом именно в полном соответствии с изменениями химического действия (1874, 1956, 1992, 2006, 2014)?

2064. Сторонники теории контакта считают, видимо, что на защитников химической теории ложится обязанность объяснить явления термоэлектричества. Я не могу понять, какое отношение имеет цепь Зеебека к гальваническому элементу, и думаю, что исследования Беккереля¹ вполне достаточны для того, чтобы считать это заключение обоснованным.

¹ Annales de Chimie, 1829, XLI, стр. 355; XLVI, стр. 275.

ГЛАВА X

Неправдоподобность предположения о контактной природе силы

2055. Итак, я представил некоторое количество экспериментальных фактов и вытекающих из них выводов, способных, как мне кажется, содействовать разъяснению спорного вопроса в дополнение к утверждениям и доводам великих людей, которые уже ранее высказывали свои заключения и мнения в пользу химической теории возбуждения в гальваническом элементе и против теории контакта. Я хочу напоследок привести еще один довод, основывающийся на ненаучности, по моему, той силы, с которой связывает эти явления контактная теория.

2056. Теория предполагает (1802), что там, где соприкасаются два различных металла (или вообще тела), разнородные частицы действуют одна на другую и возбуждают противоположные состояния. Я не отрицаю этого, а, напротив, думаю, что такое взаимодействие между смежными частицами имеет место во многих случаях, например, как подготовка к действию в обычных химических явлениях, а также как подготовка к тому акту химического соединения, который в гальванической цепи вызывает ток (1833, 1743).

2067. Но контактная теория исходит из мысли, что эти частицы, которые таким образом, благодаря своему взаимодействию, приобрели противоположные электрические состояния, могут разряжать эти состояния друг на друга, оставаясь, однако, в том же состоянии, в котором они были первоначально, и что все происшедшее оставило их *во всех отношениях* совершенно неизменными. Она предполагает также, что эти частицы, сделавшись благодаря своему взаимодействию положительными или отрицательными, могут, пока находятся под эгим индуктивным действием, передавать свой заряд частицам одинаковой с ними материи и таким образом производить ток.

2068. Это ни в каком отношении не согласуется с известными действиями. Будем говорить о химических явлениях: возьмем два вещества, например кислород и водород; можем себе представить, что их частицы, по одной каждого вещества, помещенные вместе и подвергнутые нагреванию, индуцируют на своих противолежащих поверхностях противоположные состояния, согласно, может быть, взглядам Берцелиуса (1739), и что эти состояния, возбуждаясь все более и более, приводят в конце концов к взаимной разрядке сил, а частицы оказываются вполне соединенными и неспособными к повторению действия. Пока они находятся под индуктивным влиянием и до наступления окончательного действия, они не могут сами собой потерять это состояние, однако, устраняя *причину* этого возросшего индуктивного влияния, именно тепло, можно понизить и самое явление, вплоть до первоначального состояния. Если действующие частицы входят в состав электролита, то они могут производить движение силы (921, 924) пропорционально количеству израсходованной химической силы (868).

2069. Но теория контакта, которая вынуждена в согласии с фактами допускать, что действующие частицы не изменяются (1802, 2067) (потому что иначе это была бы химическая теория), принуждена допустить также, что сила, которая способна заставить две частицы принять известное состояние друг относительно друга, неспособна заставить их *удержать* это состояние; таким образом она отрицает в сущности великий принцип естествознания, который гласит, что причина и следствие равны друг другу (2071). Положим, что частица платины, соприкасаясь с частицей цинка, добровольно отдает часть своего электричества цинку, потому что последний своим присутствием заставляет платину принять отрицательное состояние; спрашивается, почему же частица платины станет брать электричество от какой-либо другой частицы платины, позади себя, раз это будет только способствовать разрушению того самого состояния, к которому

цинк ее только что принудил? Не так происходит дело в случае обычной индукции (а Марианини допускает, что контактное действие может происходить через воздух и через измеримые расстояния¹); ибо в этом случае шар, сделавшийся благодаря индукции отрицательным, не будет брать электричества от окружающих тел, как бы мы ни нарушали его изоляцию; а если мы станем принуждать электричество войти в него, то оно будет как бы отталкиваться от него с силой, эквивалентной силе индуцирующего тела.

2070. Или предположим лучше, что частица цинка своим индуктивным действием стремится сделать частицу платины положительной, а последняя, находясь в соединении с землей через другие платиновые частицы, заберет с них электричество и таким образом примет положительное состояние; зачем же ей передавать это состояние цинку, тому самому веществу, которое, заставляя платину принять это состояние, должно, конечно, быть способным его поддерживать? И если цинк стремится сделать платиновую частицу положительной, почему электричество не перейдет к платине от цинка, который находится в таком же контакте с ней, как и соседние платиновые частицы? А если частица цинка в контакте с платиной стремится стать положительной, почему электричество не протекает к ней из частиц цинка, находящихся позади нее, так же как из платины?² Никакой достаточно правдоподобной или научно обоснованной причины предполагаемого действия не указывается; не дается объяснения, почему не может происходить то или другое из последующих

¹ *Memorie della Società Italiana in Modena*, 1827, XXI, стр. 232, 233 и т. д.

² Я рассуждал для простоты таким образом, как будто один металл активен, а другой пассивен при возбуждении этих индуцированных состояний, а не так, как предполагает теория, т. е. что оба они как бы взаимно подчиняются друг другу. Но это не уменьшает силы доводов, тогда как если бы мы попытались дать полное изложение одновременных изменений на обеих сторонах, это затемнило бы возникающие возражения, которые, впрочем, одинаково сильны при любой точке зрения.

явлений, упомянутых выше; и, как я уже много раз говорил, я не знаю ни одного факта, ни одного случая контактного тока, на который теория при отсутствии такой правдоподобной причины могла бы опереться.

2071. В самом деле, контактная теория допускает, что сила, способная преодолеть мощное сопротивление, например сопротивление проводников, хороших или дурных, через которые проходит ток, а также сопротивление электролитического действия, когда последним разлагаются тела, — что эта сила может, будто бы, возникнуть из ничего, что без всякого изменения действующей материи или без расхода какой-либо производящей силы может производиться ток, который будет вечно идти против постоянного сопротивления и может быть остановлен только (как в гальванической ванне) продуктами разрушения, нагромождающимися благодаря его действию на его же собственном пути. Это было бы поистине сотворением *силы*, и это не похоже ни на какую другую силу в природе. Мы имеем много процессов, при которых форма силы может претерпеть такие изменения, что происходит явное *превращение* ее в другую. Так, мы можем превратить химическую силу в электрический ток или ток в химическую силу. Прекрасные опыты Зеебека и Пельтье показывают взаимную превращаемость теплоты и электричества; а опыты Эрстеда и мои собственные показывают взаимную превращаемость электричества и магнетизма. Но ни в одном случае, даже с электрическим угрем и скатом (1790), нет чистого сотворения силы; нет производства силы без соответствующего израсходования чего-либо, что питает ее.¹

¹ (Примечание, 20 марта 1840 г.). К сожалению, я не знал раньше об очень важном подтверждении этого философского довода, которое содержится в мнении д-ра Роджета, высказанном в его трактате о гальванизме (в Library of Usefull Knowledge) и датированном январем 1829 г. Д-р Роджет, основываясь на научных фактах, поддерживает химическую теорию возбуждения; то замечательное заявление, которое я хочу привести, содержится в § 113 статьи о гальванизме. Говоря о вольтовой теории контакта, он пишет: «Если для ее опровержения нужны еще

2072. Необходимо всегда помнить, что химическая теория исходит из силы, существование которой доказано, и затем следит за изменениями этой силы, редко прибегая к таким гипотезам, которые не опирались бы на тот или иной соответствующий случаю простой химический факт. Контактная же теория исходит из гипотезы, к которой она добавляет другие, по мере того как этого требуют отдельные факты, вплоть до того, что в конце концов контактная сила перестает быть чем-то устойчивым и неизменным, какой первоначально мыслил ее Вольта, и становится столь же изменчивой, как и сама химическая сила.

2073. Если бы все было иначе, чем оно есть на самом деле, и если бы теория контакта была истинна, тогда, как мне представляется, пришлось бы отвергнуть равенство причины и следствия (2063). Тогда вечное движение также стало бы истиной; и было бы совсем не трудно с помощью первого попавшегося электрического тока, полученного одним контактом, создать электромагнитный прибор, который по сугубо дела давал бы механические эффекты вечно.

Королевский институт.

29 декабря 1839 г.

какие-либо доводы, то сильное доказательство можно почерпнуть из следующих соображений. Положим, что действительно существует сила, обладающая тем свойством, которое приписывается ей этой гипотезой, а именно способностью непрерывно давать некоторой жидкости импульс в одном и том же направлении, не истощаясь собственным действием. Тогда эта сила существенно отличалась бы от всех других известных сил природы. Когда силы и источники движения, с функционированием которых мы знакомы, производят свойственные им действия, то все они расходуются в прямой пропорциональности к произведенным действиям; и отсюда проистекает невозможность получить в результате их деятельности вечное действие, или, другими словами, вечное движение. Но электродвижущая сила, которую Вольта приписывает металлам, находящимся в контакте, — это такая сила, которая — покуда открыт свободный путь приводимому ею в движение электричеству — никогда не иссякает и, непрестанно возбуждаемая с неумещающей мощностью, дает непрекращающийся эффект. Подобное предположение лишено какого-то бы то ни было вероятия» (*Роджет*).

2074. *Примечание.* В одной из предыдущих работ (925 и сл.) я высказался против мнения, что некоторая часть электричества в гальваническом элементе вызывается соединением окиси цинка с серной кислотой, и утверждал, что, — тут я соглашался с сэром Гемфри Дэви, — кислоты и щелочи не развивают при своем соединении больших количеств электричества, если не являются составными частями электролитов.

Я хотел бы внести поправку: элемент Беккереля является, на мой взгляд, превосходным доказательством того, что при соединении кислоты и щелочи появляется электрический ток.¹

Я полагаю, что д-р Мор из Кобленца показал, — думается мне, — что из всех кислот одна только азотная может производить электрический ток при своем соединении со щелочами.²

Я со своей стороны сделал исключение для гидрокислот (929), из теоретических соображений. Я допустил также, что кислородные кислоты, находясь в растворах, могут давать слабые электрические токи (928 и *примечание*); а Якоби говорит, что в усовершенствованном кислотно-щелочном элементе Беккереля проявляется в виде тока только тридцатая доля всей мощности. Но теперь я хочу сказать следующее: я не думаю, чтобы в гальванической батарее, сила которой зависит от окисления цинка, количество электричества вообще увеличивалось или чтобы на него влияло соединение окиси с кислотой (933, 945), но все же последнего обстоятельства нельзя совсем не принимать во внимание. Исследования г. Даниэля о природе сложных электролитов³ связывают друг с другом электролизацию соли и ту воду, в которой она растворяется, в такой мере, что почти доказывают существование такой же связи в тех случаях, когда в месте возбуждения гальванической цепи *образуется* соль; и я почти не сомневаюсь в том, что соединенные действия воды, кислот и оснований в батарее Беккереля, в электролизах Даниэля и на цинке в обычном действующем элементе в принципе тесно связаны друг с другом.

¹ Bibliothèque Universelle, 1838, XIV, стр. 129, 171, Comptes Rendus, I, стр. 455; Annales de Chimie, 1827, XXXV, стр. 122.

² Philosophical Magazine, 1838, XIII, стр. 382; или Poggendorf's Annalen, XLII, стр. 76.

³ Philosophical Transactions, 1839, стр. 97.

ВОСЕМНАДЦАТАЯ СЕРИЯ

Раздел 25. Об электричестве, развивающемся при трении воды и пара о другие тела.

Поступило 26 января. Доложено 2 февраля 1843 г.

РАЗДЕЛ 25

Об электричестве, развивающемся при трении воды и пара о другие тела

2075. Два года тому назад г. Армстронг и др.¹ описали опыт, который показывал, что при выходе на воздух струи пара под высоким давлением обильно производится электричество. Источник электричества установлен не был. Но было предположено, что явление вызывается испарением или переменой состояния воды, и что оно имеет прямое отношение к атмосферному электричеству. С мая последнего года, в различные периоды времени, я работал над этим вопросом, и хоть вижу, что г. Армстронг в недавних своих сообщениях опередил меня, опубликовав некоторые результаты, полученные и мною, однако Королевское общество сочтет все же, может быть, достойным своего внимания краткий отчет о моих результатах и выводах, которые затрагивают еще много других важных вопросов.

2076. Прибор, которым я пользовался, не мог давать мне больших количеств пара или высокого давления, но я счел его достаточным для моей задачи; таковой являлось иссле-

¹ Philosophical Magazine, 1840, XVII, стр. 370, 452 и др.

дование явления и его причины, а вовсе не увеличение электрической отдачи. Г-ну Армстронгу, как это видно из его недавней статьи, хорошо удалось последнее.¹ Кипятильник, которым я пользовался, принадлежал Лондонскому институту; он вмещал около десяти галлонов воды и допускал испарение пяти галлонов. К нему была приделана трубка длиной в четыре с половиной фута, на конце которой был большой кран и металлический шар (рис. 169) емкостью в тридцать два кубических дюйма; я буду называть его

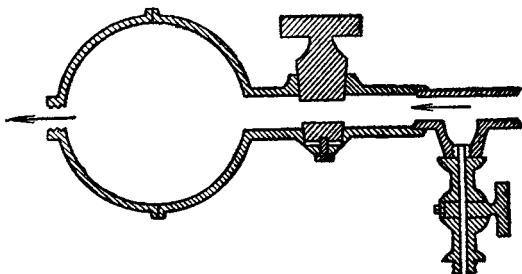


Рис. 169. Паровой шар (2076), главный паровой кран и отводной кран для выпуска воды, сконденсировавшейся в трубке. Струя пара и т. д. проходит по направлению стрелки.

паровым шаром; к нему при посредстве патрубков можно было присоединять различного рода приборы, дававшие выход выделявшемуся пару.² Так, к паровому шару можно было прикрепить кран, служивший экспериментальным выводом для пара; или в него можно было ввинтить деревянную трубку или хорошую пробку, а в последнюю вставить небольшую металлическую или стеклянную трубку (рис. 174). В этих случаях паропровод шара и трубка, ведущая к кипятильнику, были так широки, что их можно было рассматривать как часть кипятильника, а упомянутые выпускные

¹ Philosophical Magazine, 1843, XXII, стр. 1

² Этот шар и части прибора представлены [на рисунках] в масштабе одна четверть.

приспособления — как препятствия, которые, задерживая выход пара, создавали более или менее значительное трение.

2077. Другая выпускная часть состояла из металлической трубки с металлической воронкой на конце и конуса, вдвигавшегося в воронку при помощи винта то более, то менее, с тем чтобы пар, вырываясь наружу, ударялся о конус (рис. 170). Конус мог быть либо электрически соединен с воронкой и кипятильником, либо изолирован.



Рис. 170. Конусный прибор (2077), одна из его форм. Конус можно было двигать вперед и удалять посредством нарезанной головки и винта.

2078. Другой наконечник состоял из трубки с краном и питательной трубкой, прикрепленной к верхней ее части — с помощью этого наконечника можно было вводить любую жидкость в проход, из которого она затем захватывалась паром (рис. 171).

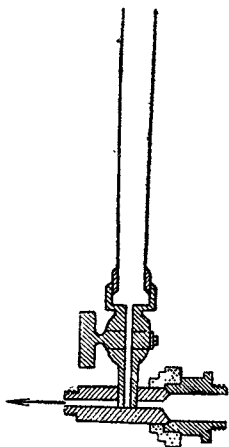


Рис. 171. Питательный прибор (2078). Питателем служили стеклянная трубка или голая реторта, вставленные на пробке в головку питательного крана. Другие приборы, показанные на рис. 170, 173, 174, можно было присоединять к данному прибору при помощи соединительной части.

2079. В последнем наконечнике была построена небольшая цилиндрическая камера (рис. 172), в которую можно было вводить различные жидкости, так что, когда краны были открыты, пар, выходящий из паро-

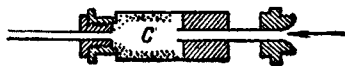


Рис. 172. Камера С (2079), присоединяемая на пробке к металлической трубе, предварительно ввинченной в паровой шаб; снабжена металлической трубкой и регулирующей частью, которые ввинчены в ее отверстие. Другие части, как конус (рис. 2) или деревянные, или стеклянные трубки (рис. 5, 6), можно было соединять с этой камерой.

вого шара (2076), попадал в эту камеру и захватывал с собой то, что в ней находилось; дальше все вместе попадало к вы-

ходу или к конусу (2077), смотря по тому, как был скомбинирован прибор. Эту небольшую камеру я буду всегда называть камерой С.

2080. Я работал с давлением пара от восьми до тринадцати дюймов ртути, т. е. около двух пятых атмосферы, не выше.

2081. Кипятильник был изолирован на трех небольших брусках из шеллака, а дымоход присоединялся при помощи воронкообразной трубки, которую можно было по желанию убирать. Топливом служили кокс и древесный уголь; изоляция была настолько хороша, что если я намеренно заряжал кипятильник и присоединял его к электрометру с золотыми листками, то расхождение листков не изменялось ни при наличии большого огня, ни при обильном отходе продуктов сгорания.

2082. Если выходящий пар возбуждает электричество, то есть два способа изучать это явление: можно наблюдать либо за изолированным кипятильником, либо за паром, но их состояния всегда противоположны друг другу. Я присоединял к кипятильнику как электрометр с золотыми листками, так и разрядный электрометр. Первый отмечал наличие заряда, недостаточного для искры, а второй — по числу искр в данный промежуток времени — производил измерение образующегося электричества. Для того чтобы наблюдать состояние пара, можно либо прогонять его через широкую изолированную трубку, в которой находится несколько перегородок из проволочной сетки, служащих для разрядки пара, либо направлять клубы пара ближе к электрометру, на который он действует через индукцию; либо класть на его пути проволоки и пластинки из проводящего материала и таким образом разряжать его. Изучать состояние кипятильника или вещества, у которого пар возбуждается, гораздо удобнее, как заметил г. Армстронг, чем гоняться за электричеством в самом паре; в этой статье, во всех случаях, не оговоренных особо, я буду описывать состояние первого.

2083. Переходя к причине возбуждения, я прежде всего должен заявить, что оно, как я убедился, не вызывается ни испарением, ни конденсацией: ни то, ни другое на него не влияет. Пусть в некоторый момент пар достиг полного давления; если внезапно поднять и вынуть клапаны, в кипятильнике не возбуждается электричества, хоть испарение становится временно очень большим. Далее, если зарядить кипятильник от натертой смолы, а затем открыть клапан, открытие клапана и последующее испарение не оказывают на этот заряд никакого влияния. Я научился устраивать выводные отверстия для пара так, что они давали его в любом состоянии: в положительном, отрицательном или нейтральном (2102, 2110, 2117); присоединяя их к паропроводу, я по желанию мог делать кипятильник тоже либо положительным, либо отрицательным, либо нейтральным при том же паре и при том же испарении. Таким образом ясно, что возбуждение электричества не зависит от испарения или от изменения состояния.

2084. Выход *одного пара* недостаточен для развития электричества.¹ Чтобы иллюстрировать это, я могу сказать, что прибор с конусом (2077) является прекрасным возбудителем: а также и трубка из буксового дерева (2102, рис. 173), смоченная водой и ввинченная в паровой шар. Если при наличии одного из этих приспособлений паровой шар (рис. 169) не будет содержать воды и потому будет улавливать и задерживать ту воду, которая конденсируется из пара, тогда, после первого момента (2089) и пока прибор горяч, выходящий пар не будет возбуждать электричества; но когда паровой шар полон настолько, что остаток конденсирующейся воды увлекается вместе с паром, электричество



Рис. 173. Трубка из буксового дерева (2102).

¹ Г-н Армстронг тоже установил, что для большого выхода электричества существенна вода. *Philosophical Magazine*, XXII, стр. 2.

появляется в избытке. Если затем вылить воду из шара, электричество прекращается; но если наполнить шар до нужной высоты, оно немедленно появляется в полной силе. Так, при применении питательного прибора (2078), пока в проходной трубе не было воды, не было и электричества; но, если пустить в нее воду из питателя, электричество немедленно возбуждается.

2085. Электричество вызывается всецело трением увлекаемых паром частиц воды об окружающее твердое вещество прохода или о то, которое, как конус (2077), нарочно поставлено на их пути, и по своей природе такое электричество подобно тому, какое встречаем в любом, самом обыкновенном случае возбуждения трением. Как будет показано впоследствии (2130, 2132), очень малое количество воды может произвести весьма ощутимое количество электричества, если она надлежащим образом трется о препятствующее ему или поставленное на его пути тело.

2086. Из многих обстоятельств, влияющих на такое выделение электричества, имеются одно или два, о которых я должен здесь упомянуть. Повышение давления (как хорошо показано опытами г. Армстронга) сильно увеличивает действие — просто потому, что от этого возрастает сила трения между двумя возбуждающимися веществами. Повышение давления иногда изменяет положительную силу выходного приспособления



Рис. 174. Стекла́нная или тонкая металличе́ская труба (2076), присоеди́няемая на пробке к отверстию в паровом шаре.

на отрицательную — не потому, что оно само по себе обладает способностью изменять качество этого приспособления, но, как увидим вскоре (2108), по другой причине: оно отводит то, что давало положительную силу; никаким увеличением давления, насколько я мог заметить, невозможно изменить отрицательную силу данного приспособления на положительную. В других явлениях, которые будут описаны далее (2090, 2105), увеличение давления,

несомненно, будет иметь свое влияние; и действие, уменьшенное или даже уничтоженное (как, например, добавлением веществ к воде в паровом шаре или к выходящему потоку воды и пара) путем увеличения давления, может быть, без сомнения, снова возбуждено и усилено.

2087. Вид и форма возбуждающего проходного приспособления оказывают сильное влияние, так как в большей или меньшей степени способствуют контакту и последующему отрыву частиц воды от твердого вещества, о которое они трутся.

2088. При своем прохождении через трубку или кран (2076) смесь воды и пара может, выходя, издавать либо свистящий и мягкий, либо хриплый и резкий звук;¹ при конусном приспособлении (2077, рис. 170) и при трубке определенной длины чередование этих звуков происходит внезапно. При мягком звуке возбуждается мало электричества или его не возбуждается вовсе, а при хрилом звуке — очень много. Неравномерное, резкое колебание, сопровождаемое хриплым звуком, гораздо сильнее и эффективнее ударяет воду о вещество прохода и вызывает лучшее возбуждение. Я превратил конец прохода в паровой свисток, но это не принесло пользы.

2089. Если в паровом шаре нет воды (2076), то при открытии парового крана возникает весьма явно выраженный *первичный эффект*; происходит хорошее возбуждение электричества, но оно вскоре прекращается. Оно вызывается водой, сконденсированной в холодных проходах; от ее трения о последние и происходит возбуждение. Так, если проходом служит кран, то, пока он холоден, он возбуждает электричество, и может показаться, что это производится одним только паром; но если его нагреть, выделение электричества прекращается. Если затем, пока через кран выходит пар,

¹ Г-да Армстронг и Шафгейтль оба заметили совпадение между определенными звуками или шумами и развитием электричества.

его охладить изолированной струей воды, он вновь приобретает свою силу. Если же, с другой стороны, перед впуском пара он будет нагрет спиртовкой, начального действия не получится. На этом принципе я построил возбуждающий проход, окружив одну часть выходной трубки небольшим резервуаром и наполняя его винным спиртом или водой.

2090. Итак, мы находим, что когда струя пара заставляет частицы воды тереться о посторонние тела, они развивают электричество. Однако для этого необходима не просто вода, а вода *чистая*. При работе с питательным прибором (2078), который подавал трущуюся воду внутрь прохода для пара, я нашел, как сказано было раньше, что одним только паром электричества не добыть. При впуске дистиллированной воды электричество появлялось в изобилии. Если же кинуть в воду кристаллик сульфата натрия или обыкновенной поваренной соли, выделение электричества прекращается совершенно. Но если вновь взять дистиллированную воду, электричество опять появляется; при пользовании обыкновенной водой, которой снабжается Лондон, оказалось, что она не способна производить электричество.

2091. Далее, паровой шар (2076) и трубка из буксового дерева (2102) возбуждают хорошо, если пропускать перетоняемую из кипятивника воду вместе с паром; но когда я клал в паровой шар с водой маленький кристаллик сульфата натрия, простой соли или селитры или же вводил туда самую малую каплю серной кислоты, прибор совершенно переставал действовать и никакого электричества возбуждать не удавалось. По удалении такой воды и при замене ее дистиллированной водой, возбуждение опять становилось превосходным; при добавлении очень малого количества любого из вышеуказанных веществ оно прекращалось; но оно возобновлялось по введении вновь чистой воды.

2092. Простая вода в паровом шаре была неспособна к возбуждению. Небольшое количество едкого кали, добавленного к дистиллированной воде, отнимало у нее всю силу; совершенно так же действовало добавление *любого* из тех солевых или других веществ, которые придают воде проводимость.

2093. Явление, очевидно, обусловлено водой, которая становится настолько хорошим проводником, что при ее трении о металл или о другое тело, развившееся электричество может немедленно снова разряжаться, — точно так, как если бы мы попытались возбуждать шеллак или серу не сухой, а влажной фланелью. Это ясно показывает, что возбуждающий эффект, когда он происходит, обусловлен водой, а не проходящим паром.

2094. Так как аммиак увеличивает проводящую способность воды лишь в слабой степени (554), то я заключил, что и в настоящем случае он не будет отнимать у нее возбуждающую силу; соответственно, при введении его в небольшом количестве в чистую воду в шаре, электричество продолжало развиваться несмотря на то, что струя пара и воды была способна окрашивать смоченную куркумовую бумажку. Но добавление очень небольшого количества разведенной серной кислоты, образуя сульфат аммония, отнимало всю силу.

2095. Когда в одном из этих случаев паровой шар содержал воду, которая не могла возбуждать электричества, было интересно наблюдать, как после открытия крана, вставленного в паровую трубку перед паровым шаром (рис. 169) (назначением крана был отвод воды, сконденсировавшейся в трубке, до проникновения ее в паровой шар), электричество тотчас же начинало развиваться, однако стоило пару пройти всего несколько дюймов, как он оказывался совершенно бессильным вследствие небольшого изменения в качестве воды, поверх которой он проходил и которую захватывал с собой.

2096. Когда в качестве возбуждающего прохода служила деревянная или металлическая труба (2076), смачивание раствором солей наружной поверхности и конца трубы ни в какой степени не влияло на возбуждение. Но когда для той же цели служил деревянный конус (2077), смоченный растворами, то при начале впуска пара не возникало возбуждения, и только после того, как раствор оказывался смыт, способность появлялась вновь, достигая вскоре своей полной меры.

2097. Установив эти положения касательно необходимого участия воды и ее чистоты, надлежало прежде всего исследовать влияние вещества, о которое трется струя пара и воды. Для этой цели я вначале пользовался конусом (2077) из различных материалов, либо изолированных, либо нет, причем нижеследующие, а именно: латунь, буксовое дерево, буковое дерево, слоновая кость, полотно, казимир, белый шелк, сера, каучук, клеенка, лакированная кожа, плавленые каучук и смола, — все становились отрицательными, заставляя поток пара и воды становиться положительным. Ткани натягивались на деревянные конуса. Расплавленный каучук намазывался на всю поверхность буксового или полотняного конуса, а смоляной конус был сделан из полотняного конуса, для чего последний погружался в крепкий раствор смолы в спирту, а затем высушивался. Деревянный конус, погруженный в скипидар, другой конус, смоченный оливковым маслом, и латунный конус, покрытый спиртовым раствором смолы и высушенный, вначале не действовали, а затем постепенно становились отрицательными, и при этом оказывалось, что скипидарное масло, оливковое масло и смола были совершенно унесены с участков, о которые ударялась струя пара и воды. Конус из казимира, который погружался в спиртовой раствор смолы и высушивался последовательно два или три раза, действовал весьма неправильно, становясь то положительным, то отрицательным;

на первый взгляд это трудно объяснимо, но в дальнейшем станет вполне понятно (2113).

2098. Конец палочки из шеллака был на мгновение сунут в струю пара, а затем поднесен к электрометру с золотыми листками; он оказался заряженным отрицательно — совершенно так же, как при натирании его куском фланели. Угол пластинки из серы дал при испытании этим же способом такое же явление и такое же состояние.

2099. Другой способ испытания натираемых веществ состоял в том, чтобы их в виде проволок, нитей или обрезков держать при помощи изолированной рукоятки в струе, присоединив их в то же время к электрометру с золотыми листками. Таким путем были испытаны следующие вещества:

платина,	конский волос,	древесный уголь,
медь,	медвежья шерсть,	азбест,
железо,	флинтглас,	цианит,
цинк,	зеленое стекло,	красный железняк,
сернистая медь,	птичье перо,	горный хрусталь,
полотно,	слоновая кость,	аурипигмент,
хлопок,	шеллак на шелке,	сульфат бария,
шелк,	сера на шелке,	сульфат извести,
шерсть,	сера в кусках,	карбонат извести,
дерево,	графит,	плавиковый шпат.

Все эти вещества становились отрицательными, хоть и не в одинаковой степени. Это видимое различие в степени зависит не *только* от специфической склонности становиться отрицательным, но также от проводящей способности самого тела, благодаря которой оно передает заряд электрометру, от его склонности становиться влажным (которая весьма различна, например, у шеллака и у птичьего пера или у стекла и у полотна), что влияет на его проводящую способность, а также от его размера и формы. Тем не менее я мог различить, что медвежья шерсть, птичье перо и

слоновая кость обладали по сравнению с другими веществами очень слабой способностью возбуждать электричество.

2100. Могу поделиться здесь одним или двумя наблюдениями относительно введения тел в струю. Во избежание конденсации на веществе, я при помощи изолированной гальванической батареи накалил добела платиновую проволоку и ввел ее в струю: температура ее была быстро понижена струей пара и воды до 212° , но, конечно, никак не могла спуститься ниже точки кипения. Никакой разницы между действием в первый момент введения и в последующие моменты заметно не было. Проволока во всех случаях мгновенно электризовалась и притом отрицательно.

2101. Нити, которыми я пользовался, были натянуты на вилках из жесткой проволоки, и в струю пара вводилась середина нити. В этом случае струна или нить, если держать ее точно посредине струи и смотреть на нее вдоль по направлению нити, оказывалась в покое, но если ее чуть-чуть сместить вправо или влево от оси струи, она (весьма естественно) начинала дрожать или, вернее, вертеться, описывая прекрасный круг, которому ось потока служила касательной; интересно было наблюдать, что, когда нить вертелась, как бы путешествуя вместе с потоком, электричество развивалось слабо или его совсем не развивалось, но когда нить была почти или совсем неподвижна, появлялось большое количество электричества, иллюстрируя таким образом действие трения.

2102. Различие в качестве вышеописанных веществ (2099) дает ценные возможности для различных установок у струи. Так, если для выхода пара взять металлическую, стеклянную или деревянную трубку¹ (2076), то кипятильник станет резко отрицательным, а пар — сильно положительным. Но если взять полое гусиное перо или, еще лучше, трубку из

¹ Трубка буксового дерева длиной в три дюйма при внутреннем диаметре в одну пятую дюйма, хорошо смоченная дистиллированной водой и ввинченная в паровой шар, является великолепным возбудителем

слоновой кости, то кипяtilьник почти не получит заряда и поток пара будет тоже находиться в нейтральном состоянии. Этот результат полезен не только как доказательство того, что электричество происходит не от испарения; он весьма ценен также и для экспериментальной практики. Именно в такой нейтральной струе пара и воды было получено описанное выше (2099) возбуждение тел.

2103. Вещества поэтому можно держать либо в нейтральной струе у горла трубки из слоновой кости, либо в положительной струе у горла деревянной или металлической трубки. В последнем случае происходили явления, которые, если не разобраться в них, привели бы к большой путанице. Так, изолированную проволоку ставили в потоке, выходящем из стеклянной или металлической трубки, примерно на расстоянии в полдюйма от ее горла, и она оказалась не возбужденной; при небольшом перемещении ее в направлении от трубки она становилась положительной, при противоположном перемещении, т. е. при приближении к трубке, она становилась отрицательной. Это происходило просто потому, что, находясь вблизи трубки, в сильной струе, она возбуждалась и становилась отрицательной, делая пар и воду более положительными, чем раньше. Но когда она была отодвинута дальше, в более спокойную часть потока, она действовала исключительно как разрядник электричества, возбужденного в выводной трубке, и оказывалась в одинаковом с последней состоянии. Платину, медь, струну, шелк, дерево, графит и вообще каждое из веществ, указанных выше (2099), за исключением пера, слоновой кости и медвежьей шерсти, можно было таким путем заставить принять либо то, либо другое состояние, в зависимости от того, как ими пользоваться: как возбуждителями или как разрядниками; при этом различие определяется их местом в потоке. Кусок тонкой проволочной сетки, поставленный поперек выходящей струи, прекрасно выясняет вышеописанное явление: разница в одну восьмую дюйма в ту

или другую сторону от нейтрального положения изменяет состояние сетки.

2104. Если пользоваться не возбуждающей струей пара и воды (2103), а струей в нейтральном состоянии, выходящей из трубки слоновой кости (2102), то уже нельзя заставить проволоки и др. принимать оба состояния. Их можно возбуждать и делать отрицательными (2099), но ни на каком расстоянии они не могут стать разрядителями или проявлять положительное состояние.

2105. Мы уже видели, что присутствие весьма малого количества вещества, способного придать воде проводящую способность, отнимало у нее всякую способность к возбуждению (2090 и сл.), вплоть до самой высшей степени давления, т. е. механического трения, которое я применял (2086); теперь надо было установить, будет ли это справедливо для всех тел, натираемых потоком, и не будет ли при этом обнаруживаться количественных различий. Поэтому я снова подверг все эти тела испытанию; при этом один раз я прибавил около двух гранов сульфата натрия к четырем унциям воды, которые постоянно содержались в паровом шаре при регулярной работе, а в другой раз — менее одной четверти этого количества серной кислоты (2091). И в том и в другом случаях все вещества (2099) оставались совершенно невозбужденными и нейтральными. Очень возможно, что сильное увеличение давления могло бы произвести некоторое действие (2086).

2106. Я пользовался трубками и конусами из цинка с разведенной серной кислотой от самой слабой до значительной кислотности, но не мог получить ни следа электричества. Таким образом химическое действие, повидимому, совсем не причастно к возбуждению электричества струей пара.

2107. Описав таким образом опыты над трением пара и воды о большое количество тел, я могу здесь отметить то замечательное обстоятельство, что вода положительна по отношению ко всем этим телам. Вполне возможно, что ее

место окажется выше всех других веществ, даже кошачьей шерсти и оксалата извести (2131). Мы найдем в дальнейшем, что обладаем возможностью не только помешать струе пара и воды стать положительной, как, например, при пользовании трубкой из слоновой кости (2102), но и понизить ее собственную силу, пропуская ее через такие вещества, как дерево, металл, стекло и т. д., или около них. Удастся ли нам при такой ослабленной струе найти среди тел, названных выше (2099), такие, которые могут сделать струю положительной, и другие, которые могут сделать ее отрицательной,— это вопрос, еще ждущий ответа.

2108. При дальнейшем исследовании надо было установить, как будут вести себя другие тела, кроме воды, если их частицы будут увлекаться струей пара. С этой целью был установлен питательный аппарат (2078), который был заполнен скипидаром; последний можно было по желанию впускать в выходной проход для пара. Вначале питательный кран был закрыт и выходящий пар с водой давали кипятивнику отрицательный заряд. При впуске скипидара это положение мгновенно менялось, кипятивник становился сильно положительным, а струя пара и т. д. — столь же сильно отрицательной. При прекращении доступа скипидара это состояние постепенно спадало, и через полминуты паровой котел становился отрицательным, как прежде. Введение следующей порции скипидара мгновенно делало его положительным, и т. д.; явления вполне следовали желанию экспериментатора.

2109. При удалении питательного аппарата и при работе с одним только паровым шаром и деревянной выходной трубкой (2076) получался тот же прекрасный результат. Когда в шаре находилась чистая вода, кипятивник был отрицателен, а выходящий пар и т. д. — положителен; но при введении в паровой шар с водой одной-двух капель скипидара кипятивник мгновенно делался положительным, а выходящий поток — отрицательным. При употреблении

небольшой промежуточной камеры С (2079) результаты оставались столь же определенными. Кусок чистой новой парусины был скручен в кольцо, смочен скипидаром и помещен в камеру; до тех пор, пока след жидкости оставался в камере, кипятильник был положителен, а выходящий поток — отрицателен.

2110. Таким образом положительное или отрицательное состояние может быть по желанию придано либо натираемому веществу, либо натирающему потоку. Что касается этого вещества, т. е. скипидара, то он быстро и полностью рассеивается, если продолжать прохождение пара; вследствие этого новое действие вскоре прекращается, но восстановить его можно в одно мгновение.

2111. С оливковым маслом характер наблюдаемых явлений был таков же, т. е. оно делало поток пара и т. д. *отрицательными*, а натираемые ими вещества — *положительными*. Но из-за сравнительно малой летучести масла состояние было гораздо более устойчивым, и весьма малое количество масла, введенного в паровой шар (2076) или в камеру С (2079), или в выходную трубу, делало кипятильник положительным на долгое время. Требовалось, однако, располагать это масло в таком месте, чтобы струя пара, пройдя через него, терлась затем о другое вещество. Так, если опыт делался с деревянной трубкой (2076, 2102) в качестве возбудителя и масло вводилось в ее внутренний конец, т. е. в тот, через который в нее входил пар, то трубка становилась положительной, а выходящий пар — отрицательным; но если масло вводилось во внешний конец трубки, то она сохраняла свое обычное отрицательное состояние, как и с чистой водой, а выходящий пар был положителен.

2112. Вода существенна при таком возбуждении нелетучим маслом, потому что, когда в паровом шаре не было воды, но в нем и в проходе все же оставалось масло, возбуждения не было. Правда, вначале (2089) возбуждение наблюдалось и делало кипятильник положительным, но это

происходило от совместного действия воды, осевшей в проходе, и масла. Позднее, когда все прогрелось, выделения электричества не наблюдалось.

2113. Я испробовал много других веществ с камерой С и с приборами другого вида; местом возбуждения и веществом, производившим возбуждение струи пара, была влажная деревянная трубка (2102). Свиной жир, спермацет, пчелиный воск, касторовое масло, смола в спиртовом растворе, — все они в соединении с оливковым маслом, скипидаром и лавровым маслом делали кипятыльник положительным, а выходящий пар отрицательным. Из веществ, которые, повидимому, обладали противоположным свойством, вряд ли какое-либо было сильнее воды. Иногда казалось, что сероуглерод, нафталин, сера, камфора и плавленый каучук оказывались веществами, резко противоположными указанным выше, так как они делали кипятыльник сильно отрицательным, но если сразу же после них испытать воду, то оказывалось, что она делает то же и с меньшей силой. Некоторые из последних веществ иногда давали изменчивые результаты с керосином, нефтью и каучуком, и создавалось впечатление, что это имеет причиной какие-то непостоянные и сложные явления. На деле же легко понять, что вещество либо прилипнет к натираемому телу, либо будет увлекаться проходящим потоком; в зависимости от этого оно изменит свое механическое действие; ибо будет то натираемым телом, то натирающим; оно будет давать и различные действия, как было, мне кажется, в случае конуса и смолы, о котором упоминалось выше (2097).

2114. Действие солей, кислот и т. д., которые, присутствуя в воде, разрушают ее действия, я уже описывал (2090 и сл.). В дополнение я могу заметить, что серный эфир, пироксильный спирт и борная кислота действовали так же.

2115. Спирт в первую минуту, казалось, делал кипятыльник положительным. Спирт, разбавленный наполовину водой,

делал кипятильник отрицательным, но в гораздо меньшей степени, чем чистая вода.

2116. Следует учесть, что вещество, обладающее свойствами, противоположными воде, но в значительно меньшей степени, может проявлять эти свойства в виде одного только ослабления свойств воды. Такое ослабление резко отличается по своей причине от того, которое зависит от увеличения проводимости воды, например солями (2090), но внешнее проявление обоих будет одинаково.

2117. Если требуется сделать выходящую струю постоянно отрицательной, то этого легко достигнуть. Небольшое количество масла или воска, введенное в паровой шар (2076), или толстое кольцо из веревки или парусины, пропитанное воском или раствором смолы в спирту и вставленное в камеру С (2079), сделают все, что требуется. Пользуясь этим приемом сильнее или слабее, легко нейтрализовать силу воды так, чтобы выходящая струя пара не была наэлектризована и не электризовала того тела, о которое она трется.

2118. Итак, мы нашли три способа сделать струю пара с водой нейтральной, а именно: употребление трубки из слоновой кости или пера (2102), присутствие веществ в воде (2090 и сл.) и нейтрализация ее естественной способности противоположной силой масла, смолы и т. д. и т. д.

2119. В опытах, подобных описанным, опасно пользоваться трубкой из слоновой кости с кислотами и щелочами в паровом шаре, потому что они своим химическим действием на вещество трубки, выделяя, например, или растворяя ее маслянистое вещество, меняют ее состояние и делают очень непостоянной ее особую способность к возбуждению. Разные другие условия тоже иногда сильно влияют на нее (2144).

2120. Незначительное количество масла в проходах, подвергающихся трению, оказывает сильное влияние, и это служило вначале источником больших затруднений, постоянно давая неожиданные результаты; небольшая порция

его может по неделям скрываться в нарезке ни в чем не подозреваемого винта и, однако, будет достаточна для того, чтобы испортить результаты всех опытных установок. Обработка и промывка слабым раствором щелочи и устранение всяких протирок, загрязненных маслом, — вот лучший способ избежать подобного зла в этих тонких опытах. Я случайно нашел, что один проход, который упорно оставался слабо отрицательным от небольшого количества расплавленного каучука или положительным от масла, смолы и т. д., можно было вполне очистить, продувая через него скипидар; на некоторое время он принимал положительное состояние, но после того как струя пара убирала это последнее (2110), проход оказывался вполне чистым и исправным и приходил в свое нормальное состояние.

2121. Далее я испытал действие масла и т. д. в том случае, когда к воде в паровом шаре было добавлено небольшое количество соли или кислоты (2090 и сл.), и нашел, что если вода находилась в таком состоянии, когда она не имеет своей собственной силы, то скипидар, масло или смола в камере *C* проявляли свое свойство делать в соединении с такой водой кипятивник положительным, но сила их оказывалась пониженной: повышение силы пара, как и во всех других случаях, без сомнения, повысило бы ее вновь. Если в паровом шаре находилась щелочь, масло и смола теряли большую часть своей силы, а скипидар — очень малую. Этот факт будет важен для дальнейшего (2126).

2122. Мы видели, что действие таких тел, как масло, при введении их в струю пара изменяло ее силу (2108), и только опытным путем мы могли устанавливать, достаточно ли велико это изменение для того, чтобы переменить электричество у некоторых или многих из тел, о которые терся поток пара. С оливковым маслом в камере *C* все ранее перечисленные изолированные конусы (2097) становились положительными. С уксусной кислотой в паровом шаре все

становилось нейтральным (2091). Со смолой в камере С (2113) все вещества предыдущего списка (2099) без единого исключения делались положительными.

2123. Итак, масло, скипидар, смола и т. д., находясь в очень малых количествах, способны изменять возбуждающую силу воды, хотя некоторые из них (2112) совсем неактивны без воды; да будет мне дозволено высказать несколько теоретических соображений о способе их действия. Прежде всего, повидимому, один пар не может возбуждать электричества трением, но мельчайшие капельки воды, которые он несет с собой, ударяются о натираемое тело (2085), трутся о него и отрываются от него и тем самым возбуждают его, возбуждаются сами, подобно тому, как это происходит при трении рукой о стержень из шеплака; когда присутствует оливковое масло или скипидар, то эти капельки, мне кажется, фактически превращаются в капельки из этих веществ, и тогда уже не вода, а новые жидкости трутся о натираемые тела.

2124. Основания для подобного мнения таковы: если к поверхности воды прикоснуться деревянной лучинкой, смоченной в оливковом масле или скипидаре, то пленка из этого вещества моментально устремляется на поверхность воды и распространяется по ней. Значит, почти наверное, каждая капля воды, проходя через камеру С, содержащую оливковое масло или скипидар, покрывается пленкой. Далее, если металлическую, деревянную или другую чашку весов *хорошо вычистить и смочить* водой и затем наложить на поверхность чистой воды, налитой на блюдо, а другую чашку нагрузить так, чтобы она почти, но все же не совсем, могла оторвать первую чашку от воды, то это дает грубую меру силы прилипания воды. Если затем промасленной деревянной щепкой дотронуться до поверхности воды в любом месте на блюде, масло не только распространится по всей поверхности, но и заставит чашку оторваться от воды,

а если чашку опустить вновь, то вода на блюде уже не сможет больше удерживать ее. Отсюда видно, что масло позволяет производить разъединение воды на части при помощи такой механической силы, которой иначе было бы недостаточно, и что оно обтягивает эти части пленкой из своего вещества.

2125. Все это в значительной мере должно происходить и в паровом проходе: каждая частица воды должна покрываться там пленкой из масла. Возражением против такого предположения не может служить то, что пленка очень тонка, потому что действие возбуждения, несомненно, происходит на поверхности, где мы предполагаем наличие пленки, и такая капля, хотя она почти целиком состоит из воды, может действовать точно так, как масляный шарик: своим трением она будет делать дерево и т. д. положительным, а сама будет становиться отрицательной.

2126. Итак, вода, которую небольшое количество соли или кислоты сделало неспособной к действию, все же способна проявлять действие масляной пленки (2121), прилипшей к ней; это вполне согласуется с изложенным взглядом. То же можно сказать и про следующий, еще более поразительный факт: подщелоченная вода (2092), не имея собственной силы, глубоко поражает силу оливкового масла или смолы, но едва затрагивает силу скипидара (2121), потому что оливковое масло и смола будут в ней растворяться, и оттого не будут больше в состоянии образовать на ней пленку, а скипидар, наоборот, сохранит способность образовать пленку.

2127. То, что смола производит сильное действие, а сера нет, тоже понятно, потому что смола, как я установил, плавится в горячей кипящей воде и действует на весы (2124) так же, как масло, хотя медленнее; но сера не может этого сделать, так как ее точка плавления слишком высока.

2128. Вполне вероятно, что когда о дерево, стекло и даже о металл трется такой маслянистый поток, можно

считать, что масло трется не просто о дерево и т. д., но и о воду, которая теперь оказывается на положении натираемого тела. В этих условиях вода гораздо сильнее притягивается к натираемому дереву, чем масло, потому что в потоке пара холст, дерево и т. д., которые раньше тщательно и долго пропитывались маслом, быстро теряют его и оказываются насыщенными водой. В этом случае результатом будет усиление положительного состояния натираемого вещества и отрицательного состояния выходящей струи.

2129. Таким образом, опыты с паром привели меня к выводу, что пар не действует сам по себе, а просто служит механическим средством, увлекающим вместе с собой трущиеся частицы; тогда я перешел к опытам со сжатым воздухом.¹ Для этой цели я воспользовался медным ящиком емкостью в сорок шесть кубических дюймов, с двумя кранами; через один из них всегда нагнетался воздух, а другой служил выходным отверстием. Ящик был очень тщательно вычищен едким кали. Были приняты (это и требовалось) чрезвычайные предосторожности, чтобы удалить и избежать масла, воска или смолы около выходного отверстия. Воздух вгонялся в ящик нагнетательным насосом, а в некоторых случаях, когда мне требовался сухой воздух, в ящик закладывалось четыре или пять унций литого едкого кали в палочках; сжатый воздух оставлялся в соприкосновении с ним на десять-пятнадцать минут. Среднее количество воздуха, которое выпускалось и потреблялось за одну подачу, составляло сто пятьдесят кубических дюймов. Очень трудно было отнять у этого воздуха запах масла, который он приобретал при прокачивании через нагнетательный насос.

2130. Сначала я буду говорить о невысушенном обычном воздухе: если такой сжатый воздух внезапно выпустить на-

¹ Г-н Армстронг тоже применял воздух и в значительно больших количествах: *Philosophical Magazine*, 1841, XVIII, стр. 133, 328.

встречу латунному или деревянному конусу (2077), он делает его отрицательным, совершенно так же, как это делали пар и вода (2097). Я приписывал это частицам воды, которые внезапно конденсировались из расширявшегося и охлаждавшегося воздуха и терлись о металл или дерево: такие частицы были хорошо заметны в виде появлявшегося тумана; они вызывали также увлажнение поверхности дерева и металла. Возбуждаемое здесь электричество совершенно сходно с тем, которое возбуждают пар и вода. Но мысль о том, что электризация вообще обусловлена испарением, находится в разительном противоречии с наблюдаемой здесь на самом деле конденсацией.

2131. Однако, когда обычный воздух выпускался навстречу льду, последний вновь и вновь делался положительным, чередуясь с отрицательным возбуждением дерева и металла. Это находится в полном соответствии с высоким положительным уровнем, которое ранее было отведено воде (2107).

2132. Я перешел к опытам с сухим воздухом (2129) и нашел, что ни в одном случае он не способен возбуждать электричество у конусов дерева, серы или латуни (2077, 2097); однако, если я во время этих опытов выпускал порцию воздуха сейчас же после его сжатия, не давая ему высохнуть, то он делал натираемое дерево или латунь отрицательными (2130). Это является, по-моему, достаточным доказательством того, что в предыдущем случае действие происходило от образовавшейся воды, и что ни воздух, ни пар, взятые отдельно, не могут возбуждать эти тела — дерево, латунь и т. д. — и производить то действие, которое мы исследуем.

2133. В следующем опыте к этому прибору для воздуха была присоединена камера С, и опыты производились с различными веществами, вводимыми в нее (2108); переносным средством служил тогда обыкновенный воздух.

2134. Когда в камере находилась дистиллированная вода, металлический конус время от времени становился отрица-

тельным, но чаще никакого действия не получалось. Отсутствие постоянной струи воздуха сильно мешало установить подходящую добавку воды к выходящему потоку.

2135. С обыкновенной водой (2090) или очень разведенным солевым раствором, или очень разведенной серной кислотой (2091), или аммиаком я ни разу не мог получить никаких следов электричества.

2136. Когда в камере *C* находился только скипидар, металлический конус становился положительным; когда же туда вводились и дистиллированная вода и скипидар вместе, конус становился очень положительным и притом в гораздо большей степени, чем раньше. Направленные навстречу льду, они делали последний положительным.

2137. Равным образом оливковое масло и вода в *C*, смола в спирту и вода в *C* делали конус положительным совершенно так же, как если бы эти вещества переносились струей пара.

2138. Поскольку исследование касалось струи пара, его можно было бы считать на этом законченным; но у меня явилось желание поставить в связи с этим вопросом несколько опытов со струей воздуха и сухими порошками. Сера в порошке (возоженная) делала и металл, и дерево, и даже конус из серы отрицательным, и только один раз она сделала металл положительным. Смола в порошке обычно делала металл отрицательным, а дерево положительным, но проявляла непостоянство и часто давала то то, то другое состояние в одном и том же опыте; вначале она разводила лепестки электрометра, но в конечном итоге оставляла их незаряженными. Резина давала непостоянные и двойственные результаты, подобно смоле. Крахмал делал дерево отрицательным; кремнезем, т. е. или мелко толченый горный хрусталь, или полученный действием воды из фтористокремниевой кислоты осадок, давал очень постоянные и сильные

результаты; при этом как металл, так и дерево становились сильно положительными, а кремнезем, уловленный на влажный изолированный картон, при исследовании оказывался отрицательным.

2139. Эти опыты с порошками дают повод к двум или трем замечаниям. Прежде всего, сильное трение, происходящее между частицами, увлекаемыми вперед паром или воздухом, было хорошо видно из того, что происходило с серой; оказалось, что она вбивается в поставленный на ее пути конус из сухого буксового дерева с такой силой, что ее нельзя было ни смыть, ни стереть, а приходилось соскабливать. Затем очень замечательно двукратное возбуждение. Часто в одном и том же опыте золотые листки вначале сильно расходились, а затем так же внезапно мгновенно спадались, хотя струя продолжалась и при этом оставалась в конце концов либо нейтральной, либо слабо положительной или отрицательной; это в особенности наблюдалось в случаях резины и смолы. Кроме ряда других обстоятельств, эти переменные результаты вызываются осаждением на дереве некоторых частиц, выходящих вначале вместе со струей, и конденсацией влаги при расширении воздуха.

2140. Сера дает почти постоянные результаты, а кремнезем даже очень постоянен, однако их состояния противоположны тем, которых следовало ожидать. Сера кусковая становится отрицательной при трении как о дерево, так и о любые из металлов, которые я испытывал; она делает их *положительными* (2141); однако в вышеупомянутых опытах она почти всегда делала и дерево и металлы отрицательными. Кремнезем в виде кристалла при трении о дерево или металлы делает их *отрицательными*, но в таких опытах, как указанные выше, он постоянно делал их сильно положительными. Должна существовать естественная причина для таких изменений, которые в настоящее время можно рассматривать только как несовершенные результаты,

потому что я еще не имел времени для исследования этого вопроса.

2141. Для иллюстрации действия, которое производят пар и вода, ударяясь о посторонние тела, я тер попарно эти тела друг о друга, чтобы установить их порядок; он оказался следующим:

1. Кошачья и медвежья шерсть.
2. Фланель.
3. Слоновая кость.
4. Перо.
5. Горный хрусталь.
6. Флинтглас.
7. Хлопчатобумажная ткань.
8. Полотно, парусина.
9. Белый шелк.
10. Рука.
11. Дерево.
12. Шеллак.
13. Металлы

{	железо,
	медь,
	латунь,
	олово,
	серебро,
	платина.
14. Сера.

Каждое из них становилось отрицательным при трении о вещество, стоящее выше, и положительным при трении о вещество, стоящее ниже. Однако из этого общего правила есть много исключений: так, одна часть кошачьей шерсти бывает сильно отрицательна по отношению к другой и даже к горному хрусталу; различные куски фланели тоже очень сильно отличаются друг от друга.

2142. В некоторых случаях различные способы натирания также дают различные результаты; неясно, почему это

происходит; ведь частицы, которые трутся, должны, казалось бы, всегда давать одну и ту же разность. Если слегка ударить пером о сухую парусину, то перо становится сильно отрицательным; однако то же перо, проташенное под некоторым давлением между складками той же парусины, становится сильно положительным: эти действия могут следовать одно за другим, так что, производя трение различной силы, легко прекращать одно состояние и получать другое. Если разрезать кусок фланели пополам и проташить один кусок по другому, они приобретут различные состояния, но не постоянные; бывает, что один и тот же кусок в различных местах оказывается в различных состояниях. Иногда же оба куска оказываются отрицательными. В этом случае, очевидно, положительное состояние приобрел воздух, который затем рассеялся.

2143. Замечательна по своим свойствам слоновая кость. Ее очень трудно возбуждать трением о металлы — гораздо труднее, чем полотно, бумажную ткань, дерево и др., которые расположены ниже ее (2141) и к тому же являются гораздо лучшими проводниками; по этим двум обстоятельствам следовало бы, наоборот, ожидать, что слоновая кость при трении о металл будет возбуждаться лучше, чем они. По всей вероятности эта особенность и сообщает паровому проходу из слоновой кости способность не возбуждаться (2102).

2144. Прежде чем заключить эту статью, я хочу упомянуть о том, что употреблявшаяся во многих опытах с маслом, смолой и т. д. тонкая трубка из слоновой кости, укрепленная в пробке (2076), приобрела в конце концов такое состояние, при котором она не просто оказывалась для пара невозбуждающим проходом, но оказывала на него нейтрализующее действие, ибо струя из пара и воды, пройдя через нее, не производила больше возбуждения тел, установленных против нее, как это было в предыдущих случаях (2099). Трубка была по виду совершенно чистой и впослед-

ствии была вымочена в спирту для удаления всяких следов смолы, но все же сохранила свое особое состояние.

2145. Из всего изложенного следует, что причиной образования электричества при освобождении запертого пара является не испарение; далее, так как, по моему мнению, этой причиной является трение, то оно не может иметь значения при возбуждении электричества в атмосфере и вообще не связано с последним. И, наконец, насколько я мог установить, чистые газы, т. е. газы, не смешанные с твердыми и жидкими частицами, не возбуждают электричества трением о твердые или жидкие вещества.¹

¹ Указание статей в *Philosophical Magazine*, 1840—1843: Armstrong, *Phil. Mag.*, XVII, стр. 370, 452; XVIII, стр. 50, 133, 328; XIX, стр. 25; XX, стр. 5; XXII, стр. 1; Pattinson, *Phil. Mag.*, XVII, стр. 375, 457; Schafhaeuti, *Phil. Mag.*, XVII, стр. 449; XVIII, стр. 14, 95, 265. См. также в *Phil. Mag.*, 1843, XXIII, стр. 194, сообщение Армстронга о гидроэлектрической машине.

СТАТЬИ
ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ
ИЗ QUARTERLY JOURNAL OF SCIENCE,
PHILOSOPHICAL MAGAZINE И ДР.



О НЕКОТОРЫХ НОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИЖЕНИЯХ И О ТЕОРИИ МАГНЕТИЗМА¹

Производя в начале последней недели опыт для определения положения магнитной стрелки по отношению к соединяющему проводу гальванического аппарата, я наткнулся на явления, которые, как мне кажется, приводят к некоторым новым взглядам на электромагнитное действие и на магнетизм вообще и делают более отчетливыми и ясными те взгляды, которые уже стали общепринятыми. Мне следовало бы усомниться в своей возможности сделать что-либо новое или представляющее интерес после того, как опыты по этому вопросу уже производили великие люди, но эти опыты, как мне кажется, существенно примиряют противоположные мнения, которые здесь имеются. У меня возникло поэтому желание опубликовать о них настоящее сообщение; оно поможет, надеюсь, привести эту важную отрасль знания в более совершенный вид.

Я пользовался прибором, который изобретен д-ром Гейром из Филадельфии и назван им калоримотором; по существу, это — пара больших пластин; сила каждой из них повышается индукцией других; поэтому всякие положения и движения стрелок, полюсов и т. д. противоположны тем, которые производятся прибором с несколькими пластинами; в самом деле, предположим, что ток проходит в соединительном

¹ Quarterly Journal of Science, XII, стр. 74.

проводе батареи от цинка к меди; тогда он будет в каждой соединенной паре пластин итти от меди к цинку; провод, с которым я делал опыты, и был таким соединением между двумя пластинами одной пары. В диаграммах, которыми я буду снабжать в дальнейшем изложение, концы соединительного провода, обозначенные Z и C , соответственно соединены с цинковой и медной пластинками. Все сечения горизонтальны и дают вид сверху, а концы стрелок иногда обозначают полюс стрелки или магнита, который указывает на север, иногда же изображают направление движения; в том, чтобы установить значение каждой отдельной стрелки, никакой трудности возникнуть не может.

Я помещал провод в перпендикулярном направлении и подносил к нему стрелку, чтобы установить, в каких положениях относительно провода наблюдаются притяжения и отталкивания; я полагал, что найду их четыре: по одному положению с притяжением и по одному с отталкиванием для каждого полюса; но вместо этого я обнаружил, что их восемь: по два с притяжением и по два с отталкиванием для каждого полюса; таким образом, когда я позволял стрелке принять ее естественное положение поперек провода (оно, по вышесказанной причине, было прямо противоположно положению, указываемому Эрстедом), а затем медленно удалял от провода опору так, чтобы к нему подошел, например, северный полюс, то получалось притяжение, как и следовало ожидать; но когда я подносил конец стрелки еще ближе к проводу, наблюдалось отталкивание, хотя провод все еще находился по ту же сторону от стрелки. Если провод поместить по другую сторону от того же полюса стрелки, он будет отталкивать этот полюс, когда против него будет находиться большая часть стрелки от ее конца до центра, но на конце имеется небольшой участок, около которого он притягивает полюс. Рис. 1 показывает положения притяжения для северного и южного полюсов, рис. 2 — положения отталкивания.

Если приближать провод перпендикулярно к одному из полюсов стрелки, полюс отклонится в одну сторону — в том направлении, которое было бы дано притяжением или отталкиванием конечной точки полюса; но если провод приближать и далее к центру движения [стрелки] с той или с другой стороны последней, стремление двигаться в прежнем направлении уменьшается; затем оно делается равно нулю, а стрелка оказывается совершенно безразличной к про-

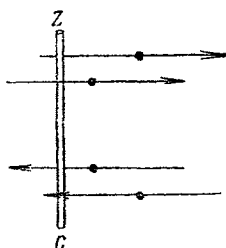


Рис. 1.

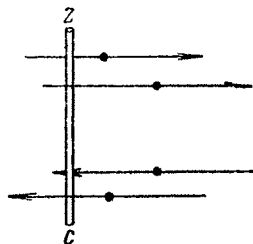


Рис. 2.

воду; в конце концов знак отклонения меняется, и стрелка с силой стремится стать в противоположном направлении.

Отсюда очевидно, что центр активной части каждого из концов стрелки, или истинный полюс, как его можно назвать, находится не на конце стрелки, а должен быть представлен точкой, обычно на оси стрелки, на некотором небольшом расстоянии от конца. Очевидно также,

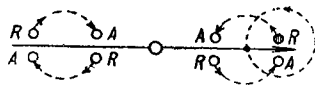


Рис. 3.

что эта точка стремится вращаться вокруг провода, а, значит, конечно, и провод — вокруг той же точки; поскольку такие же действия, но в противоположном направлении, происходили с другим полюсом, было очевидно, что способностью действовать на провод каждый полюс обладает как таковой, а не потому, что он является частью стрелки или находится в соединении с противоположным полюсом.

При рассмотрении рис. 3, который изображает сечения провода в его различных положениях по отношению к стрелке, все

это станет ясным; активные полюса представлены двумя точками, а острия стрелок показывают, в какую сторону провод в его различных положениях стремится вращаться вокруг этих полюсов.

Из этих фактов вытекает несколько важных заключений, например: что между проводом и каждым из двух полюсов магнита нет притяжения; что провод должен вращаться вокруг магнитного полюса, а магнитный полюс — вокруг провода; что как притяжение, так и отталкивание соединительных проводов, а вероятно и магнитов, являются сложными действиями; что настоящие магнитные полюса являются центрами действия, которое индуцировано всем стержнем, и т. д. и т. д. Те из приведенных положений, которые я мог подтвердить опытом, будут даны здесь вместе с их доказательствами.

Вращение провода и полюса друг вокруг друга является первым важным фактом, могущим установить природу сил взаимодействия между ними; было испробовано несколько различных способов произвести его. Трудность заключалась в том, чтобы устроить из части проволоки подвес, достаточно легкий для движения, но с массой, достаточной для контакта. Эта трудность была преодолена следующим образом: к куску латунной проволоки был припаян на конце небольшой серебряный шарик. В серебре была выдавлена небольшая чашечка; металл был амальгамирован, и потому капля ртути удерживалась в чашечке, хотя чашечка была установлена вверх дном и служила верхним центром движения; для нижнего центра была сделана такая же чашечка из меди, и в нее налито немного ртути; все это было помещено в банку с водой под первым центром. Кусок медной проволоки был затем изогнут в виде колена; концы проволоки были амальгамированы, расстояние между ними было отрегулировано, и они были уперты в чашечки. Чтобы предотвратить слишком большое трение в нижней чашечке из-за веса проволоки, последняя была пропущена через

должного размера пробку; эту пробку я затем передвинул по проволоке вниз до погружения в воду; тогда трение стало очень незначительным, а провод — очень подвижным; в то же время он обладал хорошими контактами. Если соединить с чашечками две пластинки [элемента], прибор окажется готовым к действию. Когда при таком устройстве я поднес магнитный полюс к центру движения колена, провод тотчас начал вращаться, но остановился, столкнувшись с магнитом. Когда же я быстро перенес магнит на другую сторону, провод снова проделал один оборот; этим было доказано, что магнит продолжал бы вращаться непрерывно, если бы ему не мешали собственные внешние размеры. Для устранения этого препятствия провод и нижняя металлическая чашечка были удалены, а внизу помещен глубокий сосуд со ртутью; на дне сосуда находился кусок воска, и в него был воткнут небольшой круглый магнитный брусок; он стоял вертикально так, что один полюс был выше поверхности ртути приблизительно на половину или три четверти дюйма и находился прямо под серебряной чашкой. Прямой кусок медного провода достаточной длины, достигавший от чашечки до ртути и погружавшийся в нее приблизительно на половину дюйма, был амальгамирован на концах; небольшой круглый кусочек пробки был укреплен на одном из них, чтобы сделать его более пловучим; когда я погружал этот конец в ртуть вблизи от магнита, а второй конец помещал под маленькую чашку, провод оставался вертикальным, потому что для этого было достаточно прилипания пробки к магниту. В то же время его нижний конец мог свободно вращаться вокруг полюса. Когда я после этого присоединял пластины [элемента] к верхней чашечке и к ртути внизу, провод сейчас же начинал вращаться вокруг полюса магнита и продолжал это движение все время, пока соединение не нарушалось.

При желании увеличить диаметр круга, описываемого проводом, пробку можно было удалить от магнита и на

магнит и провод накинуть небольшую платиновую петлю, чтобы помешать им расходиться слишком далеко. При замыкании опять получалось вращение, но более медленное, так как расстояние увеличилось.

Направление, в котором двигался провод, зависело от того, как было сделано включение, и от того, какой магнитный полюс был пущен в действие. Когда верхняя часть провода была соединена с цинковой, а нижняя — с медной пластиной, движение вокруг северного и южного полюсов магнита происходило, как изображено на рис. 4 и 5, если смотреть сверху; когда соединение производилось в противо-

положном направлении, движение происходило также в противоположном направлении.

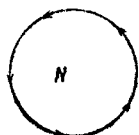


Рис. 4.

Если перенести магнитный полюс из центра движения к боковой стороне провода, то не возникает ни притяжения, ни отталкивания; но

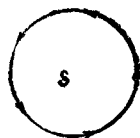


Рис. 5.

провод стремится опять отойти по окружности с центром в полюсе, и притом в ту или иную сторону, в соответствии с данным выше законом.

Если полюс находился с внешней стороны провода, то последний двигался в направлении, прямо противоположном тому, которое он принимал, когда был внутри; но продвигался провод недалеко; он и теперь стремился двигаться вокруг полюса как центра, а смещался до тех пор, пока эта сила и сила, которая удерживала его в кругу около его собственной оси, не уравновешивались.

Следующей задачей было заставить магнит вращаться вокруг провода. Для этого один полюс небольшого магнита нагружался платиной так, что магнит мог плавать стоя в сосуде со ртутью, имея другой полюс над ее поверхностью; затем ртуть соединялась с одной из пластин, а от другой перпендикулярно к ртути подавался провод в чашечку, вблизи плавающего магнита; верхний полюс немедленно начинал

вращаться вокруг провода, в то время как нижний полюс, поставленный дальше, не мешал и не противодействовал этому движению.

Движение и здесь определялось полюсом и соединениями. Если верхняя часть провода была в контакте с цинковой пластиной, а нижняя — с медной, направление кривой, описываемой северным и южным полюсами, происходило, как показано на рис. 6 и 7. Если соединения были противоположны, движения происходили в противоположных направлениях.

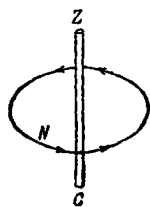


Рис. 6.

Добившись этого успеха, я попытался далее заставить провод и магнит вращаться вокруг их собственных осей, мешая их вращению по кругу, но не мог получить ни малейших намеков на то, что это возможно. Да если рассудить, то едва ли это

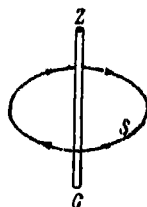


Рис. 7.

и вероятно. Движения, очевидно, принадлежат току или чему-то еще, что проходит через провод, а не самому проводу, который является только носителем тока. Если, изогнув провод, сделать ток кривым по форме, то легко себе представить, как он при вращении будет увлекать с собой провод. Но если провод прямой, ток может вращаться, не сообщая никакого движения проводу, по которому он проходит.

Г-н Ампер показал, что два *одинаковых* соединительных провода (т. е. такие, по которым ток идет в одном и том же направлении) притягивают друг друга, а два провода с токами в противоположных направлениях отталкивают друг друга; притяжение и отталкивание происходит по прямым линиям между ними. Как известно, северный полюс стрелки притягивается с одной стороны провода, а южный — с другой; на противоположных сторонах те же полюсы отталкиваются. В связи с этим д-р Воластон назвал этот магнетизм

вихревым; явление можно объяснить, как он думал, тем, что вокруг оси соединительного провода проходит некоторый электромагнитный поток, направление которого зависит от направления электрического тока и который проявляет на противоположных сторонах северные и южные силы. И, действительно, доказано, что соединительный провод имеет на своих противоположных сторонах различные силы, или, вернее, что сила идет непрерывно вокруг всего провода, сохраняя свое направление; отсюда очевидно, что притяжения и отталкивания проводов г. Ампера — не простые, а сложные результаты.

Простым случаем магнитного движения можно считать круг, описываемый проводом или полюсом друг вокруг друга. Если сделать из провода катушку, как описывает г. Ампер, то в результате такого устройства весь вихревой магнетизм (как его называл д-р Волластон) одного рода или одной стороны провода сосредоточен на оси катушки, в то время как магнетизм противоположного рода очень сильно рассеивается; иными словами, сила, производимая большой длиной провода и заставляющая полюс обходить вокруг провода в одном направлении, стремится перенести этот полюс в определенную точку; в то же время противоположная сила рассеивается и значительно ослаблена в своем действии на тот или другой полюс. Поэтому сила с одной стороны провода очень сильно сконцентрирована и ее особенные действия сильно выражены, в то время как на другой стороне они оказываются неощутимыми. Таким образом достигается средство отделить, так сказать, одну силу от другой; но если, сделав это, мы рассмотрим конец катушки, то он окажется весьма похожим на магнитный полюс; сила сконцентрирована на конце катушки; последний притягивает или отталкивает один полюс во всех направлениях и, как я нашел, вызывает вращение соединительного провода вокруг него совершенно так же, как это делает магнитный полюс. Таким образом, в данном случае его можно считать тожде-

ственным с магнитным полюсом; думаю, что экспериментальные доказательства, приведенные на следующих страницах, подтвердят это мнение.

Итак, предположим, что полюс магнитной стрелки дает нам свойства одной стороны провода; явления, которые он дает с самим проводом, представляют нам способ анализа, который при правильном его проведении, наверное, может дать нам гораздо более глубокое знание состояния сил, действующих в магнитах. Если поместить полюс около провода (я всегда предполагаю, что последний соединен с батареей), то он стремится вращаться вокруг провода, переходя на ту сторону, которая его притягивает, с той стороны, которая его отталкивает, т. е. полюс одновременно притягивается и отталкивается равными силами и не удаляется и не приближается; но так как силы исходят от противоположных сторон провода, то полюс в своем стремлении одновременно оттолкнуться от одной стороны и приблизиться к другой начинает вращаться по кругу, а круг, очевидно, определяется данным полюсом и состоянием провода; его можно вывести из упомянутого выше закона.

Явления, вызываемые приближением одного полюса к двум или более проводам или двух полюсов к одному или более проводам, дают много примеров этого двойного действия и приводят к более правильным взглядам на магнит. Эти опыты легко произвести, если нагрузить стрелку платиной у одного полюса так, чтобы другой конец мог плавать над ртутью, или заставив маленькую магнитную стрелку почти плавать на пробке в сосуде с водой, на дне которого находится немного ртути, служащей для присоединения провода. При описании опытов я не буду останавливаться на всех их видоизменениях и буду выводить только те заключения, которые являются непосредственно важными.

Ампер показал, что два одинаковых провода притягивают друг друга, а сэр Г. Дэви показал, что прилипшие к ним ошпки, находящиеся на одной стороне, тоже притягивают

друг друга. Они [провода] находятся в таком положении, в котором северное и южное влияния различных проводов взаимно притягиваются. Повидимому, они также нейтрализуют друг друга с той стороны, с которой они обращены друг к другу, потому что магнитный полюс между ними совсем не обнаруживает действия; но если их поместить совсем вплотную, то он будет двигаться с наружной стороны их обоих, вращаясь вокруг них, как вокруг одного провода, а так как они влияют в одном и том же направлении, то наибольшее действие получается на удаленных друг от друга внешних поверхностях проводов. Если сложить вместе несколько одинаковых проводов край к краю, в виде ленты, результат получается такой же, и стрелка вращается вокруг них всех; внутренние провода как будто теряют часть своей силы, которая переносится в противоположных направлениях на крайние провода, и плавающий полюс ускоряет свое движение, когда он проходит у краев, которые они образуют. Если вместо ленты из параллельных проводов взять полосу металла, действие будет то же, и края действуют так, как если бы они содержали в концентрированном состоянии ту силу, которая принадлежала внутренней части полосы. Таким путем мы как бы получаем средства удалять в этом направлении две стороны провода друг от друга.

Если установить параллельно друг другу два провода, находящихся в противоположных состояниях, и поднести полюс близко к ним, то он должен будет вращаться вокруг каждого из них, подчиняясь изложенному выше закону; но так как по проводам идут противоположные токи, он будет двигаться вокруг них в противоположных направлениях; поэтому если полюс находится на разных расстояниях от обоих, то он проталкивается по прямой, перпендикулярной к линии, соединяющей их, либо удаляясь от них, либо приближаясь к ним; если он приближается к ним, то он проходит между ними, а затем отталкивается от них; таким образом, он представляет интересное зрелище, сперва при-

тягиваясь к двум проводам, а затем отталкиваясь от них (рис. 8). Если переключить соединения обоих проводов или изменить полюс, то он будет описывать линию в противоположном направлении. Можно получить такие два противоположные тока, изогнув изолированную шелком проволоку параллельно самой себе (рис. 9); тогда она при присоединении ее к прибору становится любопытным магнитом; так, например, на одной своей стороне она сильно притягивает северный полюс, если последний находится на линии

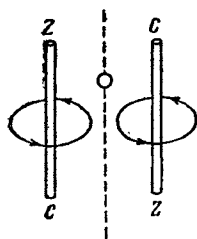


Рис. 8.

между двумя токами; но она сильно отталкивает его справа или слева от этой линии; в то же время с другой стороны на линии она отталкивает северный полюс, но сильно притягивает его справа или слева от нее. У южного полюса притяжения и отталкивания направлены в противоположную сторону. Если позволить действовать на провод или



Рис. 9.

на оба провода обоим полюсам стрелки, действия окажутся в согласии с описанными. Если пустить стрелку плавать на воде и поднести к ней перпендикулярный провод, то стрелка поворачивается на некоторый угол и в конце концов принимает положение, перпендикулярное к проводу и поперек последнего, а полюсы располагаются по направлению, в котором каждый из них, если бы он был один, обращался бы вокруг провода по кругу, двигаясь в ту сторону, в которую он повернулся, согласно ранее установленному закону. Затем стрелка начинает подходить к проводу, так что ее центр (а не один из полюсов) идет к нему по прямой линии. Если провод теперь вынуть и перенести по другую сторону от стрелки, то она будет двигаться по тому же пути, удаляясь от провода, так что все будет иметь такой вид, как будто провод и притягивает и отталкивает стрелку. Это действие будет сразу понятно из рис. 10, где полюса и направление

провода не отмечены, потому что они те же, что и раньше. Если который-нибудь из них переменить на противоположный, изменяются также и другие. Опыт аналогичен тому, который описан выше; там полюс проходил между двумя различными проводами, а здесь провод проходит между двумя различными полюсами.

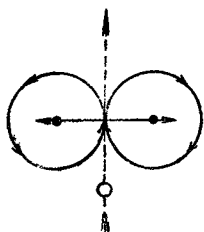


Рис. 10.

Если взять два неодинаковых провода и если будут действовать оба полюса магнита, магнит отталкивается или переворачивается, или притягивается на разные лады, пока не установится поперек между двумя проводами; все его движения легко привести к тем, которые провода сообщают полюсам, причем в придании ему этого положения участвуют оба провода и оба полюса. Далее, если магнит окажется посередине между

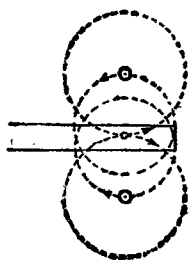


Рис. 11.

проводами или они окажутся не одинаковой силы, он будет медленно идти к одному из них и будет с ним взаимодействовать точно так же, как одиночный провод в последнем параграфе.

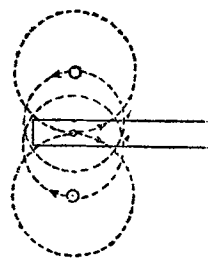


Рис. 12.

Рис. 11 и 12 показывают более отчетливо направление сил, которые действуют на полюсы, проходящие между

двумя неодинаковыми проводами: рис. 11 — когда полюс втягивается в пространство между проводами; а рис. 12 — когда полюс выталкивается из промежутка между ними. Полюса и состояние провода не обозначены, потому что диаграммы изображают притяжение и отталкивание обоих полюсов; для каждого определенного полюса соединение проводов должно быть соответствующим.

Если один из полюсов нарочно поднести к одному из

проводов и поставить в такое положение, в котором провод притягивал бы его особенно сильно, и если легким постукиванием облегчить стрелке свободу движения, стрелка будет двигаться до тех пор, пока не остановится на середине поперек провода.

Г-н де ля Рив изготовил прекрасный приборчик, за экземпляр которого я ему очень обязан. Прибор состоит из гальванической пары, поставленной на пробку и пущенной на жидкость. Концы небольших кусочков цинка и меди проходят через пробку и соединены наверху куском проволоки с шелковой изоляцией; проволока навита четыре-пять раз вокруг цилиндра, а витки скреплены друг

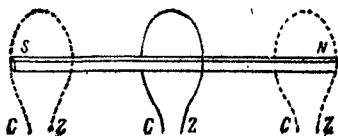


Рис. 13.

с другим шелковой ниткой и образуют таким образом замкнутую катушку диаметром около одного дюйма. Если поместить прибор на подкисленной воде, он хорошо слушается магнита и прекрасно служит, так сказать, для преобразования опытов с прямыми проводами, о которых сообщалось выше, в подобные им опыты с катушками. Так, если поднести близко к катушке магнит и поставить его на одном уровне с ее осью, то прибор оттолкнется или перевернется так, что к ближайшему полюсу обратится та сторона, которую он притягивает. Он затем будет подходить к полюсу, пройдет мимо него и будет удаляться от него до тех пор, пока не достигнет середины магнита; здесь он и остановится, охватив магнит равноделящим кругом; его движения и положение будут те же, которые были указаны ранее (рис. 13). Если его отвести к одному из полюсов, он опять вернется к центру; а если нарочно привести его в центре магнита в противоположное положение, то он обойдет один из полюсов — тот, к которому он окажется ближе, причем сначала он будет как будто притягиваться полюсом, а затем оттолкнется от него, — так это и есть в действительности. Если

что-нибудь выведет его из перпендикулярного к магниту направления, он повернется на пол-оборота, а затем снова надвинется на магнит в положение, описанное ранее. Если не проводить магнит через контур, а держать над ним, он установится в плоскости, перпендикулярной к магниту, но в направлении, противоположном прежнему. Таким образом, магнит, где бы он ни находился — внутри или вне этого контура, — заставляет его принимать определенное направление.

Если полюсы магнита поставить над этим плавающим контуром, возникают некоторые движения и положения, которые сперва кажутся ненормальными, но при некотором внимании их легко свести к вращательному движению провода около полюса. Я не считаю необходимым описывать их особо.

Положения, при которых этот контур притягивается и отталкивается, можно видеть на рис. 13; контур в двух положениях, обозначенных пунктиром, притягивается ближними к нему полюсами. Если положения изменить на противоположные, происходит отталкивание.

Из того, что в этих опытах магнит занимает центральное положение, можно заключить, что сильный и мощный контур или катушка будут удерживать в своем центре сильную стрелку в подвешенном состоянии. Заставив стрелку почти плавать на воде и наматывая катушку на стеклянную трубку, этот результат удалось отчасти осуществить.

Во всех этих магнитных движениях между проводом и полюсами те, которые походят на притяжения и отталкивания, иначе говоря, те, которые происходят по прямым линиям, требуют по крайней мере двух полюсов и одного провода или двух проводов и одного полюса. Ибо те, которые кажутся существующими между проводом и одним из полюсов батареи, обманчивы и могут быть сведены на круговое движение. Всеми, кто экспериментировал с этими явлениями, допускается, как мне кажется, что одинаковые силы отталкивают, а различные силы притягивают друг друга,

и притом независимо от того, где они существуют: в полюсах магнитов или на противоположных сторонах проводящих проволок. Если это допустить, то простейшими случаями магнитного действия будут те, которые вызываются полюсами катушек, ибо они представляют нам магнитные состояния двух противоположных сторон проволок, так, что они не зависят друг от друга, или почти так, а потому мы оказываемся в состоянии учитывать действие только двух из этих сил, исключив остальные; при этом из опытов следует, что если силы одинаковы, то происходит отталкивание, а если различны, то — притяжение. Таким образом, совокупность этих магнитных сил дает нам два случая отталкивания и один случай притяжения.¹

Следующими по порядку простоты случаями магнитного движения являются те, в которых участвуют три силы, например, силы, которые производятся полюсом и проводом. Это — вращательные движения, описанные в первой части статьи. Они распадаются на два: северный полюс и провод друг вокруг друга и южный полюс и провод друг вокруг друга. Закон, управляющий этими движениями, был установлен выше.

Затем следуют действия между двумя проводниками: эти последние, если они наэлектризованы одинаково, притягиваются, как это показал г. Ампер, потому что тогда противоположные (по действию) стороны обращены друг к другу, и все четыре силы согласно притягивают токи, образуя двойное притяжение; но если проводки неодинаковы, то они отталкиваются, потому что тогда на двух сторонах проводки друг против друга стоят одинаковые силы, которые и вызывают двойное отталкивание.

Затем следуют движения, вызываемые действием двух неодинаковых полюсов и одного проводника: провод стремится

¹ Может быть, это не вполне правильно, потому что хотя противоположные силы ослаблены, они все же действуют.

описывать противоположные круги около полюсов, а потому он увлекается на линию, проходящую через центральную часть стрелки, в которой полюсы расположены. Если провод находится на той стороне, на которой круги сходятся, он притягивается; если же он находится на противоположной стороне, где круги расходятся, то он отталкивается (рис. 10).

Движения полюса с двумя проводами почти таковы же, как и в последнем случае; если провода неодинаковы, полюс стремится образовать два противоположных круга около проводов; когда он находится на той стороне проводов, на которой круги встречаются, он притягивается; когда он на той стороне, на которой они расходятся, он отталкивается (рис. 8, 11, 12).

Наконец, движение между двумя полюсами и двумя различными проводами является примером, в котором несколько сил соединяются, чтобы произвести действие.

Г-н Ампер, обсуждая открытие г. Эрстеда, пришел к теории, в которой он старался объяснить свойства магнитов существованием в них концентрических токов электричества, расположенных вокруг оси магнита. В подтверждение этой теории он сперва сделал катушку или винтообразный провод, по которому токи могли проходить почти перпендикулярно к оси некоторого цилиндра вокруг этой оси. Было обнаружено, что концы таких катушек, если их соединить с гальваническим прибором, находятся в противоположных магнитных состояниях и имеют вид полюсов. Когда я изучал взаимодействие полюсов с проводами и прослеживал круговые движения, я пришел к убеждению, что можно получить много данных по вопросу о справедливости этой теории, если попытаться проследить действие катушки и сравнить его с действием магнита более точно, чем это делалось до сих пор, если изготовить искусственные электромагниты и проанализировать естественные. Я думаю, что при этих опытах я с некоторым успехом проследил действие электро-

магнитного полюса и при притяжении и при отталкивании, вплоть до вращательного движения, описанного выше.

Если взять три дюйма соединительного провода и позволить магнитному полюсу вращаться вокруг его середины, описывая круг диаметром немного менее одного дюйма, он будет перемещаться с равной силой во всех частях круга (рис. 14); согните затем провод в круг, не трогая той его части, вокруг которой перпендикулярно вращается полюс, как это видно по пунктирным линиям, и поставьте условием, чтобы полюс не мог уйти из круга дальше чем на его радиус. Сразу же станет очевидно, что теперь провод в различных участках круга, который он описывает, действует на полюс совсем различно. Каждый его участок будет одновременно действовать на полюс, заставляя его двигаться через центр проволочного кольца, зато после того, как он выйдет из этого положения, силы станут расходиться от него, и он либо выйдет из-под их влияния, либо подчинится противоположным силам, пока, прибыв на другую часть круга, он вновь не будет побуждаться, правда, очень небольшой частью тех сил, которые двигали ее ранее. По мере продолжения его хода по кругу движение его ускоряется, силы на нем быстро собираются, пока он снова не достигнет центра проволочного кольца, где они имеют наибольшую величину; далее они опять уменьшаются, как прежде. Таким образом, на полюс непрерывно действуют по кругу силы, которые, однако, непрерывно изменяются.

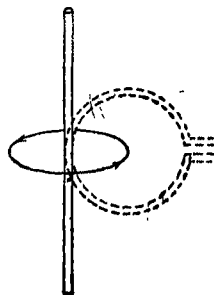


Рис. 14.

Если представить себе, что через проволочное кольцо проходит плоскость, тогда именно в центре плоскости силы действуют на полюс наиболее активно, двигают его с наибольшей силой. Вот это место фактически и является полюсом нашего магнитного прибора. Он, видимо, действует

с некоторой силой на вращающийся полюс, заставляя его приближаться или притягивая его на одной своей стороне и заставляя его удаляться или отталкивая его на другой; сила эта изменяется с расстоянием. Но силы (powers) полюса имеют только видимость, потому что сила (force) загнута кольцом, а упомянутый центр—просто место, где силы наиболее сосредоточены; правда, оно по видимости имеет

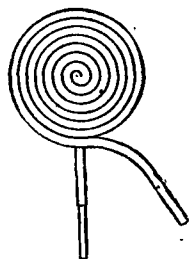


Рис. 15.

противоположные силы, а именно силы притяжения и отталкивания, но это является только следствием его положения на круге, движение же постоянно по своему направлению; действительным и настоящим двигателем полюса является провод.

На стр. 192 было показано, что два или более одинаковых провода, сложенные вместе в одну линию, действуют как один; их сила как бы скапливается у крайних проводов,

вследствие некоторого рода индукции, возникающей между всеми этими проводами; там же было отмечено подобное явление, когда концы прибора соединялись металлической пластинкой и у последней наибольшая сила наблюдалась видимо на краях. Если теперь вложить друг в друга ряд концентрических колец и пропустить через них электрический ток в одном и том же направлении или, что то же самое, сделать из покрытого шелком провода плоскую спираль, идущую от центра к краю окружности, а концы ее соединить с батареей (рис. 15), тогда круг, по которому будет происходить вращение, получится такой же, как на рис. 14: он будет проходить через центр колец или спирали, но сила возрастет в значительной степени. Если изготовить такую спираль, она прекрасно покажет это явление. Она подымает огромное количество железных опилок, которые повисают на ней как бы конусами—настолько сильно это действие в центре, а действие на стрелку с разных ее сторон необычайно сильно.

Если вместо того, чтобы вкладывать кольцо в кольцо, поместить их рядом так, чтобы образовался цилиндр, или если навить катушку, тогда возникает такая же нейтрализация в промежуточных проводах и такое же скопление действия во внешних проводах, как ранее. Линия, по которой будет теперь проходить полюс (предполагая, что внутренний конец радиуса движется у самых поверхностей цилиндра, внутренней и внешней), будет идти через ось цилиндра, вокруг края на одну сторону, обратно вдоль этой стороны и обратно к оси, вдоль которой он пойдет опять, как и раньше. В этом случае сила будет, вероятно, наибольшей на обоих концах оси цилиндра и наименьшей на середине расстояния, на внешней стороне.

Рассмотрим теперь внутреннее пространство цилиндра, заполненного кольцами или катушками; пусть ток по ним идет в одном направлении. Направление и вид силы будут прежние, но она будет гораздо сильнее; вдоль по оси она будет наибольшей вследствие круговой формы всей массы; те две стороны, которыми обладала точка в центре одиночного кольца и которые *кажущимся образом* обладали притягательными и отталкивательными силами, будут теперь удалены к концам цилиндра; возникнут две точки, действующие, видимо, различно, из которых одна будет притягивать, а другая отталкивать полюсы магнита. Представим себе теперь, что полюс в своем движении не принужден следовать сторонам кольца или плоской катушки, или цилиндра. Очевидно, что если его поместить на подходящем для взаимодействия расстоянии на оси одной из этих систем, то он, будучи гоним двумя или многими силами по одинаковым кругам, станет двигаться по прямой линии у пересечения этих кругов и будет прямо идти к вышеуказанным точкам или отходить от них; этим будет создаваться видимость прямого притягивания и отталкивания; а если его поместить вне этой оси, он будет двигаться по направлению к той же точке или от нее по некоторой кривой; направление и сила

последней определяются кривыми, представляющими активные силы частей провода, которые образуют концы цилиндра, катушки или кольца, а также их мощностью.

Таким образом, явления в катушке или массивном цилиндре из покрытых шелком проволочных спиралей сводятся к простому вращению магнитного полюса вокруг соединяющего провода батареи, а его столь разительное сходство с магнитом так велико, что у нас создается твердое убеждение, что сила обоих обязана одной и той же причине, как это и высказал г. Ампер. Если насыпать железных опилок на бумагу и держать ее над этим цилиндром, они сами строятся в кривые линии, проходящие от одного конца цилиндра к другому, показывая тот путь, по которому пошел бы полюс, и то же самое опилки делают над магнитом; его концы притягивают и отталкивают, как концы магнита; и вообще они

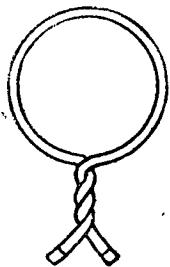


Рис. 16.

сходны почти во всех отношениях. Нижеследующие опыты будут иллюстрировать и подтверждать правильность этих замечаний о действии кольца, катушки и цилиндра и покажут, в чем их действия сходны с действием магнита и чем от них отличаются (так как имеются и различия).

Небольшой магнит почти плавал на пробке; к его полюсам в разных положениях подносилось кольцо из медной проволоки, покрытой шелком (рис. 16); концы кольца были соединены с батареей; иногда полюс магнита отталкивался от кольца, иногда в него втягивался, сообразно положению полюса и соединению кольца с батареей. Когда провод стоял против полюса, то полюс начинал двигаться в сторону и выходил наружу, если он отталкивался; он шел в сторону и входил внутрь, если он притягивался, а войдя внутрь кольца и пройдя через него, он продолжал двигаться в противоположном направлении, стремясь обойти вокруг провода. Действия, которые производило кольцо г. де ля Рива, отно-

сятся к этому же роду; именно они лучше всего иллюстрируют взаимоотношения между кольцом и полюсом. О некоторых из них уже упоминалось, а те, о которых будет упомянуто впоследствии, окажутся каждый раз в согласии с данными правилами.

У плоской спирали магнитная сила очень возрастает, и если витки не доводились до самого центра, то с помощью опилок или полюса стрелки легко было показать, что у внутреннего края сила больше, чем у наружного. Картина с опилками получалась исключительно красивая и поучительная. Если положить кольцо на кучу опилок, то они располагаются по линиям, которые пересекают кольцо параллельно его оси, и затем изгибаются с каждой стороны в радиальном направлении к краю, у которого они встречаются; так что они точно представляют те линии, которые описал бы полюс вокруг стороны кольца; а те опилки, которые находились на оси колец, подымались вверх перпендикулярными нитями длиной в полдюйма, как бы образуя настоящую ось кольца; они не отклонялись ни в ту, ни в другую сторону; они точно соответствовали по своей форме и расположению тому, что было описано выше. Те опилки, которые находились в промежутке между осью и витками, также располагались в длинные нити, отклонявшиеся от центра в ту или иную сторону, и притом больше или меньше, смотря по тому, насколько близко они от него находились.

С катушками явления были интересны потому, что из приведенных выше взглядов на притяжения и отталкивания, т. е. на движения к концам и от них, следуют некоторые заключения, и если последние окажутся действительно верными и будут выполняться и для магнитов, они окажутся весьма важными для доказательства тождественности катушек и магнитов. Так, конец, который кажется притягивающим некоторый полюс снаружи, должен как будто отталкивать его внутри, а тот, который кажется отталкивающим его снаружи, должен казаться притягивающим его внутри; иначе

говоря, движения на внутренней и внешней стороне происходят в различных направлениях по отношению к одному и тому же полюсу, а потому последний в одном случае будет двигаться к концу, а в другом — от этого же конца катушки. Некоторые из явлений этого рода были описаны при объяснении рис. 8, 11, 12 и 13; некоторые другие изложены далее.

Вокруг стеклянной трубки диаметром около одного дюйма была навита катушка из покрытой шелком медной проволоки. Катушка была длиной около трех дюймов. Магнитная стрелка почти такой же длины плавала на пробке так, что малейший толчок мог заставить ее двигаться в воде. Когда катушка была соединена с прибором и опущена в воду, в которой лежала стрелка, концы катушки, казалось, притягивали и отталкивали полюсы стрелки соответственно упомянутым ранее законам. Но если я подносил тот конец, который притягивал один из полюсов стрелки близко к этому полюсу, он входил в стеклянную трубку; он не останавливался внутри вблизи этого полюса катушки (как мы можем его временно назвать), а входил в трубку, втаскивая за собой всю стрелку, и проходил к противоположному полюсу спирали, т. е. к тому, который с внешней стороны его отталкивал. Если произвести опыт над другим полюсом магнита с соответствующим его концом или полюсом катушки, то получится такое же действие: полюс стрелки входит в трубку и проходит к другому концу, устанавливая стрелку в такое же положение, в каком она была в предыдущем опыте.

Таким образом, каждый конец катушки как будто и притягивает и отталкивает оба полюса стрелки; но это только естественное следствие движения по замкнутому кругу, ранее экспериментально показанного, и каждый полюс прошел бы сквозь катушку и повернул бы на внешнюю сторону, если бы не противодействие противоположного полюса. Было установлено, что разные полюсы совершают обход вокруг проводов в противоположных направлениях, и, следовательно,

они должны обходить катушку в противоположных направлениях при движении сквозь нее и вокруг ее снаружи; пусть один конец катушки находится около того полюса, который соответственно установленному закону входит в нее и стремится пройти через нее насквозь; тогда он действительно войдет в нее и будет продолжать свой путь до тех пор, пока другой полюс сперва издали войдет в сферу действия катушки; и, когда они оба окажутся одинаково внутри катушки и, следовательно, она будет и действовать на них одинаково, их стремления идти в противоположных направлениях будут уравновешены; стрелка останется неподвижной. Если бы было возможно отделить полюсы друг от друга, они бы устремились наружу, каждый из своего конца катушки, как будто отталкиваемые тем участком, который, казалось, прежде их притягивал, как это очевидно из первого и многих других опытов.

Если перевернуть стрелку и нарочно поместить ее в катушку в таком положении, тогда окажется, что полюсы стрелки и соответствующие полюсы катушки, которые притягивали стрелку снаружи, поставлены внутри катушки рядом; но теперь обе пары будут, видимо, отталкиваться; и из того конца, к которому стрелка окажется ближе, она будет выброшена наружу. Можно усмотреть, что временно обнаруживается притяжение между одинаковыми полюсами, поскольку находящийся внутри и действующий полюс изнутри увлекается к тому концу, от которого снаружи он отталкивается.¹

Эти опыты можно провести с одиночным витком г. де ля Рива, и в этом случае двигаться будет провод, а не магнит; но так как движения взаимны, то их легко предсказать.

Медная пластина была согнута почти в цилиндр, а ее края погружены в две порции ртути; включенная в ток, она действовала точно так же, как катушка.

¹ Намагничивающая сила катушки так велика, что, если проводить опыт медленно, стрелка изменит свой магнетизм и результат получится неверный.

Был изготовлен в виде катушки сплошной цилиндр из проволоки с шелковой оплеткой, причем один конец проволоки служил осью, а витки наматывались один поверх другого. Так же, как и вышеупомянутая катушка, он имел полюсы, которые во всех отношениях были подобны северному и южному полюсам магнита: они подымали опилки, они заставляли вращаться соединительный провод, они притягивали и отталкивали в четырех параллельных положениях, как это было описано для обыкновенных магнитов на первых страницах этой статьи; опилки, посыпанные над ними на бумагу, складывались в кривые линии от одного полюса к другому, как и с магнитами; эти линии указывали то направление, по которому северный или южный полюс стали бы двигаться около полюсов.

Если теперь рассмотреть соответствие, которое обнаруживается между явлениями у катушки или цилиндра, включенных в гальваническую цепь, и у обыкновенного цилиндрического магнита или у настоящего прямоугольного стержневого магнита, то оно настолько велико, что вначале не оставляет никакого сомнения в том, что, какова бы ни была причина, производящая свойства одного, она производит свойства и другого, потому что один можно заменить другим, насколько мне кажется, в каждом магнитном опыте; а в стержневом магните все явления на одном полюсе или с опилками и т. д. согласуются с представлением о круговом движении, которое, если бы только магнит не был твердым телом, проходило бы через его центр и обратно по наружной стороне.

Однако между явлениями у магнита и катушки или цилиндра имеются следующие различия: полюс магнита притягивает противоположный полюс магнитной стрелки; но если поставить катушку рядом со стрелкой, почти параллельно ей, совместив противоположные полюсы так, чтобы происходило притяжение, а затем начать двигать катушку, приближая полюс стрелки постепенно к ее середине, то

обычно, прежде чем полюс достигнет ее середины, возникает отталкивание и притом в таком положении, в котором при магните было бы притяжение. Это, по всей вероятности, происходит из-за недостаточной непрерывности витков или элементов катушки на боковых сторонах, вследствие чего нарушается и искажается единство действия, которое, наоборот, соблюдается в тех кольцах, на которые можно мысленно разделить магнит.

Другое различие состоит в следующем: полюсы, т. е. те места, на которые указывает стрелка, когда она перпендикулярна к концам или сторонам магнита или катушки (в них, как можно предполагать, сосредоточена, в основном, движущая сила), находятся в катушке на концах ее оси, а не внутри ее, на некотором расстоянии от концов; между тем у самых правильных магнитов они почти всегда расположены на оси внутри магнита, на некотором расстоянии от конца; стрелка, перпендикулярно указывающая на конец магнита, становится на одной прямой с его осью, но если она перпендикулярна к его боковой поверхности, то место, на которое она указывает, находится на некотором расстоянии от конца; у катушки или цилиндра она и в этом положении указывает на конец. Это различие, вероятно, надо приписать распределению возбуждающей причины магнетизма в магните и катушке. В последней оно обязательно всюду однородно, поскольку однороден электрический ток. В магните же она, вероятно, в середине действует сильнее, чем в других местах; в самом деле, северный полюс магнита, будучи поднесен к южному, увеличивает его активность и тем сильнее, чем он будет ближе; вследствие этого справедливо заключить, что соответственные части, которые фактически соединяются внутри стержня, обладают и такой же силой. Так, кусок мягкого железа, приложенный к одному концу подковообразного магнита, немедленно заставляет полюс двигаться к этому концу; но если затем коснуться им другого конца, то полюс приходит в движение в противоположном направлении и

ослабляется; и чем совершеннее контакт, тем дальше он отклонится и тем больше ослабляется. Можно думать, что если бы контакт был совершенным, то оба полюса магнита рассеялись бы по всей его массе и прибор не проявлял бы ни притягивающей, ни отталкивающей силы. А, значит, вполне вероятно, что под влиянием какой-то индукции большее скопление силы получается в середине магнита, а не на конце, вследствие чего полюсы могут оказаться внутри магнита, а не на его концах.

Третье различие заключается в том, что одинаковые полюсы магнитов отталкиваются почти на всех расстояниях, но если поднести их очень близко друг к другу, они притягиваются. Эта сила не велика, но я не думаю, чтобы она вызывалась большей силой одного полюса по сравнению с другим, так как ее проявляют почти одинаковые магниты и так как полюса в отношении своего магнетизма остаются прежними; когда они сложены друг с другом, они способны поднять столько же железных опилок, сколько поднимают, когда разъединены, а может быть, и больше; между тем различные полюсы, будучи приведены в контакт, не могут притягивать так же много. В таком же опыте с одинаковыми полюсами катушек такого притяжения не бывает.

Попытки сделать магниты похожими на катушку или на плоскую спираль оказались безуспешны. Стальная пластинка была согнута в виде цилиндра и намагничена; один конец по всей окружности оказался северным, а другой южным; но внешняя и внутренняя стороны имели одинаковые свойства, и ни один из полюсов стрелки не шел вдоль по оси и назад вдоль внешней стороны, как при катушке: он всегда останавливался у разноименного полюса стрелки. Отсюда несомненно, что кольца, из которых, как можно предполагать, составлен цилиндр, находятся не в таком же состоянии, как те, из которых составляется катушка. Все попытки намагнитить плоскую круглую стальную пластину так, чтобы иметь один полюс в центре одной стороны, а другой полюс

в центре противоположной стороны, с целью воспроизвести плоскую спираль (рис. 15), остались безуспешными. Не получилось ничего, кроме неравномерного распределения магнетизма.

Я думаю, что г. Ампер не имеет определенного мнения относительно размеров тех электрических токов, которые, как предполагается, существуют в магнитах перпендикулярно к их осям. В одном месте своего мемуара, мне кажется, он говорит о том, что они концентричны, но это невозможно для случая цилиндрического магнита, если только не предположить, что их два и они направлены в противоположные стороны, один на внутренней, другой на внешней поверхности. В другом месте, я полагаю, выражено мнение, что они могут быть чрезвычайно малы и, может быть, для того, чтобы объяснить причину существования весьма неправильных магнитов, можно теоретически давать этим малым токам нужное направление.

При своих более ранних попытках объяснить некоторые из электромагнитных движений и показать связь между электромагнитами и собственно магнитами я не имел намерения принимать какую-либо теорию причины магнетизма или же возражать против какой-либо теории. Кажется вполне вероятным, что в правильном стержневом магните сталь или железо находятся в том же состоянии, как и медный провод катушечного магнита, и возможно, как предлагает в своей теории г. Ампер, это создается и теми же средствами, а именно электрическими токами; но все же кроме одних только магнитных действий необходимы другие доказательства присутствия там такой силы, как электричество. Что касается противоположных сторон соединительного провода и исходящих из них сил, то, когда я говорил о них как о двух, я хотел только отличить один ряд действий от другого. С высоким авторитетом д-ра Волластона связано мнение о том, что одиночный электромагнитный ток, проходящий вокруг оси провода в направлении, определенном

положением гальванических полюсов, достаточен для объяснения всех явлений.

Г-н Ампер, который так деятельно занимался этой отраслью естествознания, вывел из своей теории заключение, что кольцеобразный провод, образуя часть соединения между полюсами батареи, должен под действием земного магнетизма принимать определенное направление и устанавливается в плоскости, перпендикулярной к магнитному меридиану и стрелке наклона. Как говорят, этот результат был получен фактически, но его точность еще остается под вопросом с точки зрения как теоретической, так и экспериментальной. Так как магнит направляет провод, имеющий форму кривой, а кривая — стрелку, я попробовал повторить опыт и добился успеха следующим образом. Была собрана гальваническая цепь из двух пластин, которые были соединены медным проводом, согнутым в круг; пластины были погружены в небольшую стеклянную банку с разведенной кислотой, а банка плавала на поверхности воды; будучи затем предоставлен самому себе в спокойной атмосфере, прибор устанавливался так, что кривая была в плоскости, перпендикулярной к магнитному меридиану; если я выводил его из этого положения в ту или иную сторону, то он возвращался в него снова; а если проверить, какая сторона кривой направлялась к северу, оказывается, что это как раз та сторона, которая, соответственно установленному выше закону, должна была бы притягиваться южным полюсом. Гальваническая цепь, собранная в серебряной капсуле и соединенная таким же кривым проводом, производила такое же действие, а равно — с большой легкостью — и малый кольцевой прибор г. де ля Рива.¹ Если его пустить на подкисленную воду, то газ, выделяющийся с пластин, мешает ему принять устойчивое положение; но если поместить его в небольшую плавающую чашку, сделанную из горлышка

¹ Quarterly Journal of Science, XII, стр. 186.

флорентийской склянки, то весь прибор легко принимает вышеуказанное положение и даже слегка колеблется около него.

Так как прямому соединительному проводу магнит сообщает движение в определенном направлении, то имеется полное основание думать, что он таким же образом получает определенное направление и под действием земли; это направление будет перпендикулярно к магнитному меридиану. Он должен взаимодействовать с магнитным полюсом земли так же, как и с полюсом магнита, и будет стремиться вращаться вокруг него. Следовательно, теоретически, если взять горизонтальный провод, перпендикулярный к магнитному меридиану, и соединить его с гальванической батареей сначала одним, а затем противоположным образом, он должен изменить свой вес, потому что в одном случае он стремится двигаться по кругу вниз, а в другом — вверх. Это изменение должно быть различно в различных местах земли. Такое действие на самом деле производится полюсом магнита, но мне не удалось этого достигнуть, пользуясь только полярностью земли.

11 сентября 1821 г.

ПРИБОР ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВРАЩЕНИЯ ¹

Уже после того как предыдущая статья была напечатана, я получил прибор, изготовленный г. Ньюэном (Лайл-стрит) для вращения проволоки вокруг полюса и полюса вокруг проволоки. Когда он соединялся с калоримотором Гейра, проволока вращалась вокруг полюса так быстро, что глаз едва мог следить за ее движением; сила одного гальванического сосуда, конструкции д-ра Волластона, с десятью парами пластин, была достаточна для того, чтобы

¹ Quarterly Journal of Science, XII, стр. 186.

двигать и проволоку и полюс со значительной скоростью. Прибор состоит из подставки, приблизительно три на шесть дюймов, с одного конца которой подымается латунный столб высотой около шести дюймов; на столбе горизонтально укреплен над подставкой медный стержень; на другом конце подставки приделана медная пластина с проводом для присоединения, выведенным с одной стороны; посередине находится такая же пластина с проволокой; обе неподвижны. Ко дну небольшой мелкой стеклянной чашки, держащейся на полой стеклянной ножке, примазана металлическая пластинка, закрывающая отверстие и соединяющаяся с пластиной на подставке; полая ножка служит футляром, в который можно вставить небольшой цилиндрический стержневой магнит так, чтобы верхний полюс его был немного выше краев стакана; затем стакан почти до полна наливается ртутью; металлический прут спускается с горизонтального стержня перпендикулярно над этой чашкой; на его конце выдолблена небольшая впадина, которая амальгамирована; в нее вставлен кусочек жесткого медного провода, также амальгамированный, как описано в статье, с той только разницей, что он привязан куском нитки в виде повязки, проходящей от конца провода к внутренней поверхности чашки; нижний конец провода амальгамирован и снабжен небольшим роликом, который погружен в ртуть и находится немного ниже ее поверхности в чашке под проводом.

Вторая пластинка на подставке также имеет свою чашку, приблизительно цилиндрическую; через ее дно проходит металлическая шпилька для контакта с нижележащей пластиной. К внутреннему концу этой шпильки ниткой прикреплен за один полюс небольшой круглый стержневой магнит, так что его другой полюс находится над поверхностью ртути, если чашка наполнена; этот полюс свободно движется в ртути; толстая проволока спускается от верхнего прута перпендикулярно и погружается немного в ртуть чашки; она является соединительным проводом, и полюс может

двигаться вокруг нее в любом направлении. Если затем присоединить столб и одну из проволок от пластин на подставке, то происходит вращение проволоки или верхнего полюса; а если соединить проволоки с проводами, идущими от пластин, то движение возникает одновременно в двух чашках и в соответствии с законом, установленным выше. Этот прибор можно сильно уменьшить в размере и сделать гораздо более тонким и чувствительным.

ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ¹

Приведенное в отделе «Смесь» последнего номера журнала (стр. 211) сообщение о приборе, изобретенном для иллюстрации статьи в главной части этого номера, слишком кратко и недостаточно; поэтому в настоящем номере дан рисунок, показывающий этот прибор в разрезе, а также общий вид меньшего прибора, который демонстрирует движение проволоки и полюса друг вокруг друга. Бóльший прибор изображен на рис. 1 в половинном масштабе. Он состоит из двух поставленных рядом стеклянных сосудов вместе с их принадлежностями. В левом происходит движение магнитного полюса вокруг соединительного провода гальванической батареи. Для того чтобы через чашку мог проходить ток гальванического электричества, в ее дне просверлено отверстие, в которое вставлена шлифованная медная шпилька, проникающая немного наверх в чашку, а снизу приклепанная к небольшой круглой медной пластине, образующей часть ножки сосуда. Такая же медная пластинка прикреплена к выточенной из дерева подставке, на которой должна стоять чашка; кусок крепкой медной проволоки, прикрепленной к ней снизу, пройдя немного вниз,

¹ Quarterly Journal of Science, XII, стр. 283.

поворачивается горизонтально влево и образует одно из соединений. Поверхности этих двух пластин, которые должны соприкоснуться между собой, полужены и наамальганы

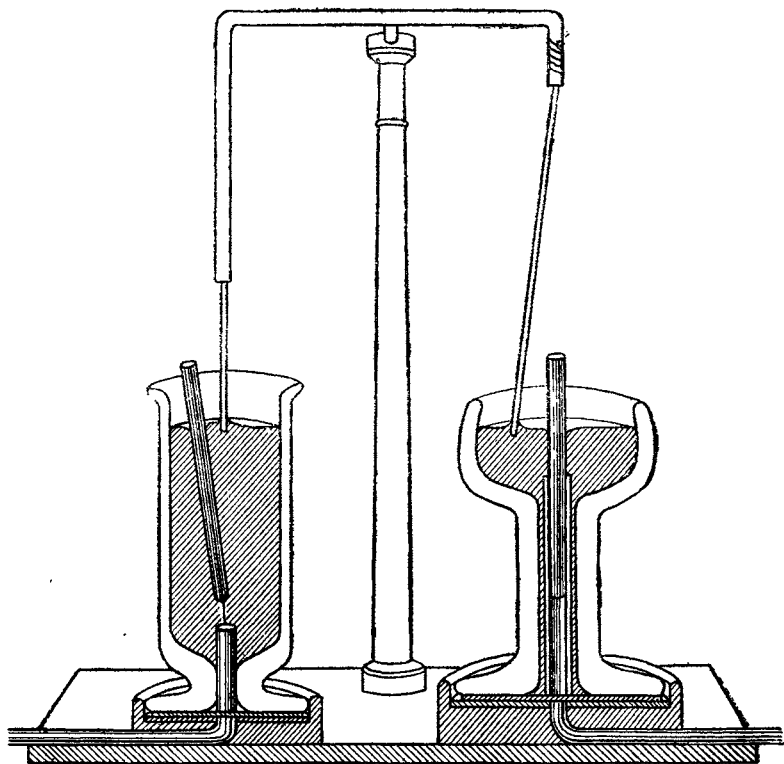


Рис. 1.

мированы, чтобы дольше оставаться чистыми и блестящими и чтобы представляемый ими контакт был лучше. Один из полюсов небольшого цилиндрического сильного магнита привязан к куску нити, которая другим концом привязана к медной шпильке в дне чашки; а высота магнита и длина нити рассчитаны так, чтобы свободный полюс мог

плавать в приблизительно вертикальном положении на поверхности чашки, когда она почти доверху полна чистой ртутью.

Небольшой латунный столбик подымается от подставки позади стеклянных сосудов; от его верхушки выступает вперед плечо; оно держит на своем конце поперек проволоку, которая в некоторой точке с левой стороны, где она находится вертикально над вышеописанной чашкой, загнута вниз и опускается до тех пор, пока не погрузится в ртуть в центре поверхности последней. Проволока на небольшом протяжении над поверхностью ртути утончена, а ее нижний конец амальгамирован для обеспечения хорошего контакта; амальгамирована также медная шпилька в дне чашки. Если соединить полюсы гальванического прибора с латунным столбом и с боковым медным проводом, верхний полюс магнита тотчас же начинает вращаться вокруг проволоки, погруженной в ртуть, в ту или иную сторону, смотря по тому, как сделано соединение.

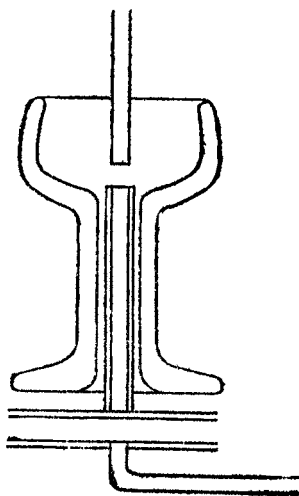


Рис. 2.

Другой сосуд имеет форму, изображенную на рис. 2. Ножка — полая и трубчатая; она не заткнута стержнем, как это сделано в первом сосуде; вместо этого в нее вставлена небольшая медная трубка, которая удерживается в ней благодаря тому, что прикреплена внизу к круглой пластинке, примазанной к стеклянной подножке, так что через нее ртуть проходить не может. Эта пластина полужена и наамальгамирована на своей нижней поверхности и стоит на другой пластине с проволокой точно так же, как и в предыдущем случае. В трубку вставлен небольшой круглый

стержневой магнит на некоторой подходящей высоте; затем в сосуд наливается ртуть — до такой высоты, что выше поверхности ртути остается выступающий в центре поверхности только полюс магнита. Форма и соответствующее расположение магнита, трубки, пластинки и т. д. видны на рис. 2.

Поперечный провод, укрепленный наверху латунного столба, продолжен также направо вплоть до центра описанного сейчас сосуда; затем он загнут вниз

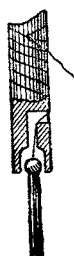


Рис. 3.



Рис. 4.

и спускается приблизительно на полдюйма; в его нижнем конце вдолблена чашка, внутренняя поверхность которой хорошо амальгамирована. К куску медной проволоки меньшей толщины приделана сферическая головка такой величины, чтобы она могла входить в чашку наподобие шарового шарнира, а так как она хорошо амальгамирована, то, находясь в чашке, удерживает благодаря капиллярному притяжению жидкую ртуть в достаточном количестве;

таким образом осуществляется превосходный контакт при полной свободе движения. Шар не может выпасть из гнезда, потому что его удерживает прикрепленная к нему на верхушке тонкая нитка, проходящая через небольшое отверстие в вершине чашки и закрепленная на внешней стороне толстого провода. Это разъясняется более подробно рис. 3 и 4. Длина тонкого провода позволяет ему незначительно погружаться в ртуть, а нижний его конец амальгамирован. Если произвести соединения со столбом и правым проводом так, чтобы электрический ток пошел через этот подвижный провод, он немедленно начинает вращаться вокруг полюса магнита в направлении, зависящем от того, каков взятый для опыта полюс, и от того, как сделано соединение.

Рис. 5 представляет вид небольшого прибора, в котором провод быстро вращается от очень небольшой гальванической силы. Он состоит из куска стеклянной трубки, нижняя часть которой закрыта пробкой; через пробку проходит небольшой кусок мягкой железной проволоки, так что она немного выступает сверху и снизу пробки. Затем в трубку вливают немного ртути, которая при этом образует кольцевой канал между железной проволокой и стеклянной трубкой. Верхнее отверстие также закрыто пробкой, через которую проходит кусок платиновой проволоки, оканчивающейся внутри крючком; другой кусок проволоки висит на нем при помощи петли, а ее нижний конец, который очень незначительно погружается в ртуть, амальгамирован, что предохраняет его от прилипания к железному проводу или к стеклу. Если соединить с верхним и нижним концами этого прибора очень небольшую гальваническую батарею и привести в соприкосновение с внешним концом железной проволоки полюс магнита, то подвижный провод внутри начинает вращаться вокруг временно образовавшегося таким образом магнита; изменяя соединение или заменяя полюс магнита, находящегося в соприкосновении с железом, на другой, мы меняем направление самого движения.

Приборчик на рисунке приведен не в масштабе. Он был сделан таким небольшим, чтобы производить быстрое вращение от действия двух пластин, цинковой и медной, с поверхностями не больше четверти квадратного дюйма каждая.

Вместо шарика и шарового шарнира (рис. 3 и 4) можно пользоваться петлями; или неподвижную проволоку можно окончить чашечкой, содержащей ртуть и имеющей отверстие кверху, а подвижный провод можно согнуть в виде крючка с заостренным концом, который должен лежать в ртути на дне чашечки.



Рис. 5.

ЗАМЕТКА О НОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИЖЕНИЯХ¹

Как я писал на стр. 211 этого тома, следует ожидать, что можно заставить провод, через который проходит ток гальванического электричества, подчиняться действию магнитных полюсов земли точно так же, как он подчиняется полюсам стержневого магнита. В последнем случае он вращается, а в первом он, как я предположил, будет менять свой вес; но попытки, которые я тогда делал для доказательства существования этого действия, оказались несостоятельными. С тех пор мне удалось достигнуть большего успеха, и целью настоящей заметки будет, с одной стороны, дополнить прежнюю, а с другой стороны — показать, каким образом появляется вращательная сила провода вокруг земного магнитного полюса и каковы производимые ею действия.

Если рассматривать магнитный полюс просто как центр действия, существование и положение которого могут быть определены общеизвестными средствами, то, как было показано многими опытами в моей статье (стр. 183), электромагнитный провод будет вращаться вокруг полюса вне всякой зависимости от положения прямой, соединяющей его с противоположным полюсом того же бруска, потому что указанная прямая была иногда горизонтальна, а иногда вертикальна, а вращение оставалось тем же. Было также показано, что провод, когда на него влияет полюс, движется вбок, причем части его описывают круги в плоскостях, почти перпендикулярных к самому проводу. Вследствие этого, если он прямой и имеет одну неподвижную точку [наверху, то он описывает при своем вращении конус, но когда он изогнут в виде крюка, он описывает цилиндр; действие же во всех случаях и для каждой точки провода состоит, очевидно, в том,

¹ Quarterly Journal of Science; XII, стр. 146.

что она описывает круг вокруг полюса в плоскости, перпендикулярной к электрическому току, проходящему через провод. Устранив магнит, которым мы пользовались, чтобы производить эти движения, и действуя земным магнитным полюсом, было легко, пользуясь полученными выше знаниями, определить заранее направление, в котором можно ждать движения; в самом деле, пусть стрелка наклоения не указывает на полюс земли; она во всяком случае указывает то направление, в котором этот полюс действует, а потому вполне очевидно, что прямолинейный электромагнитный провод, на который действует полюс (все равно, земной или искусственный), будет двигаться вбок под прямым углом к стрелке, т. е. будет стремиться описать цилиндр вокруг полюса; при этом радиус цилиндра может быть представлен линией стрелки, продолженной до самого полюса. Так как эти цилиндры или круги будут огромной величины, то очевидно, что лишь очень небольшой участок их может быть сделан доступным при проведении опыта; все же, однако, этого участка будет достаточно для того, чтобы указать на их существование, тем более что движения, происходящие в рассматриваемом участке, должны быть того же рода и в том же направлении, как и в каждом другом участке.

Рассуждая таким образом, я заключил заранее, что электромагнитный провод должен двигаться вбок или по линии, перпендикулярной к электрическому току, проходящему через него в плоскости, перпендикулярной к стрелке наклоения; а так как наклонение здесь равно $72^{\circ} 30'$, то эта плоскость должна образовать с горизонтом угол в $17^{\circ} 30'$, отмеренный в магнитном меридиане. Отклонение от горизонта не так уже велико, и я рассчитывал наблюдать движения в плоскости горизонта и действительно получил их следующим образом: у куска медной проволоки толщиной около 0.045 дюйма и длиной четырнадцать дюймов было на каждом конце загнуто под прямым углом по одному

дьюму в одном и том же направлении, и концы эти были амальгамированы; провод был затем горизонтально подвешен к потолку с помощью длинной шелковой нити. Под каждым концом провода был помещен резервуар с чистой ртутью; я подымал его до тех пор, пока конец провода только-только погружался в металл. В обоих резервуарах ртуть была покрыта слоем разведенной чистой азотной кислоты, которая растворяла всякие пленки и способствовала свободе движения. Если затем соединить ртуть одного резервуара с одним из полюсов калоримотора Гейра (прибора, упомянутого на стр. 183), то в тот момент, когда второй полюс присоединялся к другому резервуару, подвешенный провод тотчас смещался по резервуару вбок до соприкосновения со стенкой; при разрыве соединения провод снова принимает свое первоначальное положение; восстановив соединение, вновь получаем движение. При изменении положения провода действие сохранялось, а движение было всегда направлено одинаково по отношению к проводу или, вернее, по отношению к проходящему через него току, образуя с ним прямой угол. Так, если провод был направлен с востока на запад, восточный конец к цинковой, а западный конец к медной пластинке, то движение было по направлению к северу; когда соединения переключались, движение происходило по направлению к югу. Когда провод был подвешен по направлению с севера на юг, северный конец к цинковой пластине, а южный конец к медной пластине, то движение происходило по направлению к западу; при перемене соединений на противоположные он двигался по направлению к востоку; при промежуточных положениях и движения были в промежуточных направлениях.

Таким образом, стремление провода двигаться вокруг полюса земли очевидно, а направление движения получается точно такое же, как и в предыдущих опытах. Опыт уточняет также ту силу, которая заставляет поворачиваться контур Ампера, и то направление, в котором эта сила дей-

ствуется. Общеизвестный опыт, сделанный г. Ампером, показывает, что если проволочное кольцо, через которое пропущен электрический ток, может вращаться вокруг вертикальной оси, то оно устанавливается в плоскости магнитного меридиана с востока на запад; если оно может вращаться вокруг горизонтальной оси, направленной с запада на восток, то оно устанавливается в плоскости, перпендикулярной к направлению стрелки наклона. Если теперь кривую рассматривать как многоугольник с бесконечным числом сторон и каждую из этих сторон последовательно сравнить с прямолинейным проводом, только что нами описанным, то мы увидим, что их движения, вызываемые земным полюсом или полюсами, как раз таковы, что неизбежно приведут образуемый ими многоугольник в плоскость, перпендикулярную к стрелке наклона; так что поперечное движение кольца можно свести к простому вращению провода вокруг полюса. Конечно, в производимом действии принимает участие весь земной магнетизм, а не одна та часть, которая, как я на время предположил, имеет центром действия северный полюс земли; но действие таково же и производится таким же образом; а введение влияния южного полушария делает только результат аналогичным опыту на стр. 194, где участвуют два полюса, а не опыту на стр. 186 и т. д., где действует только один полюс.

Кроме вышеприведенного доказательства вращения вокруг земного полюса я сделал один еще более поразительный опыт. Поскольку в опыте с вращением вокруг полюса магнита полюс перпендикулярен только к небольшой части провода и более или менее наклонен к остальной, я считал вероятным, что провод, очень легко подвешенный и соединенный, можно заставить вращаться вокруг направления стрелки наклона действием одного земного магнетизма; верхняя часть должна быть закреплена в одной точке, расположенной на линии наклона, а нижняя должна двигаться по окружности вокруг этой линии. Такой результат

был достигнут следующим образом: кусок медной проволоки диаметром около 0.018 дюйма и длиной в шесть дюймов был тщательно амальгамирован по всей поверхности и подвешен на петле к другому куску такой же проволоки, как описано на стр. 217, тем самым допускалась большая свобода движения; нижний конец проволоки был пропущен через кусок пробки, чтобы он мог плавать на ртути; верхняя часть была соединена с толстым проводом, который отходил к одному полюсу гальванического прибора; стеклянный резервуар диаметром в десять дюймов был наполнен чистой светлой ртутью, а на ее поверхность, как прежде, было налито немного разведенной кислоты; толстый провод был затем подвешен над центром стеклянного резервуара и опускался до тех пор, пока тонкий подвижный провод, нижний конец которого оставался на поверхности ртути, не образовал с горизонтом угол около 40° . Как только цепь через ртуть замыкалась, этот провод начинал двигаться и вращаться, и пока соединение сохранялось, он, не переставая, описывал конус, который, хотя его ось была вертикальна, очевидно, судя по изменению скорости движения, считал линию, параллельную стрелке, наклона, той, по которой действовала сила, его образующая. Направление движения, как и ожидалось, было такое же, как то, которое производит магнитный полюс, указывающий на юг. Если центр, от которого висел провод, поднять так, чтобы наклон провода стал равен наклонению стрелки, то никакого движения не получается, когда провод параллелен магнитному наклонению; если наклон провода меньше, чем у магнитного наклонения, то движение в том участке круга, который мог описывать нижний конец, было обратным: результаты, которые неизбежно следуют из соотношения между наклонением стрелки и движущимся проводом; их легко распространить и далее.

Выше я описывал эти явления как вызываемые северным полюсом земли, принимая этот полюс за центр действия,

направленного по линии наклона стрелки. Это делалось для того, чтобы такие явления можно было легче сравнивать с явлениями, производимыми полюсом магнита. Г-н Био показал вычислением, что магнитные полюсы земли можно рассматривать как две точки на магнитной оси, расположенные очень близко друг к другу в центре земного шара. Г-н Ампер в своей теории выдвинул мнение, что земной магнетизм вызывается электрическими токами, движущимися вокруг ее оси параллельно экватору. Исходя из согласия, существующего между вычислением, теорией и фактами, можно, пожалуй, получить некоторое представление о том, что было сказано на стр. 199 относительно вращения полюса через проволочное кольцо и вокруг него. Описанные там различные стороны плоскости, которая проходит через кольцо и которая может представлять экватор в теории г. Ампера, превосходно согласуются с полушариями земли, а относительное положение предполагаемых точек притяжения и отталкивания совпадает с тем, которое г. Био приписал полюсам самой земли. Однако, каково бы ни было состояние и расположение земного магнетизма, описанные мною опыты поддерживают меня в моем предположении о том, что в каждом месте земного шара электромагнитный провод, вполне предоставленный действию земного магнетизма, начинает двигаться в плоскости (потому что таковою можно считать тот малый участок, с которым мы в состоянии экспериментировать), перпендикулярной к направлению наклона стрелки, и притом в направлении, перпендикулярном к проходящему через него электрическому току.

Возвращаемся теперь к тем надеждам, которые я питал относительно возможности изменить кажущийся вес проволоки; они были основаны на мысли о том, что проволока, двигаясь по направлению к северу вокруг полюса, должна подниматься, а двигаясь по направлению к югу, должна опускаться; в самом деле, плоскость, перпендикулярная

к направлению наклона стрелки, подымается и опускается в этих направлениях. Для того чтобы удостовериться в существовании этого явления, я изогнул проволоку дважды под прямым углом, как в первом опыте, описанном в этой заметке, и на каждом конце укрепил по короткому куску наамальгамированной тонкой проволоки; через нее я произвел соединения с резервуарами, содержащими ртуть. Проволока затем была подвешена не так, как прежде, к потолку, а к небольшому чувствительному рычагу, который должен был показывать всякое проявляющееся изменение в весе проволоки; затем были сделаны соединения с гальваническим прибором, но, к моему удивлению, оказалось, что провод становится легче в обоих направлениях, хотя в направлении к югу не так сильно, как в направлении к северу. При дальнейшем испытании было установлено, что он подымается при включении контакта, каково бы ни было его положение относительно магнитного меридиана; вскоре я убедился, что это явление не зависит ни от земного магнетизма, ни от какого-либо местного магнитного действия на провод проводников или окружающих предметов.

После некоторого обследования я обнаружил причину этих неожиданных явлений. Кусок амальгамированной тонкой медной проволоки был погружен в чистую ртуть, на которой находился слой воды или разведенной кислоты; правда, это не было необходимо, но сохраняло ртуть чистой, а провод холодным. В таком положении когезивное притяжение ртути вело к образованию вокруг провода возвышения металла, хотя небольшой, но определенной величины, последнее же стремилось опустить провода вниз, увеличивая его вес. Когда ртуть и провод были соединены с полюсами гальванического прибора, это возвышение заметно уменьшалось в размере из-за кажущегося изменения когезивного притяжения ртути, и часть силы, которая ранее стремилась опустить провод, таким образом устранилась.

Такое изменение происходило одинаково при любом направлении тока, который проходил через провод и ртуть; действие его прекращалось в тот момент, когда прерывалось соединение.

Таким образом причина, которая заставляла провод подниматься в предыдущем случае, стала очевидна, а зная ее, легко было построить прибор, в котором повышение получалось бы весьма значительное. К куску медного звонкового провода длиной около двух дюймов на обоих концах припаивались тонкие медные амальгамированные проволочки, которые были затем отогнуты, так что шли параллельно друг другу. Все это было затем подвешено на шелковой нитке к рычагу, а концы тонких проволочек погружались в две чашки чистой ртути. Когда я замыкал через эти две чашки гальванический прибор, проволоки поднимались из ртути на высоту около одного дюйма; они опускались снова, когда соединение размыкалось.

Таким образом оказывается, что когда тонкий амальгамированный медный провод погружается в ртуть, а ток гальванического электричества проходит через всю комбинацию, на месте, где впервые провод прикасается к ртути, происходит особое действие, равносильное уменьшению когезивного притяжения ртути. Действие быстро уменьшается с увеличением толщины провода, и двадцать пар пластин в четыре квадратных дюйма каждая, конструкции д-ра Волластона, не произведут его с тонкими проводами; при толстом проводе для этого достаточно двух больших пластин. Я пользовался для опыта калоримотором д-ра Гейра; заряд его был так слаб, что едва мог нагреть два дюйма проволоки любого размера. Является ли это действие на самом деле уменьшением притяжения частиц ртути или зависит от какой-либо другой причины, пока остается нерешенным. Но во всяком случае его влияние так велико, что его надо всегда учитывать в опытах, производимых для определения силы и направления электромагнитного провода,

на который действует магнитный полюс, если направление отлично от горизонтального и если наблюдения ведутся способом, описанным в настоящей заметке. Следовательно, например, на магнитном экваторе, где, как надо ожидать, кажущееся изменение веса электромагнитного провода должно быть наибольшим, уменьшение веса при его стремлении подняться будет увеличиваться этим действием, а кажущееся увеличение веса, вызываемое его стремлением опуститься, будет уменьшено, а, может быть, и совсем уничтожено противоположным действием.

Я получил в письме из Парижа сообщение об одном остроумном приборе,¹ изобретенном г. Ампером для демонстрации вращательных движений, описанных в моей предыдущей статье. Г-н Ампер заявляет, что если сделать этот прибор достаточного размера, он будет вращаться под влиянием магнитного действия земли, и очевидно, что это так и будет в широтах на некотором расстоянии от экватора, если вращающиеся провода, именно те, за которые подвешено цинковое кольцо, находятся в таком положении, что образуют с вертикальной линией угол больший, чем тот, который образует направление магнитного наклона.

Надо заметить, что движения, описанные в настоящей заметке, производились одной парой пластин, а поэтому, так же как и движения, описанные в моей статье (стр. 183), противоположны тому, что производилось бы двумя и более парами пластин. Надо также помнить, что северный полюс земли противоположен по своим силам тому, что я называл северными полюсами стрелок или магнитов, и подобен их южным полюсам.

В заключение я позволю себе выразить надежду на то, что закон, который я смел высказать относительно направлений вращательных движений электромагнитного провода, находящегося под влиянием земного магнетизма, будет

¹ См. Quarterly Journal of Science, XII, стр. 415.

подвергнут проверке в различных широтах; или, что почти то же самое, что закон, выведенный г. Ампером и определяющий положение, принимаемое его кривым проводом (т. е. что он становится в плоскость, перпендикулярную к стрелке наклона), будет экспериментально подтвержден всеми, у кого будет на это возможность.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И Т. Д.

Как раз накануне сентября 1821 г. я был занят писанием «Исторического очерка электромагнетизма», который опубликован в *Annals of Philosophy* (новая серия, за сентябрь и октябрь 1821 г. и февраль 1822 г., или в т. II, стр. 195, 274, и т. III, стр. 107). Мысли, возникшие тогда, привели к предшествующим статьям и открытию электромагнитного вращения. Так как дальнейшие статьи указывают на него для выяснения дат, я считаю нужным указать здесь, где его можно найти, хотя и не считаю нужным перепечатывать этот обзор, так как он описывает чужие, а не мои собственные наблюдения.

Март 1844 г.

ДЕЙСТВИЕ ХОЛОДА НА МАГНИТНЫЕ СТРЕЛКИ¹

Д-р де Санктис недавно опубликовал кое-какие опыты по вопросу об уничтожении магнитной силы стрелок под влиянием холода² или, по крайней мере, о потере ими чувствительности к действию железа и других магнитов. Г-н Эллис приписывает заслугу этого открытия и его обсуждения покойному губернатору Эллису. Мы считали важным установление самого факта, что холод, так же как и тепло,

¹ *Quarterly Journal of Science*, XIV, стр. 435.

² *Philosophical Magazine*, LX, стр. 199.

ослабляет или уничтожает магнитную силу железа или стали; поэтому мы обернули магнитную стрелку корпией, окунули в сероуглерод и установили ее на ее острие; затем мы поместили ее под колпак воздушного насоса и быстро выкачали воздух; таким путем легко получить охлаждение ниже точки замерзания ртути. В таком состоянии стрелка легко ощущала действие железа или магнита; было наблюде-но число колебаний, совершаемых ею за данное время под влиянием на нее земли. Затем около насоса был помещен огонь, и все было нагрето; и когда при температуре приблизительно 80°F стрелка снова подверглась исследованию, она оказалась в точно таком же состоянии, как и прежде, в смысле действия на нее железа и магнита; а число колебаний оказалось очень близко к прежним, хотя немного больше. Степень откачки оставалась одинаковой на протяжении опыта.

Редактор.

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА ОТНОСИТЕЛЬНО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВРАЩЕНИЯ¹

В т. XII Quarterly Journal of Science (стр. 74) я опубликовал статью о некоторых новых электромагнитных движениях и о теории магнетизма (стр. 183). Ввиду возникновения некоторой дискуссии сейчас же по опубликовании этой статьи, возобновившейся и теперь, за последние два месяца, я считаю правильным как по отношению к д-ру Волластону, так и по отношению к самому себе сделать следующее заявление: д-р Волластон был, я думаю, первым, кто высказал мысль о возможности электромагнитного вращения; если я правильно себе представляю это, он пришел к такому мнению очень давно, повторяя опыты проф. Эрстеда. Должно быть, приблизительно в августе 1820 г. у д-ра Вол-

¹ Quarterly Journal of Science, XV, стр. 288.

ластона впервые возникла мысль о возможности заставить провод в гальванической цепи вращаться вокруг своей собственной оси. По некоторым причинам я уверен в том, что не слышал об этой мысли до следующего ноября, а в начале следующего года д-р Волластон, имея при себе прибор, который он изготовил для этой цели, прибыл в Институт вместе с сэром Гемфри Дэви, чтобы произвести опыт такого рода. Я не присутствовал при опыте и не видал этого прибора, но я вошел после и помогал при проведении некоторых дальнейших опытов с проволоками, катающимися на концах.¹ В это время я слышал разговор д-ра Волластона о его намерении заставить провод вращаться вокруг собственной оси, и я предложил (не подумавши и без пользы) в качестве тонкого подвеса привесить стрелку к магниту. Я не в состоянии вспомнить сам и не могу побудить других вспомнить, когда это происходило. Думаю, что это было в начале 1821 г.

Первая статья, которую я опубликовал, была написана и все опыты были мною проделаны в начале сентября 1821 г. Опубликована она была первого октября; вторая статья была опубликована в том же томе в последний день того же года. Меня спрашивали, почему в этих статьях я не упоминаю о мыслях и намерениях д-ра Волластона, тем более, что я всегда признавал связь между ними и моими собственными опытами. На это я отвечаю, что, получив описанные в первой статье результаты, которые я очень охотно показывал всем своим друзьям, я отправился на дом к д-ру Волластону, чтобы сообщить их также и ему и попросить разрешения упомянуть о его мыслях и опытах. Д-ра Волластона не было в городе, и он не возвратился туда до тех самых пор, пока оставался в городе я сам; и так как я не считал себя вправе ссылаться на неопубли-

¹ См. письмо сэра Гемфри Дэви к д-ру Волластону: *Philosophical Transactions*, 1821, стр. 17.

кованные взгляды, которые, насколько я знал, не имели продолжения, моя статья была напечатана и появилась без этого упоминания во время моего пребывания в деревне. С тех пор я всегда очень жалел, что не отложил свою публикацию, чтобы иметь возможность сперва показать ее д-ру Волластону.

Продолжая эти исследования, я достиг некоторых других результатов, которые казались мне достойными того, чтобы стать известными. Еще до приведения их в тот вид, в котором они появились на стр. 416 того же тома (стр. 218), я просил д-ра Волластона посетить меня; он был столь добр, что два или три раза оказал мне честь своим посещением и был свидетелем моих опытов. Я намеревался тогда просить у него разрешения упомянуть о его взглядах и опытах в той статье, которую я собирался немедленно после того опубликовать, во исправление ошибки, которую я допустил, не сделав этого раньше. Впечатление, которое у меня все время с тех пор оставалось (двадцать один месяц) и которое я постоянно высказывал всем, когда говорил на эту тему, было таково, что он не желает, чтобы я это делал. Д-р Волластон позже говорил мне, что он не может вспомнить те выражения, которые он тогда употребил; что, поскольку дело касается его самого, у него было ощущение, что этого делать не следует, а поскольку это касается меня—что это сделать надо; но что он мне этого не говорил. Я могу только сказать, что моя память в то время удержала очень крепко следующие слова: «Я предпочел бы, чтобы вы этого не делали», но, очевидно, я ошибался. Однако это была единственная причина, по которой вышеупомянутое заявление не было сделано в декабре 1821 г.; и так как она теперь устранена, я рад это сделать при настоящей первой возможности.

Говорили, что я заимствовал свои взгляды у д-ра Волластона; это я отрицаю и ссылаюсь на последующие факты, как могущие служить некоторым доказательством по

этому вопросу. Говорилось также, что я никогда не мог бы без подготовки, в течение восьми или десяти дней, получить результаты, описанные в моей первой статье. Следующее сообщение может осветить вопрос.

Безусловно всем хорошо известно (потому что сэр Гемфри Дэви сам сделал мне честь, упомянув об этом), что я помогал ему в ряде важных опытов, которые он производил по данному вопросу. Однако то, что еще более важно для меня в настоящем случае, никому не известно, а именно, что я являюсь автором «Исторического очерка об электромагнетизме», который появился в *Annals of Philosophy* (новая серия, тт. II и III). Почти весь указанный очерк был написан в июле, августе и сентябре 1821 г., и первые части, на которые я буду особенно ссылаться, были опубликованы в сентябре и октябре того же года. Хотя они очень несовершенны, я старался, как, я думаю, явствует из заголовков статей и насколько было в моей возможности, - дать в них точный отчет о положении этой отрасли знания. С большой затратой работы и сил я называл все журналы, в которых появлялись статьи различных ученых, и повторил почти все описанные ими опыты.

Так вот, этот очерк был написан и опубликован после того, как я услышал о взглядах д-ра Волластона и как помогал при опытах, о которых упоминал выше; и я могу поэтому ссылаться на указанный факт как на публичное свидетельство состояния моих знаний по этому вопросу до того, как я начал свои собственные опыты. Я думаю, что всякий, кто внимательно прочтет мой очерк, найдет на каждой странице его первой части доказательства того, что мне не были известны взгляды д-ра Волластона. Но я хочу обратить особенное внимание на параграф, который начинается на стр. 198 и кончается на 199-й, а здесь более всего на 18-й и 19-й строках, и еще на рис. 4 сопровождающей таблицы. Там вполне серьезно и решительно описано одно явление (смотри через параграф от указанного); на карту

ставится вопрос о моей аккуратности и даже о моей ловкости; однако взгляды и рассуждения д-ра Волластона, которые, как утверждают, я знал, основаны — и с самого начала были, как я теперь понимаю, основаны — на явлении, противоположном тому, что я утверждал. Я описываю нейтральное положение, когда стрелка стоит против провода. Д-р Волластон с самого начала заметил, что здесь нет ничего похожего на нейтральное положение и что стрелка здесь проходила сквозь провод; я же на протяжении всего очерка описываю притягательную и отталкивательную силы по обе стороны от провода; но то, что я в августе 1821 г. считал притяжением к проводу и отталкиванием от него, происходит, как д-р Волластон понял еще задолго до этого, от силы, не направленной ни к проводу, ни от него, а действующей по окружности вокруг него, как вокруг оси, и положил это представление в основу своих предсказаний.

Я говорил выше, что я повторил большинство опытов, описанных в статьях, о которых я упоминаю в очерке, и как раз повторение и изучение именно этих опытов привело меня к исследованию, данному в моей первой статье. Тот, кто будет читать эту часть очерка, на которую я ссылаюсь выше,¹ а затем первую, вторую и третью страницы моей статьи,² я думаю, сразу увидит связь между ними, а по различию между моими выражениями в той и другой статьях относительно притягательной и отталкивательной силы, которые я сперва предполагал существующими, будет в состоянии судить о тех новых сведениях, которые я впервые получил в период написания моей последней статьи.

¹ *Annals of Philosophy*, новая серия, II, стр. 198, 199.

² *Quarterly Journal of Science*, XII, стр. 74—76; или стр. 183—185 настоящего тома.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТОК (ПОД ВЛИЯНИЕМ МАГНИТА¹)

Электрический ток, производимый гальванической батареей, при своем прохождении через металлический проводник сильно действует на магнит, заставляя его полюсы двигаться вокруг провода и приводя при этом в движение значительные массы вещества; исходя из этого, можно было предположить, что электрический ток будет испытывать противодействие, способное произвести некоторый заметный эффект; по разным соображениям было сделано предположение, что приближение полюса сильного магнита будет уменьшать электрический ток; поэтому был сделан следующий опыт. Полюсы батареи, имевшей от двух до тридцати четырех дюймовых пластин, были соединены металлическим проводом; одна часть провода была свита в виде катушки с большим числом витков, а в другом месте в цепь был введен чувствительный гальванометр. Затем в катушку вводился магнит в различных положениях и на различную глубину и наблюдалась стрелка гальванометра. Однако никакого действия на нее замечено не было. Цепь бралась очень длинной, короткой, из проводов разных металлов и разных диаметров, до чрезвычайно тонких, но результаты всегда были одни и те же. Я брал магниты большей и меньшей силы, некоторые настолько сильные, что они сгибали провод, стремившийся обойти вокруг них. Отсюда следует, что как бы ни было сильно действие электрического тока на магнит, последний не проявляет стремления в виде противодействия уменьшить или увеличить силу тока. Этот факт, хотя и отрицательного свойства, все же имеет, как мне кажется, некоторое значение.

[М. Ф.]

(См. примечание в конце первой серии «Экспериментальных исследований». 1843).

¹ Quarterly Journal of Science, XIX, стр. 338.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА (И МЕСТО) ОКСАЛАТА ИЗВЕСТИ¹

Некоторое количество оксалата извести, полученного осаждением и хорошо промытого, было затем высушено на веджвудовской бане при температуре около 300°, так что на холодной стеклянной пластинке, помещенной над ним, переставала получаться роса. Если его затем растереть платиновым шпателем, то от трения о металл он так быстро и сильно электризуется, что его нельзя уже собрать вместе, и он, когда его двигают, разлетается по блюду и перелетает через края блюда в песочную баню. Требовалось совсем небольшое растирание для того, чтобы и все частицы порошка становились достаточно наэлектризованными и обнаруживали это явление. Было найдено, что это имеет место как в фарфоровом, так и в стеклянном и металлическом сосудах и при растирании фарфором, стеклом и металлом; когда эти наэлектризованные частицы возбуждены сильно, они притягиваются при приближении любых тел; если стряхнуть их в небольшом количестве на головку электрометра с золотыми листками, то листки расходятся на два или три дюйма. Действие вызывалось не температурой, потому что при охлаждении их без доступа воздуха растирание вызывало то же самое; так как, однако, порошок очень гигроскопичен, то действие скоро прекращается, если оставить его на воздухе. Возбужденное в серебряном капсюле, а затем оставленное без доступа воздуха, вещество оставалось наэлектризованным в течение долгого времени, доказывая таким образом свою очень плохую проводимость; возможно, что оно превосходит в этом отношении все другие вещества. Действие можно получить любое число раз и после многократного высушивания соли.

Платина при трении о порошок становится отрицательной, а порошок положительным; все прочие испытанные металлы

¹ Quarterly Journal of Science, XIX, стр. 338.

вели себя так же, как и платина. При трении о стекло стекло становится сильно отрицательным, а оксалат положительным; и то и другой должны быть сухими и теплыми. Это вещество, повидимому, на самом деле стоит во главе списка всех до сих пор испытанных веществ по своей способности становиться электрически положительным от трения.

Оксалаты цинка и свинца такого действия не производят совсем.

М. Ф.

ОБ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЕ МАГНЕТИЗМА

Синьоров Нобили и Антинори (из журнала Antologia, № 131), с примечаниями Михаила Фарадея, члена Королевского общества и проч.¹

Г-н Фарадей недавно открыл новый класс электродинамических явлений. Он представил об этом мемуар Лондонскому королевскому обществу, но этот мемуар до сих пор еще не опубликован; мы знаем о нем только заметку, сообщенную г. Гашеттом Академии наук в Париже 26 последнего декабря, на основании письма, которое он получил от самого г. Фарадея.² Это сообщение побудило

¹ Philosophical Magazine and Annals, 1832, XI, стр. 402. В этой статье дата на правой странице относится к моим примечаниям, а дата на левой является предположительной датой статьи синьоров Нобили и Антинори. Последняя, однако, находится под большим сомнением, поскольку сами авторы снабжают статью датой 31 января 1832 г.; в то же время номер Antologia, в котором она появилась, объявляет своей датой ноябрь 1831 г. Последняя, должно быть, является неверной, так что настоящая дата публикации неизвестна; но она не может быть раньше февраля 1832 г.

² Я рад возможности прибавить несколько замечаний к опубликованному тексту статьи синьоров Нобили и Антинори. Мое слишком спешное письмо к г. Гашетту, наверное вследствие моего плохого изложения,

кавалера Антинори и меня самого тотчас же повторить основной опыт и изучить его с разнообразных точек зрения. Мы льстим себя надеждой, что результаты, к которым мы пришли, имеют известное значение, а потому мы спешим опубликовать их, не имея никаких предшествовавших материалов, кроме той заметки, которая послужила исходной точкой в наших исследованиях.

«Мемуар г. Фарадея, — как говорит заметка, — делится на четыре части. В первой, озаглавленной „Возбуждение гальванического электричества“»,¹ мы находим следующий важный факт: гальванический ток, проходящий через металлический провод, производит другой ток в приближаемом проводе; второй ток по направлению противоположен первому и продолжается только одно мгновение; если возбуждающий ток удалять, в проводе, находящемся под его влиянием, возникает ток, противоположный тому, который возникал в нем в первом случае, т. е. в том же направлении, как возбуждающий ток.

было переведено с ошибками и было, по крайней мере синьором Нобили, очень неправильно понято. Это не имело бы значения, если бы оно осталось неопубликованным. Но так как оно появилось на трех или четырех языках и входит в текст всех последующих статей о магнитном электричестве, очень важно исправить некоторые заблуждения, которые из-за него возникли, особенно заблуждение синьоров Нобили и Антинори относительно вращения Араго.

Моя первая статья была доложена Королевскому обществу 24 ноября 1831 г., а мое письмо г. Гашетту было датировано 17 декабря 1831 г., моя вторая статья была доложена 12 января 1832 г. Статья синьора Нобили датирована 31 января 1834 г. Синьоры Нобили и Антинори исходили только из моего письма г. Гашетту; но поскольку я надеюсь, что могу предъявлять права на то, что содержится в двух моих статьях, — в настоящую статью я ввожу ссылки, заключенные в скобки, на параграфы моих статей, где описываемые опыты полностью или же только частью повторяют мои результаты.

М. Ф.].

[¹ Следовало бы сказать: *индукция гальванического электричества*. — М. Ф.].

«Вторая часть мемуара повествует об электрических токах, вызываемых магнитом. Приближая к магнитам катушки, г. Фарадей производил электрические токи; при удалении катушек возникали токи противоположного направления. Эти токи сильно действуют на гальванометр, проходят, хотя и слабо, через рассол и другие растворы, и в одном из своих опытов г. Фарадей *получил искру*. Отсюда следует, что этот ученый, пользуясь магнитом, возбуждал электрические токи, открытые (изученные) г. Ампером.

«Третья часть мемуара относится к особому электрическому состоянию, которое г. Фарадей называет электротомосостоянием.¹ Он собирается написать об этом в другой раз.

«В четвертой части говорится о столь же любопытном, как и необычном опыте, принадлежащем г. Араго; как известно, этот опыт состоит в том, что магнитная стрелка вращается под влиянием вращающегося металлического диска, и наоборот. Г-н Фарадей считает это явление тесно связанным с магнитным вращением, которое ему удалось открыть около десяти лет тому назад. Он установил, что при вращении металлического диска под влиянием магнита могут появляться электрические токи по направлению радиусов диска и в количестве, достаточном для того, чтобы сделать из диска новую электрическую машину».

Le Temps, 28 декабря 1831 г.

I. Обыкновенный магнетизм

(*Philosophical Transactions, 1832, ч. 1; «Экспериментальные исследования по электричеству» 27—59, 83—138, 217—264*)

Нам не пришлось делать предварительных опытов, чтобы добиться удачи с опытом г. Фарадея. Первые же катушки, которые мы приблизили к полюсу магнита, сразу оказали свое влияние на гальванометр. Мы наблюдали последовательно

[¹ Это, очевидно, *электротоническое состояние*. Я говорил в письме, что напишу о нем своему другу позже. — М. Ф.]

три факта («Экспериментальные исследования» 30, 37, 47). При приближении к магниту прежде всего видно, что стрелка прибора отклоняется на некоторое число градусов, что обозначает ток, возбужденный магнетизмом в катушках, которые предварительно были соединены с гальванометром. Этот ток сохраняется только один момент, а затем совершенно прекращается, что доказывается тем, что стрелка возвращается в свое первоначальное положение; это — второе наблюдение. Третье (последнее) происходит, когда катушку удаляют от магнита; стрелка гальванометра при этом отклоняется в другую сторону, показывая появление тока, противоположного возбужденному в первом случае.

Производя опыты с кольцеобразной катушкой между полюсами подковообразного магнита, мы заметили, что действие было гораздо слабее, чем то, которое производилось с той же катушкой, когда к магниту прикладывался его якорь или когда он внезапно отрывался от него («Экспериментальные исследования» 34). Этот факт наводит на мысль о том, что можно, намотав на такой магнит медную проволоку, покрытую шелком, иметь прибор, всегда готовый для таких опытов. Катушка, которую подвергают магнитному влиянию, в этом случае всегда находится на магните, а непосредственная причина явления кроется в якоре, благодаря свойству быстро намагничиваться и размагничиваться, которым обладает этот небольшой кусок мягкого железа. Когда якорь отрывается, катушка, которая раньше находилась в присутствии этого сильно намагниченного куска железа, внезапно оказывается вне его влияния и воспроизводит опыт с катушкой, которая сперва была приближена к магниту, а затем удалялась от него. Когда якорь снова ставится на место, дело происходит так, как будто к катушке приближают магнит, потому что якорь намагничивается, если его приложить к полюсам его собственного магнита.

Помимо своего сильного действия это устройство имеет то преимущество, что может служить для ученого постоян-

ным источником гальванического электричества («Экспериментальные исследования» 46, примечание). Нужда в постоянном токе часто ощущается в подобных исследованиях; и если термомагнетизм предлагает удобное средство для удовлетворения таких нужд, как я указывал в другом месте,¹ все же не следует пренебрегать и новым методом, в виде магнита, покрытого электродинамическими катушками. Токи здесь всегда легко обнаруживаются. Предположим, что, как обычно, якорь магнита находится на своем месте; для получения тока в катушке требуется только отделить его, так как ток в проводе находится сначала, так сказать, в скрытом состоянии.

Имеется два способа пользования этим устройством; при одном надо якорь прикладывать, а при другом отрывать его. Когда оба действия производятся с одинаковой быстротой относительно одних и тех же точек магнита, отклонения получаются в противоположных друг к другу направлениях, но точно одинаковой величины. Отрывы, однако, всегда одинаково мгновенны и по постоянству действия предпочтительны приближениям, потому что последние, чтобы быть всегда успешными, требуют механического приспособления, которое не стоит того времени, которое надо потратить на его изобретение и изготовление. Если следить за тем, чтобы якорь был всегда на своем месте и в правильном положении, то отклонения гальванометра, получаемые при его отрыве от магнита, будут всегда одинаковы. Это, мы повторяем, есть ценный результат, применимый во многих случаях, и, может быть, пригодный для измерения силы больших магнитов с большей точностью, чем при помощи обычного способа определения по весу выдерживаемого ими груза.

¹ Этот способ состоит из элементарной термоэлектрической комбинации, составленной только из двух металлов и нагретой на одном спае до 0° Ф, на другом — до 212° Ф. *Annales de Chimie*, февраль 1830 г., стр. 130.

Описанное устройство весьма выгодно, но является ли производимое им электродинамическое действие наибольшим? И в самом деле, имеется другое, еще лучшее («Экспериментальные исследования» 46, примечание); оно состоит в том, что электродинамическая катушка надевается на центральную часть якоря, соответствующую промежутку, разделяющему полюсы подковообразного магнита. В этом положении катушка с небольшим числом витков способна превзойти действие гораздо большего числа катушек, расположенных иным образом. Итак, запомним устройство, которое следует сделать для получения всех действий магнита. Центральная часть якоря должна быть целиком покрыта проводом, оставляя открытыми только концы, которые должны придти в соприкосновение с полюсами магнита. Обычная форма якоря не является наиболее удобной для расположения на ней большого электродинамического кольца. Но при соответствующем изменении его формы провод может быть легко прилажен к ней, и таким образом легко получить явление в наивысшей степени его напряжения. Причина очевидна, потому что на деле необходимо выполнить два условия: первое, — чтобы катушка подвергалась всему влиянию магнитной силы; второе, — чтобы это влияние устранялось в возможно более короткий срок. Но провод вокруг якоря находится как раз в наиболее благоприятном положении для концентрации в нем магнитной силы, и эта сила исчезает в тот момент, когда якорь отрывается, как это требуется вторым условием.

Катушка из различных металлов

(«Экспериментальные исследования» 132, 139, 193, 208 и др.)

Металлов, с которыми мы делали опыты, было четыре: медь, железо, висмут и сурьма; железо интересно как первое среди магнитных металлов («Экспериментальные исследования» 8, 9, 211); висмут и сурьма — из-за особого поло-

жения, которое они занимают на термомагнитной шкале. В опытах, проделанных в условиях, приближавшихся к равенству, оказалось, что медь наиболее активна, с нашей точки зрения; затем на небольшом расстоянии идет железо («Экспериментальные исследования» 207, 212); затем сурьма и, наконец, висмут. Но в действительности хрупкость двух последних позволяла нам придавать им форму катушки, только расплавляя их. Этот длинный и трудный метод мы заменили другим; при этом изготовлялись катушки четырехугольной формы из некоторого числа прутков этих металлов, спаянных на концах или просто прижатых один к другому для обеспечения контакта.

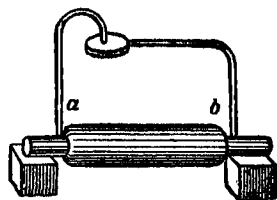
Едва ли нужно говорить, что для получения сравнимых результатов такая же четырехугольная форма придавалась катушкам из меди и железа.

2. Электрическая искра

(«Экспериментальные исследования» 32, 57¹)

Фраза, помещенная в начале этой статьи, говорит, «что в одном из своих опытов г. Фарадей получил искру» (32).

[¹ Так как я был занят исследованием и подтверждением законов магнитоэлектрического действия, земной магнитной индукции и т. д. и т. д., некоторые результаты которых содержатся в моей второй статье (Чтение памяти Бэкера), то, как будет видно, в том состязании на скорость, в которое синьоры Нобили и Антинори (вероятно, неумышленно) вступили со мной (см. последний параграф их статей), они прежде меня получили электрическую искру от обыкновенного магнита. Мне весьма приятно засвидетельствовать справедливость их рассуждений по этому вопросу, а также успех их результата. Я проделал опыт в измененном виде и получил искру от действия простого магнитного железняка, для которого их чрезвычайно совершенный способ не мог быть применен; пользуюсь случаем опи-



Хотя это выражение не проливало света на вопрос, а скорее делало сомнительным постоянство такого необыкновенного явления, мы тем не менее не оставили своих исследований, и нам повезло в такой степени, что наш успех превзошел все наши ожидания. В нижеследующем мы излагаем те теоретические взгляды, которые привели нас к этому важному результату, но которые, откровенно говоря, вначале показались нам не внушающими большого доверия.

сать то простое приспособление, которое я придумал. Вокруг якоря была укреплена катушка, а концы проволоки поднимались кверху. Один, который назван *a*, был изогнут в виде крючка, как на рисунке; другой *b* поднимался вверх, а затем изгибался под прямым углом; к его концу была прикреплена толстая круглая медная пластиночка, которая пружинящей проволокой в середине слегка прижималась к закругленному концу *a*; эта пластинка и конец *a* были амальгамированы. При внезапном опускании якоря на полюсы в изображенное положение импульс пластинки заставлял ее отдаляться от конца *a*, и тогда проскакивала искра. При поднимании его вверх сотрясение всегда отделяло конец *a* от пластинки, и опять появлялась искра. Если пластинка и кончик хорошо амальгамированы, то не было ни одного раза из ста, чтобы искра не удалась как при замыкании, так и при разрыве контакта. Я это блестяще показал двум- или тремстам лицам сразу, во всех концах амфитеатра Королевского института.

Как выражается проф. Ритчи, искра была получена пока только от временного магнита, т. е. от магнита в момент его образования или уничтожения. Я получил первую искру от магнита из мягкого железа; этот магнит был получен общеизвестным влиянием электрических токов. Синьоры Нобили и Антинори получили вторую искру от магнита мягкого железа; он стал таковым под влиянием обыкновенного искусственного стального магнита; их результат был повторен большим числом лиц. Г-н Форбс из Эдинбурга первый получил искру от магнита из мягкого железа; он стал таким под влиянием естественного магнитного железняка. Последний опыт я также проделал уже описанным способом с магнитным железняком г. Даниэля, подымающим только около тридцати фунтов. Я не подозревал ни о каких других способах осуществления такого опыта, кроме изобретенного мною и синьорами Нобили и Антинори. М. Ф.] С тех пор я получал искру еще на одну ступень ближе к индуцирующему магниту, чем в каком-либо из этих случаев: см. ниже (стр. 296), *ноябрь 1834*, или *Philosophical Magazine*, 1834, стр. 350. — *Декабрь 1843 г.*

Гальваническая батарея дает искру только в том случае, если мы ее составим из определенного числа пар пластин. Одиночный гальванический элемент Волластона дает ее, а если он обладает определенной активностью, то он может постоянно производить ее на поверхности ртути, к которой подводятся соединительные провода, предназначенные для замыкания цепи. В гальванической батарее, обладающей *электрическим напряжением* известной степени, искры проскакивают между цинковым и медным полюсами как в случае размыкания, так и в случае замыкания цепи. В одиночном элементе Волластона напряжение слабо, и искра получается только при разрыве цепи. В этот момент ток, который раньше проходил, как бы скапливается на месте размыкания и приобретает напряжение, необходимое для того, чтобы вызвать искру. В другом случае, при замыкании цепи, такого напряжения недостает и искра также отсутствует.

Токи, развивающиеся в электродинамических катушках под действием магнетизма, тоже находятся в движении, но циркулируют только в то время, в течение которого в катушке или приближаются или удаляются от магнита, почему мы и решили, что, делая опыт с искрой, надо прерывать контур в один из этих двух моментов.

Таким образом мы пришли к определенным выводам относительно лучшего расположения электродинамических катушек; а потому оставалось только выбрать хороший подковообразный магнит, обмотать якорь медной проволокой вышеописанным способом; погрузить концы проволоки в чашку со ртутью и поднимать один из концов в тот самый момент, когда якорь прикасается к магниту или отрывается от него. Когда работают вдвоем без каких-либо механизмов, то гораздо легче пропустить этот момент, чем его поймать. Но если движения были одновременны, что случилось от времени до времени, то мы с большим удовлетворением видели искру, не оставлявшую желать ничего лучшего.

Таков был способ, посредством которого мы увидели первую искру, но так как этот прекрасный результат был достоин того, чтобы его можно было получить по желанию, он требовал подходящего прибора; после различных более или менее сложных устройств мы остановились на следующем, преимущество которого состоит в его успешной работе и простоте.

Все приспособление прикреплено к якору магнита. Этот кусок, параллелепипедальной формы, окружен в середине электродинамической катушкой, плотно прикрепленной к нему двумя кусками латуни; последние могут входить в промежуток между магнитными полюсами в то самое время, когда якорь вступает в контакт с полюсами обычным путем. Каждый конец катушки образует контакт с одним из магнитных полюсов, посредством двух маленьких пружин в виде крыльев, прикрепленных к якору; пружины слегка прижимаются к полюсам, когда якорь находится на своем месте. Чтобы оставить место для этих пружин, якорь сделан уже, чем обычно, и покрывает полюсы приблизительно наполовину; остающееся пространство служит для контакта пружин, которые таким образом как бы изолированы от якоря и в то же время служат для замыкания электродинамической цепи через самый магнит. Предположим, что якорь находится на своем месте, пружины касаются полюсов и цепь катушек металлически замкнута через магниты; при отрывании якоря цепь разрывается в двух местах и либо у одного, либо у другого разрыва почти всегда появляется искра. Если явление не наблюдается, это значит, что размыкание было произведено недостаточно хорошо; но повторить опыт так легко, что бесполезно думать о каком-либо механизме, чтобы исправить недостаток, который так легко исправляется.

В этом приборе катушка на якоре была из меди. Если взять вместо нее железную проволоку, то искра также получается. Этот опыт интересен как иллюстрация того влия-

ния, которое обычная сила магнита над железом может оказывать на электродинамическое влияние. Повидимому, одно действие не мешает другому; но прежде чем положительно утверждать эту независимость, необходимо получить другие доказательства, что мы и постараемся сделать при более удобном случае («Экспериментальные исследования» 9, 254).

3. Земной магнетизм

(«Экспериментальные исследования» 137, 140 и др.)

Мы взяли бумажную трубку диаметром в два дюйма и длиной в четыре; на нее было намотано сорок метров медной проволоки с свободными концами, оставленными для соединения с гальванометром; концы трубки были обрезаны так, что ее можно было ставить вертикально на столе, по желанию, в том или другом направлении («Экспериментальные исследования» 142). Как известно, цилиндр из мягкого железа, помещенный параллельно стрелке магнитного наклонения, находится под влиянием земного магнетизма, нижняя часть его становится северным, а верхняя — южным полюсом. Это есть явление положения; оно происходит всегда в одном и том же направлении, если железо такого сорта, которое неспособно удерживать полученный им магнетизм и в той же мере склонно приобретать новый магнетизм, если его подвергнуть его влиянию.

В наших широтах наклонение стрелки равно приблизительно 63° ; поэтому бумажная трубка с ее катушкой была установлена в этом направлении и в нее введен железный цилиндр. При его введении было заметно движение гальванометра («Экспериментальные исследования» 146); оно вызывалось присутствием электрического тока, возбужденного магнетизмом. При вынимании цилиндра движение оказывалось противоположным; следовательно, несомненно, что земной магнетизм сам по себе достаточен для того, чтобы

развивать электрические токи. Не скроем здесь, что в вышеупомянутом опыте электричество возбуждалось через посредство мягкого железа, вводимого в катушку; это, несомненно, верно, но верно также и то, что нет существенной необходимости прибегать к его помощи для того, чтобы получить несомненные признаки того влияния, о котором мы говорили. Если поместить нашу цилиндрическую катушку так, чтобы ее ось была параллельна магнитному наклонению, а затем повернуть ее на пол-оборота в магнитном меридиане («Экспериментальные исследования» 148), то на сравнительном гальванометре наблюдаются признаки тока, возбуждаемого в катушке одним влиянием земного магнетизма.

Для этого явления нет даже необходимости устанавливать катушку по направлению магнитного наклонения; опыт будет успешен и при вертикальном положении; явление при этом слабее, но всегда настолько ясно, что устраняет всякие сомнения («Экспериментальные исследования» 153 и др.).

Мы производили опыты с тремя медными проводами различных диаметров; наименьший был 0,5, второй 0,66 и третий — одного миллиметра в диаметре. Действия увеличивались с размером: первый давал отклонения от 2 до 4; второй — от 4 до 8 и третий — от 10 до 20. Для того чтобы получать такие большие отклонения, мы действовали обычным способом, меняя направление тока в наиболее благоприятный момент, который легко определить, повторяя опыт несколько раз.

При настоящем положении науки это, очевидно, наиболее простой способ получения тока; ¹ все производится земным магнетизмом, который имеется всюду. Мы предполагаем впоследствии изучить способы усиления действия и осуще-

[¹ Гораздо более простой способ описан в моей статье (170 и сл.); не нужно ни катушки, ни мягкого железа. — *М. Ф.*]

ствить некоторые полезные применения, если тот прибор, который мы предлагаем построить, будет отвечать нашим желаниям («Экспериментальные исследования» 147, 154 и др.). Первой мыслью является мысль о применении его для измерения напряжения земного магнетизма; но какова степень точности, которую может дать этот способ, в настоящее время еще подлежит определению.

Гальванометр, которым следует пользоваться для опытов данного раздела, должен быть очень чувствителен. И я повторяю по этому случаю то, что уже говорил в другом месте об этих приборах; для достижения максимального действия можно принять две системы: одну для гидроэлектрических токов, а другую для термоэлектрических. Гальванометр моего термомультипликатора принадлежит к последнему типу и как раз такой больше всего подходит и для настоящих исследований.¹ Причина станет очевидной, если заметить, что новые токи Фарадея развиваются полностью в металлических цепях, как и термоэлектричество д-ра Зеебека, и что, так же как и токи термоэлектричества, они с трудом проходят через жидкие проводники.

4. Электрическое напряжение

Опыты, которые мы пока что производили над токами этого нового рода, чтобы получить с помощью электрометра обычные признаки напряжения, не привели нас ни к какому положительному результату; но средства, которые мы употребляли, далеки от того, чтобы удовлетворить нас полностью. Мы подготовляем новые, чтобы взяться за вопрос с более действительными средствами. Затем мы распространим исследование на термоэлектрические пары, которые заслуживают изучения с той же точки зрения, поскольку они никогда еще не давали ощутимых признаков электри-

¹ Н о б и л и, Bibliothèque Universelle, июль 1830, стр. 275.

ческого напряжения. С этими последними токами мы попробуем также получить при благоприятных условиях искры, но мы должны признаться, что в данное время находимся в сомнении и считаем термоэлектрические токи по самой своей природе наименее подходящими для того, чтобы производить напряжение или искру, как мы это объясним в надлежащее время и в надлежащем месте.

5. Химические и физиологические действия

(«Экспериментальные исследования» 22, 56, 133)

Новые токи Фарадея проходят, хотя с трудом, через жидкие проводники. Так говорит заметка, и таков факт, в чем можно легко убедиться, если ввести проводник такого рода в цепь электродинамической катушки («Экспериментальные исследования» 20, 23, 33, 56). Для случая других известных токов я показал в другом месте, что, когда они проходят через жидкие проводники, всегда наблюдается химическое разложение и что, как бы они ни были слабы, их прохождение через жидкость обязательно производит разложение. Поэтому весьма вероятно, что новые токи производят разложение, но при этом нельзя забывать одну характерную особенность: их кратковременность («Экспериментальные исследования» 59 и сл.). Я надеюсь, что время, хотя и короткое, окажется, однако, достаточным для разложения; но я не решаюсь ничего утверждать, пока не получу ответа от великого мастера во всем — от опыта.

Физиологические действия («Экспериментальные исследования» 22, 56 и сл.) состоят, как хорошо известно, в ударах или в сокращении мускулов, в остром и кисловатом вкусе на языке и в свете перед глазами.¹ Для получения этих действий совершенно необходимо, чтобы электричество

[¹ Ощущение на языке и свет перед глазами я, повидимому, получил. См. (56) в моей статье. — М. Ф.]

проникло в наши органы; эти последние принадлежат к жидким проводникам; такой путь, как мы видели, очень труден для новых токов; тем не менее лягушка, помещенная в цепь наших электродинамических катушек, навитых вокруг якоря нашего магнита, обнаруживала сильные судороги всякий раз, когда якорь отделялся или накладывался («Экспериментальные исследования» 56). Опыт красив и поучителен; красив, потому что сильные судороги, видимо, вызывались непосредственным действием магнита, а поучителен, потому что он подтверждает факт прохождения этих токов через жидкие проводники, а также потому что он показывает, что лягушка во всех случаях является наиболее тонким гальваноскопом.¹ Здесь будет кстати сказать, что я уже говорил в другом месте, относительно открытия д-ра Зеебека, а именно: что не было необходимости знать об открытии Эрстеда и о последующем изобретении гальванометра для того, чтобы прийти к открытию термоэлектрических токов.² Соответственно препарированная лягушка была достаточна для этой цели, и этого же животного было бы вполне достаточно для того, чтобы открыть новые токи Фарадея. Хотя к этим двум открытиям пришли не этим путем, все же не менее верно и то, что их можно было сделать, не прибегая к другим посредникам, кроме того, который поверг Европу в удивление в первые дни гальванизма.

6. Магнетизм вращения

(«Экспериментальные исследования» 81—139, 149—169, 181—192, 217—230, 244—254 и сл.)

Что произойдет, если электродинамическую катушку приблизить к полюсу стержневого магнита?—В его последовательных витках возбуждается ток, который благодаря

¹ Bibliothèque Universelle, XXXVII, стр. 10.

² Там же.

соединению концов провода замыкается на себя. Но что произойдет, если вместо катушки подвергнуть влиянию этого же магнитного полюса массивный кусок меди? — Кажется разумным допустить в этой массе развитие таких же токов — с той только разницей, что в катушке они не могут замыкаться в том же витке, тогда как в массе токи будут замыкаться прямо на себя по тому кругу или той зоне вещества, в которой они возникают под влиянием магнита. При настоящем положении науки токи эти нельзя рассматривать иначе, как следствие некоторого движения того же происхождения, как и движение вокруг каждой частицы магнитного металла. Этот вывод представляется достаточно естественным, и для его большего подтверждения мы устроили следующий опыт: мы взяли медное кольцо, а два соединительных провода, предназначенных для соединения с гальванометром, припаяли к нему на концах одного из диаметров. Когда мы помещали это кольцо между двумя полюсами подковообразного магнита, в то место, куда мы раньше вводили нашу электродинамическую катушку, на гальванометре немедленно замечалось движение, которое вызывалось токами, возбуждаемыми в медном кольце¹ магнетизмом.

Мы считали таким образом подтвержденной нашу мысль о круговых токах, которые, как мы полагаем, должны возникать в массе меди, подвергаемой влиянию магнитного полюса; перейдем теперь к вопросу о магнетизме вращения, этому прекрасному открытию г. Араго. Здесь мы имеем магнитные полюсы в присутствии диска, но последний не находится в покое, как в предыдущем случае, а непрерывно движется вокруг своей собственной оси. Последнее условие является единственным добавлением, и мы видим, что

[¹ Этот опыт допускает другое толкование. Я не думаю, если я верно понимаю описание, что кольцо имеет какое-либо особое отношение к результату. Все вместе представляется мне повторением опыта, который я описывал («Экспериментальные исследования» 109). — М. Ф.]

благодаря ему окончательный результат оказывается чрезвычайно сложным, но в действительности не произойдет ничего нового. Во всех случаях дело сводится к токам, развиваемым магнетизмом в том месте диска, на который этот магнетизм непосредственно действует. Этот участок быстро удаляется благодаря вращению, а другой подходит и подвергается тому же влиянию, которое всегда стремится образовать токи в направлениях, противоположных тем, которые, как можно предполагать, существуют в магнитном полюсе («Экспериментальные исследования» 53, 255). По своей природе эти токи таковы, что стремятся переменить направление сразу же, как только они выходят из-под влияния той причины, которая их породила, и фактически переменяют его каждый раз, как скорость вращения им это позволяет. Теория этого рода магнетизма кажется созревшей;¹ мы постараемся развить ее физические принципы более подробно в отдельной статье, удовлетворившись здесь установлением особого характера, отличающего его от всех других родов, вследствие чего они были так трудно доступны до открытия г. Фарадея. Этот характер состоит не только в очень малой продолжительности, которой он обладает наравне с мягким железом, но также и в том, что он оказывается двойным магнетизмом, противоположным и прямым; противоположным в момент его возникновения, т. е. направленным против производящей его причины; прямым — в последующий момент, когда эта причина исчезает.

[¹ Синьоры Нобили и Антинори совершенно не поняли характера действующих причин в опыте Араго; взгляд, который они кратко высказали и намереваются исследовать, в дальнейшем точно совпадает с тем, который я сначала поддерживал и которому следовал, но который я вскоре отбросил, найдя к этому экспериментальные причины. Однако мне достаточно просто сослаться на четвертый раздел моей первой статьи, специально об этом явлении, и на части шестого раздела в продолжении «Исследований», где, как я это считаю, изложены правильные взгляды на это явление (см. особенно «Экспериментальные исследования» 121, 122, 123). — М. Ф.]

Г-н Фарадей рассматривает магнетизм вращения Араго, как полностью связанный с явлением, которое он открыл около десяти лет тому назад («Экспериментальные исследования» 121). «Он тогда установил, — как говорит заметка, — что вращением металлического диска, находящегося под влиянием магнита, можно производить электрические токи в направлении радиусов диска в количестве, достаточном для того, чтобы сделать из диска новую электрическую машину». Мы совершенно не знаем, как г. Фарадей установил этот факт, и мы не знаем, как результат подобного рода мог остаться вообще неизвестным в течение столь долгого времени и как бы забытым в руках автора открытия.¹ Кроме того, здесь имеется нечто очень загадочное для нас, и, прежде чем оставить этот вопрос, мы опишем опыт, который сделали в этом направлении.

Медный диск приводился во вращение; две заранее приготовленные длинные медные проволоки были одним концом связаны каждая с гальванометром, а другой их конец мы держали руками около диска: один — на центре, другой на внешней окружности по направлению радиуса. Во время

[¹ Синьоры Нобили и Антинори здесь серьезно ошибаются относительно смысла моего письма к г. Гашетту. Я не писал: «Я тогда доказал». Французский перевод моего письма в *Le Lycée*, № 35, присланный мне г. Гашеттом, так не говорит: «Г-н Фарадей рассматривает явление, проявляющееся в этом опыте, как тесно связанное с магнитным вращением, которое он имел счастье обнаружить десять лет тому назад. Он выяснил, что вращением металлического диска и т. д. и т. д.». Я не в достаточной мере знаю итальянский язык, чтобы сказать, как синьоры Нобили и Антинори сами сначала выразили это; но в настоящей части их статьи ими употреблена фраза «*Egli riconobbe fin d'allora che. etc.*», в то время как в начале заголовка этой статьи, для того чтобы выразить те же слова моего письма, они говорят: «*Egli ha riconosciuto che etc., etc.*».

В новых исследованиях, подробно изложенных в моей статье, я выяснил состояние вращающейся пластинки и мог затем свести явление в отношении его природы к тому, что я открыл столь задолго до этого. Последующие замечания синьоров Нобили и Антинори поэтому следует отнести только к их ошибочному пониманию моей мысли. — М. Ф.]

вращения диска медь нагревается в точках, где она прижимается, но неодинаково; та, которая была прижата к внешней окружности, нагревалась больше, а та, которая была прижата у центра, — меньше. Эта разность вполне достаточна для того, чтобы дать электрический ток, способный двигать стрелку гальванометра и после нескольких колебаний удерживать ее на определенном градусе делений.¹

Когда таким образом стрелка успокоится и если приблизить подковообразный магнит к диску так, чтобы охватить его, не прерывая его вращения, то будет видно, что отклонение стрелки увеличится или уменьшится в зависимости от того, в каком направлении будут действовать полюсы. Это явление будет верным доказательством проявления тока в диске под действием магнита; но по тому, что провода, соединенные с гальванометром, установлены так, что их концы идут в направлении радиусов диска, можем ли мы заключить, что токи имеют в точности то же направление, как тот ток, в котором возбуждается магнетизм?² Мы этого не думаем по данным выше причинам, и хотя мы вместе с г. Фарадеем согласны допустить существование таких расходящихся по радиусам токов, все же, по-нашему, должна существовать огромная разница между этими способами возбуждения электричества и обыкновенным — от наших обычных электрических машин.³ Здесь

[1 Все эти источники ошибок были полностью предотвращены во всех частях моих исследований («Экспериментальные исследования» 91, 113, 186). — М. Ф.].

[2 Я нигде не делаю подобных заключений. — М. Ф.].

[3 Такой случай, когда токи стремятся образоваться или действительно существуют в направлении радиусов на *всей* пластинке, встречается только тогда, когда ось приближенного магнита совпадает с осью вращения пластинки («Экспериментальные исследования» 156, 158) или когда магнитные кривые, пересекаемые вращающейся пластинкой, обладают одинаковой силой и проходят во всех точках пластинки в одном и том же направлении, как это происходит, когда в качестве побуждающей причины служит земной магнетизм («Экспериментальные исследования» 149,

нужно перескочить через огромную пропасть, лежащую между таким превосходным проводником, как металлический диск г. Араго, и самым худшим, какова стеклянная пластина обыкновенной машины.

Но эти наши частные мнения ни в коем случае не уменьшают истинного достоинства открытия г. Фарадея. Оно является одним из прекраснейших открытий нашего времени, с какой бы точки зрения мы его ни рассматривали: с точки зрения его широты, той огромной пропасти, которую оно призвано заполнить, или с точки зрения того света, который оно проливает на различные теории, а особенно на теорию магнетизма вращения.

Мы надеемся, что эти наши первые изыскания оправдают тот живой интерес, который мы испытывали по отношению к этой новой отрасли электродинамики. Мы можем пожалеть только об одном, а именно о том, что мы вступили на этот путь раньше, чем узнали о всех шагах, сделанных по нему знаменитым ученым, открывшим его.

Флоренция, 31 января 1832 г.

155). Мои основания для того, чтобы назвать вращающуюся пластинку электрической машиной («Экспериментальные исследования» 154, 158) совершенно не затрагиваются тем, что сказано в тексте. Не следует предполагать, что в этих примечаниях я критикую синьоров Нобили и Антинори за то, что они не поняли моих взглядов. Было бы невозможно, чтобы в коротком письме я мог изложить материал, который, несмотря на то, что я его сократил, насколько было возможно, все же занимает семьдесят страниц in quarto *Philosophical Transactions*; и да будет мне позволено сказать (это, впрочем, относится больше к тому, что, по моему мнению, должно быть общим правилом, а не к данному частному случаю), что если бы я мог предполагать, что на это мое письмо к г. Гашетту будут смотреть, как на такое, которое ставит этот вопрос на обсуждение научного мира, я бы его совсем не писал или, по крайней мере, написал бы после опубликования моей *первой статьи*. — М. Ф.]

ОШИБКИ НОБИЛИ И АНТИНОРИ ОТНОСИТЕЛЬНО МАГНИТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИПисьмо г. Гей-Люссаку¹*Королевский институт.**1 декабря 1832 г.*

Дорогой сэр, мне очень хочется написать вам письмо об электромагнетизме, и я прошу вас поместить его в *Annales de Chimie et de Physique*, если вы можете оказать мне такое одолжение. Я боюсь, что это письмо может вызвать больше споров, чем мне бы хотелось, но обстоятельства таковы, что заставляют меня взяться за перо; потому что, если я буду молчать, то мое молчание будет принято за признание моей вины не только с научной, но и с моральной точки зрения, и притом в случае, в котором, как я уверен, я совершенно свободен и от той и от другой.

Вы, несомненно, понимаете, что я хочу говорить о мемуаре гг. Нобили и Антинори. Причина, по которой я пишу вам, заключается в следующем: вы настолько любезно оценили материал моей статьи, что поместили ее в вашем превосходном и истинно научном журнале; далее, поместив туда мемуар гг. Нобили и Антинори, вы затем напечатали там все, что было написано на эту тему. Я могу поэтому надеяться, что вы не откажете мне в том, чего я теперь желаю.

24 ноября 1831 г. была доложена Королевскому обществу моя первая статья; это та, которую вы, оказавши мне высокую честь, включили в *Annales* за май 1832 г. (I, стр. 5—69). Эта статья была первым сообщением, которое я сделал о своих исследованиях по электричеству. 18 ноября 1831 г. я написал письмо моему другу г. Гашетту, который оказал мне честь, сообщив его Академии наук 26 числа того же:

¹ *Annales de Chimie et de Physique*, 1832, LI, стр. 404.

месяца.¹ Это письмо было также опубликовано в номере *Annales* за декабрь 1831 г. (XLVIII, стр. 402). Вторая серия моих исследований, датированная 21 декабря 1831 г., была доложена Королевскому обществу 12 января 1832 г. и нашла место в *Annales* за июнь 1832 г. (I, стр. 113—162). Это были единственные публикации (за исключением нескольких замечаний, являющихся приложением к мемуарам других), которые до настоящего времени я сделал по этому вопросу, и все в них было написано и доложено раньше, чем что-либо подобное было написано на ту же тему другими учеными.

Тем временем письмо, которое я написал г. Гашетту и которое вы столь лестным для меня образом напечатали в *Annales*, привлекло внимание гг. Нобили и Антинори, и эти усердные ученые опубликовали мемуар, датированный 31 января 1832 г. и вышедший, следовательно, позже, чем все мои произведения. Этот мемуар напечатан в *Annales* за декабрь 1831 г. (XLVIII, стр. 412—430). Второй мемуар тех же ученых, озаглавленный «Новые электромагнитные опыты», датированный 24 марта 1832 г., также появился и был помещен в *Annales* за июль (I, стр. 280—304).

Я боюсь, что то письмо, которое я написал г. Гашетту и которое он, по своей доброте ко мне, оказал мне честь доложить Академии наук, стало источником недоразумений и ошибок и по своим результатам скорее повредило, чем послужило делу научной истины. Тем не менее я не знаю, как объяснить это обстоятельство и как восстановить дело в его правильном положении и в то же время не показаться до некоторой степени жалующимся на гг. Нобили и Антинори, а это было бы мне чрезвычайно неприятно. Я уважаю этих господ за все то, что они сделали не только для электричества, но и для науки вообще; но содержание и выражения в их мемуаре заставляют меня говорить и ставят меня перед необходимостью либо признать, либо отрицать

¹ Согласно отчету о заседании, напечатанному в *Lycée*, № 35.

правильность их утверждений; иначе я отбросил бы в сторону те научные ошибки, которые, по моему мнению, в них содержатся, оставив другим заботу об их устранении.

К несчастью, эти ученые не имели других сведений о моих исследованиях, кроме короткого письма, которое я написал г. Гашетту; при этом они не соблюли должной осторожности, не справились с моей статьей (хотя, как мне кажется, они должны были бы сделать это при подобных обстоятельствах) и совершенно неверно истолковали смысл одной фразы, относящейся к прекрасным наблюдениям г. Араго; они вообразили, что я предварительно не сделал того, что, по их мнению, они сделали сами; и, наконец, они выдвигают ошибочные, как мне кажется, мысли о магнито-электрических токах и дают их в виде поправок к моим мыслям, с которыми они еще не познакомились воочию.

Прежде всего разрешите мне исправить то, что я рассматриваю как наиболее серьезную ошибку, как неправильное толкование, данное моим словам, потому что те, которые были допущены в их опытах, будут легко устранены с течением времени.

Гг. Нобили и Антинори говорят (*Annales*, XLIII, стр. 428): «Г. Фарадей рассматривает магнетизм вращения Араго как всецело связанный с явлением, открытым им десять лет тому назад. «Он тогда установил, — как говорит заметка, — что вращением металлического диска, находящегося под влиянием магнита, можно производить электрические токи по направлению радиусов диска в количестве, достаточном для того, чтобы сделать из этого диска новую электрическую машину». Мы совершенно не знаем, как г. Фарадей установил этот факт, и мы не знаем, как результат подобного рода мог остаться вообще неизвестным в течение столь долгого времени и как бы забытым в руках автора открытия; кроме того», и т. д.

Прежде всего, я никогда не говорил того, что гг. Нобили и Антинори здесь мне приписывают. В моем письме

к г. Гашетту, упомянутом в начале настоящего письма, я вкратце сообщаю о том, что я недавно открыл и доложил 24-го предыдущего месяца Королевскому обществу. Эту заметку можно найти на стр. 402 этого же номера *Annales*, и она гласит: «В четвертой части говорится о столь же любопытном, как и необычном опыте, принадлежащем г. Араго; как известно, этот опыт состоит в том, что магнитная стрелка вращается под влиянием вращающегося металлического диска и наоборот. Г-н Фарадей считает это явление тесно связанным с магнитным вращением, которое ему удалось открыть около десяти лет тому назад. Он установил, что при вращении металлического диска под влиянием магнита могут появляться электрические токи по направлению радиусов диска и в количестве, достаточном для того, чтобы сделать из диска новую электрическую машину».

Я никогда не говорил и никогда не хотел говорить, что я получил электрические токи при вращении металлического диска когда-либо раньше даты мемуара, который я тогда только что написал; я сказал, что необычайное явление, открытое г. Араго, по своей природе связано с электромагнитным вращением, которое я открыл за несколько лет перед тем, потому что оба они вызываются касательным действием; сказал также, что при вращении диска вблизи магнита я могу (теперь) заставить электрические токи проходить или стремиться проходить в направлении радиусов, превращая таким образом диск в новую электрическую машину, и это, я думаю, достаточно доказано в этой части статьи, о которой я делал сообщение, как это можно видеть на стр. 65—118 т. I *Annales*.

Я особенно хотел бы устранить эту ошибку, потому что я всегда восхищался осторожностью и научной сдержанностью, которую проявляет г. Араго, ибо он противится соблазну дать теорию открытого им явления до тех пор, пока ему не удастся выдвинуть такую теорию, которая окажется при своем применении совершенной, и отказывает

в своем одобрении всем несовершенным теориям других. Восхищаясь его сдержанностью, я последовал ей в отношении к своему открытию и, возможно, по этой причине сохранил глаза открытыми для признания истины, когда она передо мной предстала.

Я теперь подошел к вопросу, касающемуся научной части моих произведений. Моя статья от 24 ноября 1831 г. содержит в своей четвертой части мое мнение о причине явления Араго — мнение, которое в настоящее время я не вижу причины изменять. Гг. Нобили и Антинори в своих статьях от 31 января и 24 марта 1832 г. заявляют о том, что они устранили некоторые ошибки среди даваемых мной фактов и собираются дать обширное исследование электромагнитных явлений. Я не мог заметить, чтобы произведения этих ученых добавляли хоть один факт к тем, которые заключаются в моих статьях, кроме только, может быть, того, что они упоминают об искре, полученной от обычного магнита, — результат, который я получал сам ранее с электромагнитом. С другой стороны, я думаю, что мемуары этих господ содержат ошибочные мысли о природе магнитоэлектрических токов, и что они одинаково ошибаются в отношении как действия, так и в отношении направления токов во вращающихся дисках Араго. Эти ученые говорят: «Мы недавно проверили, расширили и, возможно, в некоторых частях исправили результаты английского ученого (Аппалес, стр. 281). И далее на стр. 298, говоря о том, что, *по их мнению*, являлось моими мыслями (потому что, хотя мой доклад был сделан и теперь опубликован, авторы не сочли нужным познакомиться с ним), они пишут: «Мы уже высказали свое мнение об этой мысли, но если в начале наших исследований нам казалось трудным согласовать ее с природой токов, открытых самим г. Фарадеем, что мы скажем теперь, после всех новых наблюдений, которые мы сделали, продолжая наши исследования? Мы полагаем, что в гальванометре мы имеем компетентного судью и что именно ему дано разрешить этот вопрос».

При моем величайшем желании быть поправленным, если я ошибаюсь, я все же не могу обнаружить в произведениях этих господ никакой поправки, которой я смог бы воспользоваться; но я полностью признаю компетенцию гальванометра и буду продолжать, насколько можно более кратко, подчинять его суждению наши разногласия по вопросу о явлениях Араго; в настоящее время я настолько удовлетворен фактами и результатами, заключающимися в тех статьях, которые я опубликовал (хотя я сделал бы в некоторых местах изменения, если бы мне пришлось писать их заново), что мне нет надобности выходить за пределы тех опытов, которые они содержат.

Я не намерен более распространяться по поводу первого мемуара ученых итальянцев. Я уже добавил исправляющие замечания к его английскому переводу, который появился в *Philosophical Magazine*,¹ и имел честь послать несколько оттисков вам и другим авторам. В настоящее время моей целью является сравнение второй части их произведения с четвертой частью моей первой статьи и с некоторыми другими частями этих статей, проливающими свет на общие положения. Оба произведения имеют целью объяснение явления Араго и, к счастью, оба находятся в пятидесятом томе *Annales*, так что обращаться к ним за справками нетрудно. Я буду ссылаться на мою статью цифрами, обозначенными таким образом: (Ф. 114), а на произведения гг. Нобили и Антинори — просто указанием страницы *Annales*.

На стр. 281, после нескольких общих замечаний, мы читаем: «Мы недавно поверили, расширили и возможно, что в некоторых частях и исправили результаты английского ученого: *мы затем заявили, что магнетизм вращения нашел свою правильную исходную точку в новых фактах г. Фарадея, и что, следовательно, теория магнетизма, как нам кажется, в настоящее время настолько продвинута, что заслуживает*

¹ См. стр. 235 настоящего тома.

того, чтобы мы занялись развитием физических принципов от которых она зависит. *Произведение, которое мы теперь выпускаем, предназначено для того, чтобы заполнить этот пробел*», и т. д. По этому вопросу я хочу только заметить, что как раз за четыре месяца перед тем статья, которую я докладывал Королевскому обществу, говорили о том же и дала, я надеюсь, как раз истинное и точное изложение теории явления, о котором идет речь (Ф. 4, 80).

На стр. 282 мы читаем: «Мы уже различили эти токи в наших первых исследованиях», т. е. в первой статье, помещенной в декабрьском номере (стр. 412); но я уже описал эти токи на четыре месяца раньше (Ф. 90).

На стр. 283 находим описание «исследователей или гальванометрических зондов», которые являются как раз тем, что я ранее описывал и различал под названием коллекторов или проводников (Ф. 86 и др.).

В начале своего исследования о состоянии диска Араго, вращающегося в соседстве с магнитом, итальянские ученые выбрали два относительных положения пластинки и магнита; одно они назвали (стр. 284) «*центральной установкой*», где магнитный полюс был помещен вертикально над центром диска, другое (стр. 285) — «*эксцентричной установкой*», в котором магнит действовал вне этого положения. В отношении центральной установки мы читаем (стр. 284): «В этом случае, когда магнит действует на центр диска, зонды (коллекторы), *где бы они ни были помещены*, не передают гальванометру никаких признаков тока, и если случайно наблюдаются небольшие отклонения, то только из-за ошибки в центрировке, так что нам остается только *исправить эту ошибку*, и все признаки, зависящие от этого сомнительного источника, тотчас же исчезают, и т. д. В самом деле, что происходит с электродинамической катушкой, вращающейся вокруг своей собственной оси, если катушка все время расположена против одного и того же магнитного полюса? *Совершенно ничего*. Ее вращение является *безразличным*

обстоятельством. Образование токов принадлежит *совершенно иному условию*, потому что они *возникают* только в тот момент, когда катушки *приближаются* к магниту или *удаляются* от него. Пока катушки остаются на постоянном расстоянии, *двигаясь* или *не двигаясь*, *тока нет*; точно таким же образом *нет никакого тока* в случае центрального вращения, когда точки диска, оставаясь постоянно на одном и том же расстоянии от магнитного полюса, создают вновь и вновь такое расположение, что сами постоянно присутствуют; а при такой комбинации *новые законы* о токах г. Фарадея не *предуказывают никакого действия*.

Это утверждение настолько ошибочно сначала и до конца, что я был вынужден выписать его целиком. Прежде всего, электрические токи так же сильно стремятся возникнуть во вращающемся диске в случае «центральной установки», как в любом другом случае (Ф. 149—156), но их направление идет от центра к периферии или обратно, и как раз в этих местах и надо прилагать коллекторы. Именно это обстоятельство создает из вращающегося диска новую электрическую машину (Ф. 154), и именно в этом пункте гг. Нобили и Антинори полностью заблуждаются в обоих своих мемуарах. Эта ошибка встречается во всех частях мемуара, который я сейчас сравниваю с моей первой статьей, и проявляется, как я думаю, во всех без исключения пунктах даваемой в этом мемуаре теории явления Араго.

На стр. 284 говорится, что совершенно ничего не происходит, когда катушка вращается вокруг своей оси концентрично с магнитным полюсом, и что это обстоятельство (вращение) безразлично. Я осмелюсь утверждать, хоть я и не делал такого опыта, что электрический ток будет стремиться пройти поперек катушки, а то обстоятельство, что последняя вращается, вовсе не безразлично, а, наоборот, содержит в себе как раз благодаря этому единственное существенное условие, требующееся для возбуждения тока. В самом деле, можно рассматривать катушку как нечто аналогичное цилин-

дру, который занял бы ее место, за исключением того, что она гораздо менее пригодна, потому что она, так сказать, разрезана в длинный винтообразный провод. Катушку можно рассматривать просто как провод, помещенный в некоторой части пространства, занимаемого цилиндром; а я показывал, что такие провода производят при своем вращении токи, если их концы соединены с гальванометром.

На стр. 284 говорится, что образование токов «зависит от совершенно другого условия, потому что они производятся только в тот момент, когда катушки либо приближаются, либо удаляются от магнита; до тех пор, пока катушки остаются на постоянном расстоянии, *тока нет*, все равно, двигаются ли они или нет, совершенно так же, как нет тока в случае *центрального вращения*, и т. д.»

Но я в своей первой статье доказал, что существенным условием было не приближение и не удаление; необходимо, чтобыдвигающийся металл пересекал магнитные кривые (Ф. 101, 116, 118 и др.), и что, следовательно, при прочих равных условиях движение без перемены расстояния является наиболее действенным и наиболее сильным средством к получению тока, а вовсе не является состоянием, в котором *совершенно ничего* не происходит. В моей второй статье я доказывал, что движение поперек магнитных кривых является *единственным* необходимым условием (Ф. 217), и что не только нет необходимости в приближении или удалении, но мы могли бы получать токи от самого магнита, отводя их в должном направлении (Ф. 220).

Наконец, говоря об этой «центральной установке» и об отсутствии якобы действия в случае, когда «части диска оставались постоянно на одинаковом расстоянии от магнитного полюса», гг. Нобили и Антинори пишут (стр. 285): «создавая вновь и вновь такое расположение, что они сами постоянно присутствуют — расположение, при котором новые законы о токах г. Фарадея не предрекают никакого действия», и затем мы читаем в примечании: «эти законы могут

быть сведены к трем», которые затем излагаются сперва полностью, а затем следующим образом: «1-й закон. Во время приближения производится ток, противоположный производящему току; отталкивание между двумя системами. 2-й закон. Неизменное расстояние: никакого действия. 3-й закон. Во время удаления производится ток того же направления, как и производящий ток; притяжение между двумя системами».

Сам я никогда не выдавал вышеуказанных правил за простые законы, руководящие возбуждением токов, которые я имел счастье открыть; мне также непонятно, почему гг. Нобили и Антинори утверждают, что это *мои* законы; между тем на стр. 282 один из них так называется. Но я описывал три подобных случая как в своей первой статье (Ф. 26, 39, 53), так и в примечании, т. е. в моем письме к г. Гашетту, как общие действия, которые я наблюдал. Из того, что я только что сказал, видно, что это не законы магнитоэлектрического действия, потому что простой факт получения электрических токов посредством вращения цилиндра (Ф. 219) или диска (Ф. 218), соединенного с магнитом, противоречит каждому из этих законов. *Один закон*, включающий все действия, дан в моей статье (Ф. 114, 116 и сл.), и он просто выражает *направление*, в котором двигающееся проводящее тело *пересекает* магнитные кривые. Высказав этот закон о направлении, я попытался все обобщить (Ф. 118) в выражениях, которые я хочу здесь повторить: «Все эти результаты показывают, что способность индуцировать токи проявляется по окружности вокруг магнитной равнодействующей или силовой оси, как расположенный по окружности магнетизм возникает вокруг электрического тока и им обнаруживается».

Я процитировал целиком отрывок из статьи ученых итальянцев, потому что он содержит почти все разногласия, имеющиеся между нами в отношении как фактов, так и в отношении взглядов на эту часть нашего вопроса. После того как я показал ошибки, которые содержит эта выдержка,

я могу быть более краток, когда покажу *с помощью гальванометра* ошибки, которые вытекают из них и которые рассыпаны всюду в прочих частях их мемуара. И правда, очень любопытно наблюдать, как с обычно правильными гальванометрическими указаниями эти ученые допустили ошибку под влиянием предвзятых мнений. Например, на стр. 287, 288 и на рис. 2 табл. III мы находим результат изучения с помощью гальванометра токов во вращающемся диске; эти токи представлены почти с безукоризненной точностью посредством стрелок; несмотря на это, *оба заключения*, которые выводятся из них, согласны с провозглашенной ими теорией, но диаметрально противоположны фактам.

«Одно из этих заключений (стр. 287) вытекает из непосредственного рассмотрения стрелок, указывающих токи в двух участках диска (рис. 2), и состоит в том, что *в тех участках (или сторонах), которые приближаются (или входят), система образующихся токов противоположна той, которая производится на другой стороне*. Другое заключение получается при сравнении токов, производимых на диске, с токами производящей причины; и оказывается, что *направление токов на участках диска, которые входят (или приближаются), противоположно направлению производящих токов, в то время как с другой стороны имеется тождество направления в двух системах*».

Но я показал в моей первой статье (Ф. 119), что «при прохождении куска металла... мимо одиночного полюса, между противоположными полюсами магнита или вблизи электромагнитных полюсов, независимо от того, имеется ли железный сердечник или нет, внутри металла возникают перпендикулярные к направлению движения...». Этот факт доказан для проводов (Ф. 109), пластин (Ф. 101) и дисков (Ф. 92 и сл.), и во всех этих случаях электрический ток имел *одинаковое направление*, независимо от того, как двигался металл: приближался к магниту или удалялся от него. Во вращающемся диске Араго электричество, которое

в бесчисленных опытах я получал из его различных участков, всегда было в согласии с этим результатом (Ф. 92, 95, 96), и поэтому (Ф. 119 и сл.) я суммировал их, кратко описывая их как токи, проявляющиеся в диске Араго; я устанавливаю прежде всего (Ф. 123), что токи, возбуждаемые вблизи или под полюсами, «разряжаются и возвращаются назад из участ-

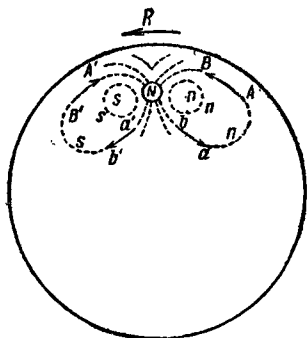


Рис. 1.

ков пластины, расположенных с каждой стороны на большем расстоянии от места положения полюса, где магнитная индукция, конечно, слабее».

Я представил это положение вещей в общей форме на рис. 1; здесь все, что касается стрелок, обозначений и т. д., я изобразил по возможности в соответствии с рис. 2 табл. III мемуара итальянских ученых. Я теперь займусь выяснением того, насколько это согласуется с

их гальванометрическими результатами и с их *заключениями*.

Что касается гальванометрических результатов, то мой рисунок можно взять вместо их рисунка, и это не приведет к какому-либо различию; и у меня в самом деле нет оснований утверждать, что их результаты неточны.

Далее они пишут: «Одно из заключений вытекает из непосредственного рассмотрения стрелок, указывающих токи в двух участках диска»; пусть оно вытекает из любой другой внимательной экспериментальной проверки; всегда можно видеть, что направление входящих токов n, n, n вовсе не *противоположно* направлению токов в уходящих участках s, s, s , а совершенно с ними одинаково; иначе говоря, общий характер движения таков, что около полюса токи идут сверху вниз или от окружности по направлению к центру, поперек тех линий, которые отдельные участки описывают при своем движении; а на большем расстоянии (Ф. 92)

с каждой стороны полюса они проходят в противоположном направлении. Когда некоторая точка на линии, которая описывается при движении, приближается к полюсу, по ней начинает идти ток, который усиливается до тех пор, пока точка не дойдет до кратчайшего расстояния (или, возможно, перейдет немного за него, если в действие замешан элемент времени); затем, вследствие увеличения расстояния, сила тока уменьшается, но он не меняет направления своего движения. И только когда точка достигнет мест, гораздо более отдаленных, где возбужденное электричество может разрядиться, появляется ток либо противоположного направления, либо идущий в более или менее косвенном направлении. Я полагаю, что совсем нет необходимости говорить о некотором изменении направления тока в участках диска вблизи от центра или окружности; две или три кривые, которые я начертил приблизительно, покажут, в каком направлении происходят эти изменения.

Второе заключение, вытекающее из мемуара ученых итальянцев (стр. 288), состоит в том, что «в приближающихся участках направление токов противоположно направлению производящих токов» (т. е. тех, которые считаются существующими в магните), «а по другую сторону направления в этих двух системах тождественны». Это утверждение прямо противоположно истине (Ф. 117). Посредством стрелок (рис. 1 и 2) я обозначил направление токов в магнитном полюсе, и оно таково же, как и направление, данное гг. Нобили и Антинори на их рис. 1 табл. III. Но мой рис. 1, а равно и показание гальванометра, с очевидностью доказывает, что в приближающихся участках *n, n, n* токи проходят в *той же* направлении, как и ток в этой стороне магнитного полюса, а в участках, которые удаляются, *s, s, s*, токи идут в направлении, *противоположном* тому, которое принимается существующим с той стороны магнитного полюса, от которого они удаляются.



Рис. 2.

Я предполагаю, но не вполне уверен в том, что по представлению гг. Нобили и Антинори в участках металла вблизи полюса возбуждаются круговые токи таким же образом и совершенно такого же вида, как те, которые образуются в катушке, когда она приближается к магниту; а когда этот участок диска удаляется, круговые токи каким-то способом перевертываются, как это происходит в катушке, когда ее отводят от магнита. Один отрывок из их первой статьи и другой в конце стр. 284 как будто указывают на то, что именно таково их мнение. Подобная мысль возникла у меня более чем год тому назад, но я вскоре усмотрел из многочисленных опытов (я только что указал некоторые из них), что это не отвечает фактам; а когда я обнаружил, что действие катушки при ее приближении к полюсу и удалении от него превосходно объясняется (Ф. 42) законом (Ф. 114), я был вынужден отказаться от моего прежнего мнения.

Мемуар затем переходит (стр. 288) к объяснению явления вращающегося диска Араго, но так как я показал, что общая теория основывается на двух заключениях, которые противоречат действительности, то нет необходимости делать подробный разбор этой части. Невозможно, чтобы она могла точно представлять явления. Те, кто хотят узнать истинное положение вещей, могут решить сами с помощью очень небольшого количества опытов, справедлив ли взгляд, опубликованный мною в моей статье, которая впервые сообщала об открытии этих токов, или же правы ученые итальянцы, говоря, что я ошибаюсь и что они опубликовали более правильные взгляды по этому вопросу.

Всему свету известно, что когда г. Араго опубликовал свое замечательное открытие, он сказал, что действие диска на магнит может быть разложено на три силы: *первая* перпендикулярна к вращающемуся диску, и он находит, что она является отталкивательной. *Вторая* горизонтальна и перпендикулярна к вертикальной плоскости, содержащей радиус, находящийся под магнитными полюсами; это — каса-

тельная сила; она и вызывает вращение полюса с металлом; *третья* горизонтальна и параллельна тому же радиусу; эта на некотором расстоянии от окружности равна нулю; вблизи от центра она тянет полюс к центру; вблизи от окружности она стремится двигать его от центра.

На стр. 289 гг. Нобили и Антинори дают объяснение первой из этих сил. Как я сказал, эти ученые считают, что в приближающихся участках диска имеются токи, противоположные существующим на той стороне полюса, к которой они приближаются и, следовательно, отталкивающие, а в удаляющихся участках токи тождественны по своему направлению с токами на той стороне магнита, от которой они удаляются; следовательно, эти участки действуют притягательно. По своей величине эти две силы равны друг другу, но их отношение к стрелке или к магниту неодинаково: «так как отталкивающие силы являются ближайшими и существуют в диске даже под стрелкой, то они приобретают преимущество над действием противоположных сил, которые действуют более вкось и более удалены; в итоге только часть отталкивающей силы уравновешена притягивающей; остальная часть не встречает противоположных себе сил и она то и производит действие».

Но я доказал в этом письме, что токи либо в тех участках, которые приближаются, либо в тех, которые удаляются, как раз противоположны тем, которые предполагаются учеными итальянцами, и что, следовательно, там, где они ожидают притяжения, они должны иметь отталкивание, а вместо отталкивания притяжение, так что по их рассуждениям, исправленным опытом, результатом должно быть *притяжение*, а не *отталкивание*. Но г. Араго был прав, говоря, что сила была отталкивательная, а, значит, даваемая здесь теория действия не может быть правильной.

В моей первой статье можно найти мой взгляд на это явление. Я там ставил вопрос, насколько возможно и вероятно (Ф. 125), чтобы требовалось время для достижения

максимального тока в пластине, в каком случае результирующая всех сил должна быть впереди магнита, когда вращается пластина, и позади него, когда вращают магнит: линия, соединяющая эту результирующую с полюсом, пойдет наклонно к плоскости вращения, и тогда сила, направленная по этой линии, может быть разложена на две другие: одну — параллельную, а другую — перпендикулярную к плоскости вращения; последняя должна быть отталкивательной и произведет действие, аналогичное тому, которое отмечено г. Араго.

Вторая сила, это та, которая заставляет магнит и диск следовать друг за другом. Обращаясь к стр. 290 и рис. 1 или 2 (мой рис. 1 отвечает этой же цели), мы читаем: «У s, s, s существуют притягательные силы, по направлению которых он (магнит) притягивается, а у n, n, n имеются отталкивающие силы, которые толкают его в том же направлении», а потому магнит движется за металлом. Но токи, а, следовательно, силы в точности противоположны тем, которые предполагаются, как я только что показал: магнит и диск поэтому должны были бы двигаться в противоположных направлениях, если силы действуют так, как это предполагается, а так как фактически они тем не менее двигаются не в противоположных направлениях, то очевидно, что теория, объясняющая их движения, должна сама быть ошибочной, поскольку она дает предсказания, противоречащие фактам.

Третья сила — это та, которая стремится перенести магнитный полюс по направлению либо к центру, либо к окружности с каждой стороны нейтральной точки того радиуса, над которым помещен магнит; это действие описано на стр. 281, а также на рис. 4, который сопровождает мемуар и который я считаю вполне правильным. Мемуар переходит к объяснению этого действия, причем исходит из отталкивательной силы (стр. 289), допущенной для обоснования *первого* действия, наблюдаемого г. Араго, а именно из

вертикального отталкивания от диска; и предполагая, что эта отталкивательная сила рассеяна на некотором пространстве диска под магнитом, авторы заключают (стр. 292, рис. 5), что если полюс находится очень близко к окружности, то тот участок диска, из которого исходит эта сила, должен быть меньше, так как его обрезает сама окружность, и, следовательно, участки, находящиеся ближе к центру, действуют сильнее и толкают полюс наружу; если, наоборот, полюс помещен ближе к центру, часть диска, из которой исходит сила, будет простираться за центр, а так как она считается (хотя и ошибочно) неактивной, то участок диска, находящийся вблизи окружности, пересиливает и толкает полюс по направлению к центру.

Одно или два небольших возражения против этого мнения напрашиваются сами собой, но они ничто по сравнению с тем, которое возникает, когда мы вспомним, что ошибка, которую авторы сделали в согласии со своим взглядом относительно действия этих токов при определении направления токов, возбуждаемых вблизи полюса, вынуждает нас заменить притяжение отталкиванием, как я показал, говоря о первой из этих сил; следовательно, все движения, связанные с третьей силой, должны быть как раз противоположны тем, какие наблюдаются в действительности; и если теория, после того как мы ее исправим на основании опытов, сделанных с гальванометром, дает такие движения, то ее следует отбросить.

На стр. 292 я нахожу, что мемуар ссылается на «второй закон» г. Фарадея. Как я уже говорил, я никогда не выдавал устанавливаемых фактов за законы. И я в самом деле очень сожалею, что письмо, которое не предназначалось для того, чтобы дать мельчайшие подробности, а давало только некоторые факты, наскоро отобранные из сотен описанных раньше в статье, доложенной Королевскому обществу, — я говорю, что сожалею, что это письмо, которое никогда не предназначалось к печати, ввело в ошибку

ученых итальянцев. И все же, пересмотрев все факты, я не считаю себя ни в малейшей мере ответственным за те ошибки, в которые они впали; ни в том, что я выдвинул ошибочные результаты, ни, говоря о статье, в том, что я не дал ученому миру полных подробностей настолько скоро, насколько это было для меня возможно.

Я до сих пор не опубликовал моих взглядов на причину *третьей* силы, отмеченной г. Араго. Но итальянские ученые, выдвигая гипотезу, которую я только что осудил как неточную, ставят вопрос (стр. 293):

«фактически, какая другая гипотеза может примирить *вертикальность*, которую сохраняет стрелка в обоих положениях *ns*, *n"s*» (рис. 4), с другими фактами, а именно отталкивания снизу вверх, которое подымает стрелку во второе положение *s*, *n*?».

Поэтому мне очень хочется предложить такую другую гипотезу; при этом я настойчиво указываю, что набрасываемые мною направление и вид возбуждаемых электромагнитных токов должны рассматриваться только как некоторое приближение.

Если кусок металла достаточно велик и вмещает без помех все токи, которые могут быть возбуждены в его массе магнитным полюсом, помещенным над ним, и если он движется в прямолинейном направлении под полюсом, то электрический ток будет проходить поперек линии движения во всех участках тела, которые находятся в непосредственном соседстве с полюсом, и будет возвращаться в противоположном направлении с каждой стороны в тех участках, которые, находясь дальше от полюса, подвержены более слабой индуктивной силе; таким образом, ток будет замыкаться или разряжаться (рис. 3). Пусть *A*, *B*, *C*, *D* представляют медную пластину, движущуюся в направлении

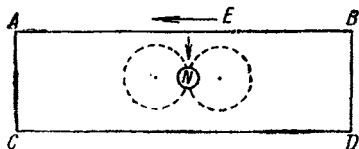


Рис. 3.

стрелки E , а N —северный конец магнита, помещенного над ней; в металле возникнут электрические токи; они, правда, несомненно простираются от участка, находящегося непосредственно под полюсом, на большое расстояние вокруг (Ф. 92) и одновременно уменьшаются по силе и изменяются по направлению, по мере того как возрастает расстояние от этого участка; тем не менее можно представить равнодействующую этих токов в виде двух кругов; и будет очевидно, что наиболее интенсивной точкой действия является та, в которой эти круги соприкасаются и непосредственно под магнитным полюсом или, ввиду потребного времени, немного впереди. Поэтому та часть силы, которая действует параллельно

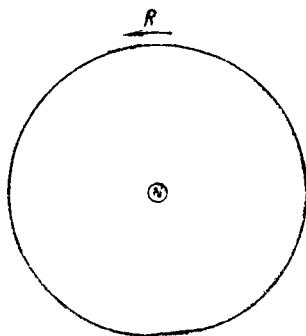


Рис. 4.

плоскости металла, будет уводить полюс вперед в направлении стрелки E ; в самом деле силы на стороне A, B полюса и на стороне C, D одинаковы; а та часть силы, которая, вследствие необходимости известного времени для производства возбужденного тока, перпендикулярна к направлению металла, как я уже сказал, будет отталкивательной и будет стремиться толкать полюс вверх или наружу.

Но предположим, что вместо такой пластины, которая движется в прямолинейном направлении, мы возьмем круглый диск, вращающийся на своей оси, и затем рассмотрим случай, когда магнитный полюс помещен над его центром (рис. 4); в этом случае не возникнет никакого электрического тока не потому, что он не будет стремиться образоваться, ибо я уже говорил в этом письме и показал в моих статьях (Ф. 149, 156, 217), что с того момента, как диск начинает двигаться, токи также готовы двигаться, стремясь образоваться в направлении радиусов от окруж-

ности к центру; но так как все участки испытывают одинаковое влияние, будучи все на одинаковом расстоянии от центра, то ни один из них не получит превосходства над другими, и никакого разряда возникнуть не может, а потому и ток не может образоваться. А так как никакого *тока* не может существовать, то не может происходить никаких явлений, зависящих от действия тока на полюс; отсюда следует, что нет ни *вращения*, ни отталкивания магнита. Вот какова причина *вертикальности без отталкивания*, которая наблюдается при таком положении.

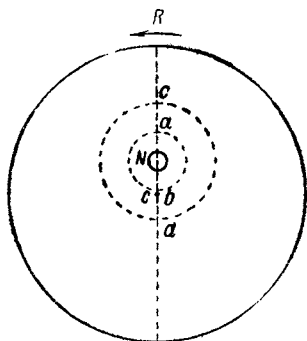


Рис. 5.

Теперь рассмотрим случай, когда полюс магнита находится не над центром вращающегося металла, а с одной стороны — скажем, у *N* (рис. 5). Стремление к образованию

электрических токов происходит от движения участков диска *поперек* магнитных кривых (Ф. 116, 217), а когда эти кривые имеют одинаковую интенсивность, электрические токи увеличиваются в силе пропорционально увеличению скорости, с которой движутся участки диска, пересекающие эти магнитные кривые (Ф. 258). Начертим поэтому круг *a b* (рис. 5) с магнитным полюсом в центре; он будет представлять проекцию на диск магнитных кривых, имеющих *равную интенсивность*; *a* и *b* будут те точки на радиусе, проходящем непосредственно под полюсом, которые находятся на равном расстоянии от полюса; но так как участок *a* проходит под полюсом с гораздо большей скоростью, чем участок *b*, интенсивность электрического тока, возбуждаемого в этом участке, будет пропорционально больше. То же справедливо и для точек на любом другом радиусе, пересекающем круг *ab*, и будет так же верно для всякого другого круга, начерченного вокруг *N* как центра

и представляющего поэтому магнитные кривые равной интенсивности; исключением являются случаи, когда этот круг простирается за центр c вращающегося диска, как cd ; здесь будет возникать не более слабый ток, а два противоположных тока, у d и у c .

Естественным следствием этих действий в различных участках является следующее: поскольку сумма сил, стремящихся произвести электрический ток в направлении от c к d , больше на стороне c магнитного полюса, чем на стороне d , закривление или обратный ход этих токов справа и слева начинается на этой же стороне; вследствие этого оба круга, которые мы, как и прежде, можем рассматривать как представляющие равнодействующие этих токов, не будут соприкасаться точно под полюсом, но на большем или меньшем расстоянии от него в направлении окружности, как на рис. 6.

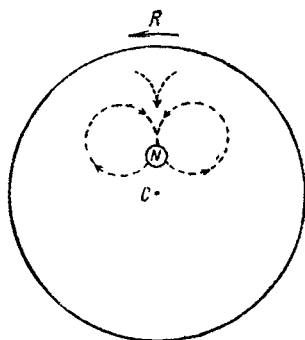


Рис. 6.

Одно это обстоятельство не привело бы в движение полюса, который может двигаться исключительно по направлению радиуса; но сюда присоединяется еще другое, которое вытекает из того, что для развития тока необходимо время, о чем я уже упоминал при объяснении *первой* из трех сил, которыми г. Араго представляет действие полюса и вращающегося диска, и я надеюсь, что, взятые вместе, они полностью объяснят все рассматриваемые явления; они докажут также участие времени в качестве одного из элементов. В самом деле, пусть c (рис. 7) будет центр вращающегося диска, а rc — часть радиуса, находящегося под магнитным полюсом p ; точка соприкосновения двух кругов (представляющих токи) находится, как мы только что видели, на той стороне полюса, которая лежит

дальше от центра c ; но из-за элемента времени и направления вращения R металлического диска она находится также немного левее радиуса rc , так что полюс подвержен не симметричному, а косвенному действию этой пары токов. Как необходимое следствие отсюда, полюс, если он может свободно двигаться вдоль по радиусу и только по этому направлению, будет двигаться по направлению к центру c , потому что токи, производимые полюсом с меткой (или северным) как раз таковы, что при своем взаимодействии с полюсом будут толкать его в этом направлении.

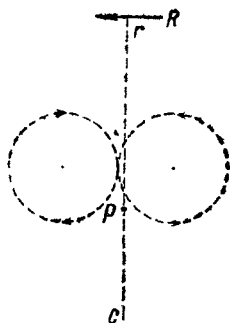


Рис. 7.

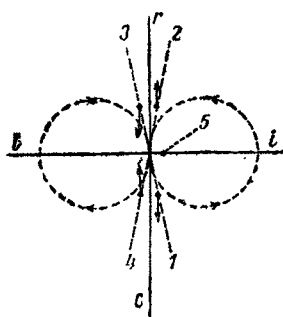


Рис. 8.

Такое отношение токов к полюсу, который их производит, легко доказывается как опытом, так и вычислением. Я показал (Ф. 100), что когда полюс с меткой (северный) находится над диском, вращающимся в направлении стрелки R на рисунках мемуара итальянских ученых или на моем, токи (обозначенные кругами) таковы, как на рис. 3, 6 или 7. Я изгибал металлический провод, несущий ток таким образом, вдвое (рис. 8), помещал полюс с меткой (северный) над ним и позволял ему двигаться только параллельно rc ; я нашел тогда, что где бы его ни поместить на линии rc , он не имеет ни малейшего стремления двигаться. Имеется еще другая линия, перпендикулярная к этой первой и пересекающая точку соприкосновения кругов; находясь на ней,

тока, возбуждаемого в b и в любой точке по эту сторону полюса; поэтому он соответственно положению полюса над металлической пластиной (т. е. ближе или дальше от ее края) сделает сумму их равной, а то и большей, чем сумма сил по другую сторону, или по направлению к окружности. Если суммы сил на двух сторонах полюса равны,

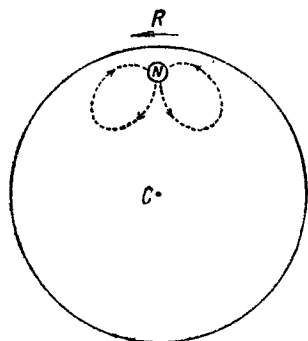


Рис. 10.

тогда полюс будет находиться в каком-нибудь месте нейтральной линии li , как в 5 (рис. 8), и не будет стремиться ни по направлению к центру, ни к окружности, хотя его стремление двигаться с диском или вверх от диска будет оставаться неизменным. Если же сумма сил больше на стороне d , чем на стороне c , тогда полюс будет в положении 2 (рис. 8) и будет выталкиваться в направлении радиуса

наружу в соответствии с результатами Араго.

Кроме этой причины изменения движения полюса параллельно радиусу — причины, которая зависит от положения полюса вблизи окружности, — имеется другая причина, которая, как я думаю, имеет место одновременно и помогает действию предыдущей. Когда полюс расположен около края диска, разряд токов, возбужденных около центра, встречает сопротивление в участках, расположенных у края, вследствие недостатка в проводящем веществе; вследствие этого токи уже не имеют правильной формы, представленной на рис. 7 и 8; они, как это представлено на рис. 10, будут задерживаться в своем ходе и направляться к окружности; в то же время в тех местах, где они направлены к центру, они будут иметь для своего движения все необходимое для этого пространство. Этого одного было бы достаточно, чтобы точка наибольшей силы оказалась несколько ближе к центру, чем проекция оси магнитного по-

люса, и тем способствовала бы перемещению полюса в положение 2 (рис. 8). Я так твердо верю в это рассуждение, что, хоть и не имел сам случая сделать этот опыт, осмеливаюсь предсказать, что если взять не вращающийся диск, а металлическую полосу или пластину в пять или шесть дюймов шириной, как $ABCD$ (рис. 11), и двигать ее в прямолинейном направлении вдоль стрелки под магнитным полюсом, расположенным у a , то полюс будет стремиться двигаться вперед вместе с пластиной, как прежде, но не будет двигаться ни вправо, ни влево; наоборот, если полюс поместить над точкой b , он будет стремиться к краю AB ; а если его поместить над c , он будет стремиться двигаться к краю CD .

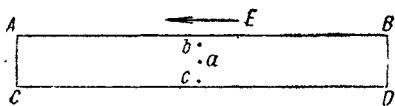


Рис. 11.

Ответив таким образом на вопрос: «Какую другую гипотезу» и т. д., поставленный авторами мемуара на стр. 293, я могу теперь продолжать рассмотрение мемуара. На стр. 295 повторяется ошибка, относящаяся к природе токов (т. е. к предполагаемому изменению их направления на противоположное); таким «обращением» является случай с катушкой и с приборами некоторых других видов; но простой и элементарный ток, производимый движением провода перед магнитным полюсом, не меняет своего направления, когда провод удаляется (Ф. 171, 111, 92).

На стр. 295 предполагается, что при медленном вращении «вращение токов ограничено в небольших пределах и почти нечего добавлять к результатам, которые послужили основанием для всей нашей теории». Но если движение быстрое, токи окутывают весь диск «и как бы становятся своего рода лабиринтом». Я со своей стороны полагаю, что токи имеют одно и то же общее направление (я уже дал его на рисунках) и при быстром и при медленном вращении и что единственным различием будет увеличение силы с возрастанием скорости.

В дальнейшем (в мемуаре) рассматривается одно расположение, в действительности простое, хотя сперва оно кажется сложным; а именно здесь два противоположных полюса расположены над пластиной так, что находятся на одном и том же диаметре, но на противоположных сторонах от центра. Это расположение вместе с направлением вращения и производимыми токами мы находим на рис. 7 мемуара итальянских ученых. Нет необходимости цитировать стр. 296, 297, которые объясняют этот рисунок, но я хочу дать мой рис. 12, который согласуется с моими взглядами и опытами и который близко соответствует предыдущему рисунку, вследствие чего их можно легко сравнивать друг с другом. Я весьма

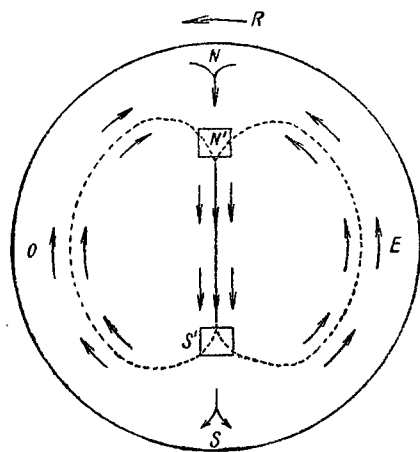


Рис. 12.

удовлетворен тем, что в этой части мемуара, так же как и в первой, я не нахожу ни одного *важного* экспериментального результата, который бы противоречил взглядам, опубликованным мною, но я очень далек от того, чтобы принять те выводы, которые из них делаются.

Если мы рассмотрим рис. 12, то увидим, что он вытекает самым простым образом из факта применения двух противоположных полюсов; таким образом, поскольку дело касается только верхнего (или северного) полюса, то токи таковы же, как на рис. 6. Но как у этого полюса производимый им ток пойдет от окружности к центру, так у южного полюса в таком же или соответствующем положении токи пойдут от центра к окружности (Φ . 100), а вследствие этого на рис. 12 они будут идти вдоль диаметра NS , через

на противоположных сторонах от центра. Это расположение вместе с направлением вращения и производимыми токами мы находим на рис. 7 мемуара итальянских ученых. Нет необходимости цитировать стр. 296, 297, которые объясняют этот рисунок, но я хочу дать мой рис. 12, который согласуется с моими взглядами и опытами и который близко соответствует предыдущему рисунку, вследствие чего их можно легко сравнивать друг с другом. Я весьма

центр вращающейся пластины, чтобы вернуться в направлении стрелок на сторонах EO . Пункты, в которых я не согласен с *указаниями гальванометра*, полученными гг. Нобили и Антинори, это, во-первых, направление токов у N и у S (они у них противоположны тем, которые получил я) и, во-вторых, существование направленной вкось оси силы, как у PQ на их рис. 7.

Мемуар оканчивается, насколько это касается меня, на стр. 298, где снова говорится об ошибке (но не как об ошибке) по вопросу о вращающемся диске, который становится *новой электрической машиной*. Вначале авторы, мало знакомые с принципами, под влиянием которых получен подобный результат, отрицают его; они спрашивают далее: «Что мы скажем после всех *новых наблюдений*, которые мы произвели во время наших исследований?». Меня, однако, это ни в какой степени не побуждает изменять хоть что-либо из того, что я опубликовал: напротив, я еще более уверен в своих данных, чем прежде, ибо если бы их выводы согласовались с теми результатами, к которым пришел я, я бы имел веские основания после исследования, которое я только что сделал, опасаться, что мои собственные взгляды были ошибочными.

В заключение этого письма я снова должен выразить сожаление по поводу того, что я был вынужден его написать, но мы должны вспомнить следующее: мемуары итальянских ученых были написаны и опубликованы *после* моих статей; их последнее произведение появилось в одном со мной номере в *Annales de Chimie et de Physique*; создается, следовательно, видимость, будто они продвинули науку дальше, чем это сделал я; обе их статьи обвиняют меня в ошибках и экспериментальных и теоретических и, кроме того, в недобросовестности; последнее из их произведений датировано мартом, и за ним не последовало никаких поправок или изменений со стороны авторов, хотя сейчас уже декабрь, а я послал им несколько месяцев тому назад (в то

же время, как вам и другим лицам) оттиски моих собственных статей, а также оттиски моих замечаний к переводу их первой статьи;¹ вспомним, что в конце концов я не ответствен ни за одну из тех ошибок, в которых они меня упрекают, и что эти господа выражаются так, что я вынужден ответить на те возражения, которые они мне сделали. Ввиду всего этого, надеюсь, никто не скажет, что я слишком поспешил написать то, чего можно было бы избежать, или что я проявил бы уважение к истине или отдал бы справедливость своим собственным произведениям в этой отрасли знания, если бы, зная о таких важных ошибках, не указал на них.

Остаюсь, дорогой сэр,
совершенно вам преданным
М. Фарадей.

НОВЫЕ ОПЫТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ДЕЙСТВИЮ МАГНЕТИЗМА
НА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ КАТУШКИ, И ОПИСАНИЕ НОВОЙ
ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ БАТАРЕИ

Синьора Сальваторе Даль Негро.

*С примечаниями Михаила Фарадея, члена Королевского общества*²

[Адресовано д-ру Амброджио Фузиньери, директору Annali delle Scienze и проч. и проч.]

Сэр, при повторении опытов, относящихся к действию земного магнетизма на электродинамические катушки, действию, которое впервые было наблюде³но двумя знамени-

¹ См. стр. 235 и др.

² London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1832, I, стр. 45. Та дата, которая находится наверху этих страниц слева, является датой итальянской статьи, а та, которая справа, — датой моих примечаний. — М. Ф.].

³ Это — ошибка. Длинный раздел в моих оригинальных исследованиях (от 140 до 192), датированных 21 декабря 1831 г., посвящен земной маг-

тыми итальянскими учеными Нобили и Антинори, мне пришло в голову изучить действие обыкновенного магнита на подобные катушки в момент, когда один из полюсов пересекает ось катушки («Экспериментальные исследования» 39, 41, 114); при этом я получил такие результаты, которые указали путь, по которому мне надлежало следовать, чтобы воспользоваться этим новым свойством магнетизма. В последнее время мне удалось построить новый электрометр, с помощью которого действенность мгновенных токов, открытых прославленным Фарадеем, могла быть безгранично увеличена и получена последовательно с такой быстротой, что действие этих токов делается, можно сказать, постоянным.¹ Вы (д-р Фузиньери) уже были свидетелем главной части этих моих опытов; Вы неоднократно были так добры, что добросовестно помогали мне зарегистрировать результаты, а затем настаивали на описании, которое можно было бы опубликовать. Я не поколебался дать краткое изложение, которое можно было бы передать и включить в ближайший номер Вашего журнала. Вы уехали от нас слишком поспешно и забыли взять с собой магнит, который я обещал.

Ваш преданный друг
Сальваторе Даль Негро.

Падуя, 20 апреля 1832 г.

нито-электрической индукции. Так как мое краткое письмо к г. Гашетту постоянно выдается вместо моих мемуаров за представление моих взглядов на магнито-электричество, я осмеливаюсь добавить несколько замечаний и ссылок к этой статье таким же образом, как я сделал это к статье синьоров Нобили и Антинори на стр. 401 последнего тома *Philosophical Magazine and Annals.* — *М. Ф.*] См. также в настоящем томе стр. 235.

¹ Я описал недавно другой и превосходный способ получения постоянного тока с помощью магнито-электрической индукции: «Экспериментальные исследования» 90, 154, 155, 156 и др. — *М. Ф.*]

Новые опыты и проч. и проч.

1. Поместите цилиндрическую бумажную трубку, обмотанную катушкой оплетенного шелком медного провода, вертикально на небольшом столике и соедините концы катушки с очень чувствительным гальванометром, сделанным по методу синьора Нобили; введите северный полюс обыкновенного подковообразного магнита в ось цилиндра, и вы получите электрический ток, который будет сильно действовать на гальванометр («Экспериментальные исследования» 39, 147).

При удалении магнитного полюса возникнет ток в противоположном направлении («Экспериментальные исследования» 39). Если повторить опыт с южным полюсом, появятся токи в направлениях («Экспериментальные исследования» 114 и сл.), противоположных тем, которые были вызваны северным полюсом, и менее сильные, чем те, которые были наблюдаемы.

2. Введите в ту же катушку северный полюс более сильного магнита, чем первый, и столкновение произведет гораздо большее действие; я говорю «столкновение», потому что рассматриваемое явление подчиняется законам столкновений твердых тел. Магнетизм вращения, открытый знаменитым Араго, уже показал, какое влияние на это явление оказывает движение. Затем, двигая магнит медленно, можно вводить или удалять его от катушки, не вызывая скольконибудь ощутимого тока. Для достижения максимального действия необходимо, чтобы магнитный полюс вводился или выводился с большой скоростью («Экспериментальные исследования» 136, 153, 258).

3. Введите одновременно магнитные полюсы в две одинаковые катушки, имеющие одинаковое направление; тогда возникнут два противоположных тока, которые будут уничтожать друг друга, если полюсы магнитов обладают одинаковой силой. Но так как северный полюс в наших широтах

более активен, чем южный, полученное действие будет равно разности этих двух токов и будет направлено в сторону большей силы точно так же, как это происходит при столкновении твердых тел. Из этого моего опыта следует, что впредь мы можем легко устанавливать сразу, который из двух магнитов сильнее и насколько более активен северный полюс, чем противоположный ему южный у того же магнита.¹

4. Для того, чтобы воспользоваться в один и тот же момент обоими полюсами одного и того же магнита, устройте две катушки, навитые в противоположных направлениях, и приведите их как обычно в соединение с гальванометром. Тогда при введении полюсов магнитов будет получено действие, равное сумме тех действий, которые могут дать отдельные полюсы. Для того чтобы измерить действие, производимое этими двумя катушками с более сильным магнитом, чем первый, я был вынужден воспользоваться гальванометром, чувствительность которого составляла всего только одну двадцатую первого.

5. Я сразу же сообразил, что эта пара катушек является

[¹ Утверждение, что северный полюс в наших широтах сильнее южного, является ошибкой. Причину действий, полученных синьором Негро, можно найти в п. 147 моих «Экспериментальных исследований» и зависит она от индуктивной силы земли как магнита на другие магниты, а равно на мягкое железо. Если держать прямой магнит по направлению стрелки наклона или даже вертикально полюсом с меткой вниз, оба полюса усиливаются; если его держать вниз полюсом без метки, оба полюса слабеют. И если, когда подковообразный магнит держат обоими полюсами вниз, как в опыте синьора Негро, полюс с меткой сильнее, чем полюс без метки, то это только потому, что на оба конца производится влияние как на отдельные магниты, о которых я только что говорил, и изогнутая часть магнита, являясь верхней стороной, становится как бы слабым южным полюсом. Если подковообразный магнит держать его полюсами вверх, то происходит противоположное действие и полюс без метки (обычно называемый южным) становится более сильным; если оба полюса находятся в равном отношении к магнитному наклонению, тогда оба они имеют одинаковую силу. — М. Ф.]

ценным элементом, который представляет способ безграничного увеличения эффективности мгновенных токов. Поэтому я тотчас же построил вторую пару катушек, одинаковую с первой, и соединил обе с гальванометром. Я заставил два магнита входить в них одновременно и получил действие, происходившее от суммы обеих пар катушек. При пользовании еще более сильными магнитами и второй гальванометр стал бесполезным. Гальванометр, которым я заменил его, состоит из ромбоидальной стрелки около пяти парижских дюймов длиной, подвешенной как в обычном компасе. Провод, соединяющий концы катушек, проходит под стрелкой на расстоянии около трех с половиной линий и параллелен ей, когда она находится в покое; после получения этого удачного результата у меня возникла мысль построить батарею из нескольких магнитов, противопоставленных такому же количеству пар катушек.

Устройство новой электродвижущей батареи

6. Я имел в своем распоряжении только четыре магнита, так что пока я ограничен в своем устройстве четырьмя парами катушек в следующем виде. На небольшом столе помещены одна за другой четыре пары катушек с горизонтальными осями так, что окончания цилиндров имеют своей касательной одну и ту же горизонтальную линию и эта последняя параллельна одной из сторон стола. На другом столе, расположенном рядом с первым, но не соприкасающемся с ним, помещена небольшая тележка; последняя состоит из прямоугольной площадки, стоящей на четырех колесах, посредством которых она легко может двигаться назад и вперед. Четыре магнита помещены на этой тележке так, чтобы полюсы каждого могли двигаться горизонтально по направлению к парам катушек и входить в них.

Магниты были прочно укреплены на тележке так, чтобы их положение не менялось, а тележка могла бы двигаться

взад и вперед только в одном направлении. При движении тележки все концы магнитов входили сразу во все катушки, и это было сделано так, что они могли входить или выходить с крайней легкостью и с любой требуемой скоростью.

Для того чтобы батарея, расположенная таким образом, могла давать электрический ток, по силе равный сумме всех токов, возбужденных в парах катушек, необходимо, чтобы все катушки, навитые вправо, соединялись друг с другом, для того чтобы образовать единый металлический провод. То же самое надо сделать со всеми другими, которые навиты влево. Затем эти провода должны быть соединены обычным, общеизвестным образом с гальванометром, который мы можем поместить, скажем, на третий столик, так далеко от магнитов, чтобы их присутствие не могло оказывать на него влияния. Хотя эти электрические токи естественно получают только мгновенной продолжительности, все же с моей батареей их можно возбуждать последовательно с такой скоростью, чтобы производить действие, которое является как бы постоянным.¹ Из того немногого, что я сделал, и из того, что я сказал, следует, что, имея возможность этим методом суммировать одновременное действие неопределенного числа электрических токов, я могу с помощью батареи извлекать молнии.

Я надеюсь, что я сказал достаточно для того, чтобы сделать для моих читателей понятным устройство этой электромагнитной батареи. Впоследствии я опишу, с приложением рисунка, наиболее полезные и удобные распределения элементарных пар и способ получения максимального действия при употреблении возможно меньшего числа элементов или пар катушек.

[¹ См. примечание на стр. 283. — М. Ф.]

О МАГНИТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИСКРЕ И УДАРЕ И О СПЕЦИАЛЬНОМ УСЛОВИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ¹

Ричарду Филипс, эсквайру, члену Королевского общества и проч.

Дорогой сэр, если вы одобрите нижеизложенные факты и рассуждения, вы, может быть, окажете мне честь поместить их в *Philosophical Magazine*.

Впервые я получил магнито-электрическую искру² с помощью вторичного магнита, сделанного на время активным с помощью основного; и, насколько я осведомлен, таково же было устройство всегда и у всех. Основным у меня был электромагнит; у Нобили, я полагаю, был обыкновенный магнит; другие пользовались естественным магнитом, но во всех случаях вторичным магнитом был кусок мягкого железа.

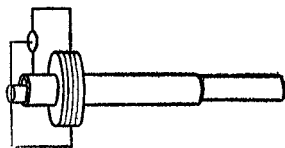
Искра никогда не является электричеством главного, ни даже вторичного магнита. Сила в первом возбуждает соответствующую силу во втором, а этот возбуждает движение электричества в проводе [обернутом] вокруг последнего; вот это электричество и производит искру. Мне представлялось, однако, не трудным делом обойтись без вторичного или временного магнита, и таким образом подойти на ступень ближе к основному; и это было легко выполнено следующим образом. Около 20 футов оплетенного шелком медного провода было намотано в короткую кольцевую катушку на одном конце картонной трубки; через последнюю мог свободно двигаться цилиндрический магнит одного дюйма в диаметре; один конец проволоки от катушки был прикреплен к небольшой амальгамированной медной пластинке, а другой конец

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1834, V, стр. 349.

² Philosophical Transactions, 1832, стр. 132 (см. также Philosophical Magazine a. Annals, нов. сер., XI, стр. 401 и др. — *Ред.*).

был изогнут так, что касался этой пластинки перпендикулярно к ее плоской поверхности и притом так, что при прохождении через цилиндр магнита последний должен был наталкиваться на этот провод и отводил конец от контакта с пластинкой. В результате всякий раз, когда это действие производилось быстро, на месте разрыва получалась магнито-электрическая искра.

Мой прибор был установлен горизонтально, и в конец цилиндра была слабо вставлена короткая деревянная пробка так, что размыкание у пластины происходило в тот момент, когда конец магнита проходил через кольцевую катушку, что представляло наиболее благоприятное условие для прибора.



Магнит проводился через цилиндр резким, быстрым движением, причем продвижение его прекращалось сразу же, как только получалась искра, благодаря препятствию, помещенному на должном расстоянии на внешней стороне подвижного провода. Судя по блеску и по наружному виду искры, я не сомневаюсь, что если бы воспользоваться обоими концами подковообразного магнита и сообщить толчком движение легкой рамке, несущей катушку, то получилась бы искра, равная, а может быть, и более сильная, чем те, которые до настоящего времени получались с магнитами определенной силы.

Таким образом, магнито-электрическая искра была перенесена на один шаг ближе к возбуждающему магниту. Но гораздо более важное дело все еще остается неосуществленным, а именно: надо электричество, которое находится в самом магните и дает ему свою силу, сделать очевидным в форме искры.

Следующим вопросом, на который я хочу обратить ваше внимание, является магнито-электрический удар. Это действие я испытал, когда его производил г. Уильям Дженкинс

способом, который для меня был нов; и так как он не имеет намерения разрабатывать результат далее и разрешил мне через посредство г. Ньюмана сообщить его вам, то я думаю, что чем раньше он будет опубликован, тем лучше. Прибор г. Дженкинса состоит из цилиндрической катушки, сделанной из медного провода обычным образом. В центр цилиндра можно по желанию вставлять железный прут около двух футов длины и полдюйма в диаметре. Катушка состоит из трехжильного провода (который, однако, может с успехом быть заменен одним толстым проводом); одинаковые концы катушки припаяны к двум более толстым конечным проводам, а к этим последним еще припаяны два коротких медных цилиндра, которые надо держать в руках и которые создают контакт на значительном протяжении. Источником тока служила всего одна пара пластин, имевшая, вероятно, по три квадратных фута поверхности с обеих сторон цинковой пластины. Если крепко держать руками обе медные ручки, предварительно смочив их рассолом, а затем поочередно замыкать и размыкать контакт между концами катушки и источником тока, то значительный электрический удар ощущается в последнем случае, т. е. при разрыве контакта, при условии, что железный прут вставлен в катушку, и — никакого как при замыкании, так и при размыкании контакта, если прут вынут из катушки.

Это действие кажется вначале очень странным, потому что нам представляется, что удар электричества происходит от одной пары пластин. Но в действительности это не так. Удар вызывается не тем электричеством, которое приводится в движение (через тело) пластинами, а током противоположного направления (вторичным), возбуждаемым мягким железом электромагнита в момент, когда из-за прекращения первичного тока электричество теряет свою силу.

Однако очень интересно таким образом наблюдать, как первичный ток электричества, обладающий очень низким напряжением, производит противоположный (вторичный) ток,

имеющий напряжение, вероятно, в сто раз больше, чем его собственное. Опыт устанавливает один из очень немногих способов, которыми мы располагаем для превращения количества в напряжение в области электричества токов.

Обычно принималось, что электрическая искра от одной пары пластин может быть получена только при размыкании контакта; но это, как я показал в восьмой серии моих «Экспериментальных исследований», является заблуждением и очень важным для теории гальванического электричества;¹ однако верно, что искра при размыкании контакта может быть очень усилена способами, не оказывающими подобного влияния на искру, которая производится в момент замыкания контакта.

Всякий, кто производил опыты по электромагнетизму, знает, что когда ток от одной пары пластин проходит через катушку, навитую на кусок мягкого железа (чтобы создать электромагнит), искра при размыкании контакта ярче, чем без мягкого железа; и так как это явление происходит в тот же момент, как и удар в опыте г. Дженкинса, можно было вначале предположить, что электричество, производящее искру и удар, — одно и то же, и что оба действия увеличиваются при возрастании силы этой их общей причины. Но на самом деле это не так, потому что электричество, дающее искру, проходит в одном направлении, и определяют его цинковая пластинка и кислота; в то же время электричество, производящее удар, циркулирует в противоположном направлении.

По внешнему виду искры, которая в таких опытах всегда обязана своим происхождением электричеству, проходящему в момент, когда разрывается контакт, может показаться, что в то время, пока контакт сохраняется, проходит больший электрический ток, если железо присутствует в катушке,

¹ См. исправление на стр. 5 предисловия к первому тому этих «Исследований» и статей; а что касается всей статьи, см. «Экспериментальные исследования» 1048 и др. — М. Ф. Дек. 1843 г.

чем когда оно удалено. Но дело не в этом; потому что когда количество измеряется очень чувствительным гальванометром, обнаруживается, что оно осталось неизменным после удаления железа или водворения его на место, и что оно зависит всецело от действия у цинковой пластинки. Но все же внешний вид искры является очевидным и решающим доказательством того, что напряжение электричества проходящего в момент разрыва, больше, когда в катушке есть железо, и меньше, когда его нет, и это усиливающее действие, очевидно, зависит не от какого-либо изменения состояния источника электричества, а от изменения условий у проводящей проволоки, вызываемого присутствием мягкого железа. Я не думаю, что это изменение *непосредственно* связано с намагничивающим влиянием тока на железо; оно скорее объясняется тем, что железо, ставши магнитом, становится способным реагировать на провод; и я не сомневаюсь, хотя я и не имел времени проделать этот опыт, что магнит из очень твердой стали, но равной силы с магнитом из мягкого железа, если вставить его катушку в том же направлении, будет оказывать на провод такое же влияние.¹

Я отмечу теперь другое обстоятельство, которое оказывает подобное же влияние, увеличивая интенсивность искры, происходящей при разрыве цепи. Если пара пластин из цинка и меди, погруженная в кислоту, соединена коротким проводом и приняты предосторожности для избежания всяких источников ошибок, тогда, как я уже показывал, искра при нарушении контакта получается не больше, чем при его замыкании. Но если сильно удлинить соединительный провод искра при нарушении контакта значительно усиливается. Так, соединительный медный провод диаметром в одну восемнадцатую дюйма при длине в двенадцать дюймов про-

¹ См. далее, стр. 296. Это предположение неправильно; причина этого становится весьма очевидной, если мы учтем, насколько магнитоиндуктивное действие влияет на твердую сталь слабее, чем на мягкое железо.
Ноябрь 1843 г.

изводил лишь небольшую искру с той же парой пластин, которая на минуту раньше или позже дала бы большую искру при проводе такого же диаметра, но длиной в сто четырнадцать футов. Провод в двенадцать дюймов длины и диаметром в одну девятую дюйма тоже давал гораздо меньшую искру, чем тот же провод в тридцать шесть футов длины.

В обоих случаях длинные провода давали большую искру; а ведь именно короткие провода проводили в данное время большее количество электричества, и это было особенно очевидно с проводом малого диаметра, потому что короткая проволока становилась совсем горячей от количества проходящего через нее электричества, тогда как более длинная оставалась холодной. И все же нет никакого сомнения в том, что напряжение искры в длинных проводах было больше, чем в коротких, потому что воздушный промежуток, через который они проходили, был больше; таким образом получается парадоксальный результат, что электрические токи, имеющие один и тот же общий источник и проводящие за одинаковое время одинаковое количество электричества, могут производить таким путем искры весьма различного напряжения. Это действие, производимое удлинением проводов, можно объяснить, если сделать предположение о некоторого рода количестве движения, которое электричество приобретает во время своего прохождения через удлиненный проводник, и именно эта мысль о количестве движения руководила синьорами Нобили и Антинори, когда они предлагали способ получения магнито-электрической искры посредством обыкновенного магнита. Все равно, как мы будем рассматривать электрический ток: представляет ли он собой движение электрической жидкости или просто распространение колебаний, все же основную идею о количестве движения вполне возможно сохранить. Но очевидно, что действие, производимое мягким железом, когда оно увеличивает напряжение искры, нельзя объяснить таким

образом, т. е. количеством движения; представляется мало вероятным, чтобы действия, которые в этих случаях тождественны, имели две разные причины, а потому я уверен, что оба они имеют одинаковое происхождение, хотя средства для их получения на вид так различны.

Когда электрический ток проходит по проволоке, эта проволока становится магнитной, и хотя направление магнетизма имеет особый характер и очень отличается от того что мы имеем в мягком железе, которое мы вводили в катушку в наших первых опытах, все же направление магнитных кривых как у намагниченной проволоки, так и у магнита из мягкого железа одинаково по отношению к тому направлению, которому следует ток (т. е. в проводящей проволоке). Если поэтому мы отнесем усиление искры к особому действию индукции, которое магнетизм оказывает на проходящий электрический ток, все приходит в согласие. Изобразим, например, для дальнейшего сравнения магнетизм в виде магнитных кривых; тогда, прежде всего, чем длиннее провод, тем больше число магнитных кривых, которые могут оказывать свое индуктивное влияние, и действие в проволоке в сто футов длины будет, приблизительно, в сто раз больше, чем в проволоке того же диаметра, но длиной только в один фут. Причина, почему сердечник из мягкого железа производит такое же действие, как удлинение провода, будет заключаться в том, что он также будет приводить магнитные кривые в индуктивное действие и в том же точно направлении, как и кривые вокруг проволоки; все прочие обстоятельства, насколько я могу понять, тоже будут согласны с указанной здесь причиной.

То, что магнитные кривые провода, несущего ток, будут оказывать действительное влияние на характер тока, который их производит, не должно давать повод к затруднениям, потому что эта отрасль знания представляет нам много подобных примеров. Опыт Ампера по вращению магнита вокруг его собственной оси и показанный мною опыт

отвода электричества от полюсов и экватора вращающегося магнита — оба являются примерами такого рода.

В заключение я хочу сказать следующее: мне кажется, что я усматриваю здесь некоторые из тех указаний на *электротоническое* или особое состояние, о вероятности которого я высказывал предположения во второй серии моих «Экспериментальных исследований» (242);¹ правда, я говорю здесь о магнетизме и о магнитных кривых для сравнения, однако, если принять амперову теорию магнетизма, все действие можно рассматривать как действие индукции, производимой электрическими токами. Отсюда большое поле для опытов. Я не сомневаюсь, например, в том, что если длинную проволоку устроить так, чтобы она разряжала всего одну пару пластин, и замечать происходящую при разрыве контакта искру, а затем расположить другую проволоку, проводящую ток в том же направлении, но от другого источника, параллельно и вблизи первой, но без соприкосновения с ней, то искра, получаемая при разрыве контакта в первой проволоке, получалась бы сильнее, чем раньше. Этот опыт легко можно сделать с двойной катушкой, но я нахожусь сейчас так далеко от города, что не имею возможности сделать этот опыт или более подробно рассмотреть эти данные.²

Остаюсь, дорогой сэр,
искренне вам преданным
М. Фарадей.

Брайтон. 17 октября 1834 г.

¹ Philosophical Transactions, 1821, стр. 189.

² См. ниже, стр. 296, 297.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО
МАГНИТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИСКРЫ И УДАРА¹

Ричарду Филлипсу, эсквайру, члену Королевского общества
и проч.

Дорогой сэр, как большая часть того, что делается поспешно, мое письмо к вам от прошлого месяца содержит несколько ошибок; некоторые произошли от недостатка внимания, другие — от недостатка знания. Не окажете ли вы мне любезность напечатать настоящее письмо во исправление их?

Первая ошибка состоит в предположении, что электричество удара и электричество искры (получаемые в момент разъединения) обязаны своим происхождением различным токам (стр. 290 этого тома). Они, как я обнаружил с помощью тщательных опытов, происходят от одного и того же тока, а именно от тока, производимого действием индукции в момент, когда прекращается ток от источника.

Если на стр. 290, строка 7 сн., после «приводится в движение» вставить «через тело», а в строке 6 сн. вместо «противоположного направления» читать «вторичным» и если вышесказанным утверждением можно заменить то, что напечатано на стр. 290, эта ошибка будет исправлена.

Экспериментальные результаты, которые я предсказывал (стр. 292, 16—20 строки и стр. 295, строки 12 и сл.), наблюдаются только при особых обстоятельствах, и я теперь знаю, почему в силу естественных причин они и не должны наблюдаться. Все явления на деле принадлежат индуктивному действию электрических токов, описанному в первом разделе первой серии моих «Экспериментальных исследований». Я подверг их дальнейшему изучению и нашел, что они ведут к некоторым чрезвычайным замечательным и новым выводам.

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, декабрь 1834, V, стр. 444.

Есть еще некоторые пункты, которые мне следует проверить, а затем я почту своей обязанностью изложить их (в продолжении моей первой статьи) перед Королевским обществом.¹

Остаюсь, дорогой сэр,
искренно Ваш
Михаил Фарадей.

Королевский институт.
20 ноября 1834 г.

ОТВЕТ НА «ЗАМЕЧАНИЯ О НЕКОТОРЫХ УТВЕРЖДЕНИЯХ
Г. ФАРАДЕЯ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЕГО „ИССЛЕДОВАНИЯХ
ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ“» Д-РА ДЖОНА ДЭВИ²

Ричарду Филлипсу, эсквайру.

Дорогой Филлипс, вы, как и многие другие, хорошо знаете, как я не люблю вступать в споры, но вы знаете также, что в некоторых редких случаях я к этому бывал вынужден; случай такого рода заставляет меня в настоящее время просить вас об одной любезности. 22 января этого года Королевскому обществу были доложены две статьи: первая — д-ра Дэви, озаглавленная «Замечания о некоторых утверждениях г. Фарадея, содержащихся в четвертой и пятой сериях его „Экспериментальных исследований по электричеству“»; вторая — моя собственная «Заметка к предыдущим „Замечаниям“». Королевское общество не сочло их подходящими для опубликования в *Philosophical Transactions*, но заметка о докладах появилась в *Proceedings* Общества (№ 19) и в вашем *Philosophical Magazine* за апрель 1835 (стр. 301).

¹ Эта статья напечатана в первом томе в виде девятой серии «Экспериментальных исследований».

² *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, май 1835, VII, стр. 337. См. *Jameson's Edinburgh New Philosophical Journal*, октябрь 1835, стр. 317—325.

Теперь я узнаю, что д-р Дэви опубликовал свою статью в последнем номере *Edinburgh New Philosophical Journal* (стр. 317); я надеялся, что если эта статья появилась в печати, моя могла бы последовать за ней тотчас же; встретив д-ра Дэви в Королевском институте в минувшем мае, я просил его сделать мне любезность и разрешить мне это. Полагаю, что по уважительной причине (которой я, однако, не понимаю) он отклонил это. Я таким образом поставлен в затруднительное положение, потому что, как бы ни стремился проф. Джемсон, ученый редактор эдинбургского журнала, поступить беспристрастно и дать мне такую же возможность для публикации, какую он дал д-ру Дэви, он не может это сделать ранее, чем через три месяца. При таких обстоятельствах и со старой поговоркой перед глазами, что «промедление смерти подобно», могу ли я просить вас поместить это письмо и мою статью в следующем номере *Philosophical Magazine*? И, может быть, я все же смогу быть обязанным любезности проф. Джемсона за ее помещение в следующем номере того журнала, в котором появились «Замечания» д-ра Дэви?

Остаюсь, дорогой сэр, искренно ваш

М. Фарадей.

Королевский институт.

10 октября 1835 г.

После того, как секретарь Королевского общества сообщил мне о предыдущей статье, я попросил позволить мне посмотреть ее, чтобы как можно скорее исправить все свои ошибки в тех статьях, которые она называла и о которых я мог бы узнать из нее; но, прочитав ее, я склонен надеяться на то, что настоящая заметка может появиться вслед за «Замечаниями» д-ра Дэви.

Я не знаю, имею ли я право предполагать, что д-р Дэви вообще не понимает меня в моих статьях, но все же нечто в таком роде должно было случиться; например новый

закон проводимости, упомянутый в моей «четвертой серии»,¹ ему еще и теперь не очевиден, а поэтому, как мне кажется, я не заблуждаюсь, когда предполагаю, что сэр Гемфри Дэви не был знаком с ним. Закон состоит в том, что все вещества, которые разлагаются батареей, являются в жидком состоянии проводниками, а в твердом состоянии — непроводниками электричества гальванической батареи (393, 394, 404, 407, 413, 505, 676, 679, 697² и др). Более тщательное изучение этого закона, изложенное в других частях моих напечатанных «Исследований», показывает, что только электролиты относятся так к теплоте и электричеству, а немногочисленные исключения, которые встречаются, являются, по видимому, кажущимися (690 и сл.³). Что название *закон* поэтому заслуженно и что этот закон не был известен сэру Гемфри Дэви, является, полагаю, оправданным заключением, несмотря на «Замечания» д-ра Дэви. Что же касается результатов Пристли с электрической машиной, то они не имеют никакого отношения к этому вопросу.

Я сказал, что сэр Гемфри Дэви говорил в общих выражениях: «Характер процесса, посредством которого происходят эти явления, указан в весьма общих чертах; они действительно настолько общи, что, вероятно, можно было бы наметить дюжину подобных схем электрохимического действия, которые могли бы вытекать из него, — схем, существенно отличающихся друг от друга и тем не менее согласующихся с данным в лекции изложением (482)». Д-р Дэви полагает, что в этой и в других частях того, что я написал (483, 484³) и что цитирует д-р Дэви, я не отдал должной справедли-

[1 Резюме четвертой серии г. Фарадея можно найти в London and Edinburgh Philosophical Magazine, III, стр. 449, 450. — *Ред.*]

[2 Параграфы, упомянутые здесь, принадлежат к четвертой и к седьмой сериям г. Фарадея и их можно найти перепечатанными в London and Edinburgh Philosophical Magazine, V, стр. 166—169. — *Ред.*]

[3 Эти параграфы принадлежат к пятой серии, упомянутой в London and Edinburgh Philosophical Magazine, III, стр. 460. — *Ред.*]

ности сэру Гемфри Дэви и не изложил правильно его «гипотезы».

Д-р Дэви заменяет мое слово «общих» словом «неопределенные». Я употреблял *«общий»* в противовес *«частному»* и опасаясь, что «неопределенный» не может успешно представлять то же соотношение. Я уверен, что если бы сэр Гемфри Дэви был жив, то он одобрил бы то слово, которое я употребил; ибо как обстоит дело?

Около тридцати лет тому назад он выдвинул *общий* взгляд на электрохимическое действие, который как *общий* взгляд выдержал испытание вплоть до настоящего времени; и я имел высокое удовольствие видеть, что Королевское общество одобрило и напечатало в своих «Трудах» прошлого года мою большую статью, поддерживающую и подтверждающую этот взгляд (1834, ч. II, стр. 448;¹ «Экспериментальные исследования», серия VIII). Но то, что это был не специальный доклад, видно не только по манере выражения сэра Гемфри Дэви, но и по смыслу его выражений, ибо, как говорит д-р Дэви, «он не приписывал им незаслуженного значения, считая, что наша научная система еще очень несовершенна, и веря, что она будет в большей или меньшей степени изменяться с развитием наших знаний»,² а разве я не помог вместе со многими другими продвинуть то, что он начал, и поддержать то, что он основал?

Что не я один, как д-р Дэви, повидимому, думает, не могу уяснить себе точный (или, я бы лучше сказал, особый) смысл некоторых мест в статьях сэра Гемфри Дэви, это можно доказать ссылкой на превосходные «Элементы химии» д-ра Тернера, где на стр. 167 пятого издания автор говорит: «Взгляды Дэви как в его оригинальном опыте, так и в последующих пояснениях (Philosophical Transactions,

[¹ См. London and Edinburgh Philosophical Magazine, VI, стр. 181. — *Ред.*].

² Philosophical Transactions, 1826, стр. 330; Edinburgh New Philosophical Journal, октябрь 1835, стр. 323.

1826) были выражены так *обще и неясно*, что химики так и не пришли к полному соглашению относительно настоящего смысла некоторых пунктов его учения. *Если* он считал, что частица свободного кислорода или свободного хлора находится в отрицательном возбужденном состоянии, то его мнение противоречит тому факту, что ни один из этих газов не действует на электромметр», и т. д. и т. д. Придерживаясь того же мнения, я оказал, думается мне, сэру Гемфри Дэви гораздо больше справедливости, рассматривая его выражения как *общие*, а не как частные, за исключением тех случаев, в которых он явно намерен был высказываться точно, как в тех примерах, которые я приводил раньше (483, 484).¹

Д-р Дэви говорит далее: «Что может быть более ясным, чем то, что мой брат не считал воду существенной для образования гальванической пары?», и т. д. Если это так ясно, то как же это г. Бренд в последнем издании своего «Руководства» (I, стр. 97) говорит: «Сэр Гемфри Дэви далее замечает, что только те жидкости, которые содержат воду, способны стать средством соединения между металлами в гальваническом приборе», а г. Бренд делает по этому поводу замечание: «Это, однако, как мне кажется, допускает сомнения»? Как это д-р Юр, давая красноречивый

¹ Я позволю себе привести в примечании выдержку из одной статьи г. Придо от марта 1833 г.; я не знал о ней, когда писал ответ д-ру Дэви. Г-н Придо говорит: «Теория сэра Гемфри Дэви предполагает, что „химической и электрическое притяжения производятся одной и той же причиной, действуя в одном случае на частицы, а в другом — на массы; и те же свойства, но в различных модификациях являются причиной всех явлений, обнаруживаемых гальванической парой“. Взгляд, настолько широкий и охватывающий все разновидности как химического, так и электрического действия, очевидно, включает в себя и два остальных, *а также и всякий вообще, который был или может быть высказан* по этому вопросу. Но насколько он выигрывает в широте, настолько теряет в определенности». London and Edinburgh Philosophical Magazine, II, стр. 215.

отчет об открытиях сэра Гемфри Дэви,¹ употребляет те же самые слова, как и приведенные мною из книги г. Бренда, добавляя: «Возможно, что способность воды получать двойную полярность и выделять кислород необходима для непрерывного действия включенной батареи?». Я должен был бы скорее спросить, как мог сэр Гемфри Дэви говорить такие слова, а подразумевать значение, которое желает вкладывать в них д-р Дэви? В самом деле, несомненно, что если бы я доказал, что вода является единственным *веществом, которое может выполнять эти обязанности*, д-р Дэви приписал бы это открытие своему брату.

Так как я не могу приписать д-ру Дэви *намерение оказать* мне несправедливость, то единственный вывод, к которому я могу прийти, это то, что язык сэра Гемфри Дэви неясен даже для его собственного брата, который, однако, считает этот язык совершенно ясным; на самом же деле он настолько неясен, что д-р Дэви дает ему толкование, смысл которого является как раз противоположным тому, какой ему приписывают г. Бренд и д-р Юр. Таким образом д-р Дэви печатно подтверждает справедливость замечания д-ра Тернера² тем самым, что отрицает его.

Особенно замечательно то, что д-р Дэви возводит на меня обвинение в том, что я и я *один* говорил то, что он отрицает на словах, но доказывает на деле, в то время как я этого не говорил, а другие говорили.

Если смысл выражений сэра Гемфри Дэви настолько неясен его брату, я не имею права надеяться, что мои выражения будут поняты правильно; а поэтому я и подозреваю, как сказал выше, что д-р Дэви вообще не понимает меня в моих статьях.

Мое утверждение, «вероятно, можно было бы наметить дюжину подобных схем *электрохимического действия*»,

¹ Chemical Dictionary, статья «Электричество».

² И г. Придо также.

существенно отличающихся друг от друга и тем не менее согласующихся с данным в лекции изложением сэра Гемфри Дэви, не является преувеличением. В той самой статье, которая служит предметом «Замечаний» д-ра Дэви, я привел шесть: 1) гипотезу Гроттгуса (481); 2) самого сэра Гемфри Дэви (482); 3) Риффо и Шомпре (485); 4) Био (486); 5) де ля Рива (489), и 6) мою собственную (518 и сл.). Они относятся только к способу разложения; но, как я сказал в вышеприведенном отрывке об «электрохимическом действии», по вопросу о химических действиях и их причине вообще я могу теперь привести другие отдельные взгляды. Вольта, Пфафф, Марианини и др. считают, что электричество гальванического элемента происходит от одного только контакта. Дэви считал, что оно возбуждается контактом, но продолжается благодаря химическому действию. Волластон, де ля Рив, Паррот, Пулье и др. считают, что оно чисто химического происхождения. Дэви, как мне кажется, полагал, что частицы вещества обладают присущим им электрическим состоянием, которым объясняются их химические свойства; но я не уверен, что таково его мнение на этот счет. Берцелиус, согласно Тернеру, рассматривает их как индифферентные по своей природе, но обладающие естественной склонностью принимать одно состояние предпочтительно перед другим;¹ и этой же теории, повидимому, придерживается также г. Фехнер.² С другой стороны Пикте, Савари, я и многие другие объясняли электрохимические явления колебаниями. Но все эти взгляды отличаются друг от друга, а их, кажется, перечислено около дюжины; и вполне возможно, что существует еще с дюжину напечатанных теорий, только я не знаю, где их искать; но я не сомневаюсь, что если бы любая из них оказалась доказанной благодаря какому-нибудь неожиданному открытию, д-р Дэви, а может

¹ «Элементы» Тернера. V изд., стр. 167.

² Quarterly Journal of Science, XXVI, стр. 428.

быть, и я включили бы ее в общую схему сэра Гемфри Дэви. Какие же основания поэтому имеются у д-ра Дэви для замечания по этому поводу?

Что касается другой части «Замечаний» д-ра Дэви, то я со своей стороны могу заметить, что мои научные отношения с сэром Гемфри Дэви, после того как я стал в 1824 г. членом Королевского общества, отнюдь не остались прежними, и об этом, я полагаю, д-р Дэви хорошо осведомлен. Но если бы это было и иначе, то я не вижу, где бы я мог найти более подходящую информацию, как не в его печатных статьях. Каждый раз как я отваживался следовать по пути, предложенному сэром Гемфри Дэви, я всегда делал это с полным уважением и с высоким преклонением перед его талантом, и ничто не давало мне большего удовольствия при опубликовании моих последних статей (восьмой серии), как мысль, что я, помогая разъяснению все еще неясной отрасли знания, мог поддерживать взгляды, выдвинутые двадцать восемь лет тому назад, — и притом впервые — нашим великим ученым.

Я питаю крайнее отвращение к препирательствам, а потому не буду продолжать эти замечания и очень сожалею, что был вынужден сделать их. Я не считаю, что был несправедлив к сэру Гемфри Дэви, которому я очень хотел бы отдать заслуженную честь, но с другой стороны я беспокоюсь о том, что д-р Дэви окажет своему брату вред, приписывая его словам смысл, иногда слишком частный, а иногда слишком расширительный, на что, как я уверен, он сам никогда бы не претендовал; мне кажется, наоборот, что он осудил бы такое стремление и сказал бы: «Наши научные системы очень несовершенны» и выразил бы уверенность, *«что они должны более или менее изменяться по мере развития науки»*. По этим вопросам, однако, ни д-р Дэви, ни я не можем теперь взять на себя роль судей, поскольку в этом отношении он сделал нас своими сообщниками. Д-р Дэви не указал мне на что-либо, что я должен изме-

нить, и я намерен оставить это дело в том виде, как оно представлено ученому миру в печатных статьях, с одной только просьбой (и я заранее уверен, что она будет уважена), а именно: чтобы те части статей сэра Гемфри Дэви и моих, которые относятся к этому вопросу, были рассмотрены и по их букве и по их духу, прежде чем делать какие-либо заключения.

*Королевский институт.
9 января 1835 г.*

ОБ ОБЩИХ МАГНИТНЫХ СООТНОШЕНИЯХ И СВОЙСТВАХ МЕТАЛЛОВ ¹

Общие соображения уже давно привели меня к убеждению, которое, вероятно, поддерживается и другими, хоть я не помню, чтобы я встречал его, что *все* металлы магнитны в той же степени, как и железо, но не при обычных температурах и условиях.² Я говорю здесь не о слабом магнетизме³ недостоверного существования и происхождения, а об определенной и явной силе, какой обладают железо и никель; у меня было впечатление, что для каждого тела есть определенная температура (хорошо известная в случае железа), ниже которой оно становится магнитным, а выше которой оно теряет силу, и что, далее, есть соотношение между этой *точкой* температуры и *интенсивностью* магнитной силы, которую тело может приобрести, если температура опустится ниже этой точки. При таком взгляде железо и никель не являются исключениями из металлов в той же мере, как ртуть не следует рассматривать как

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1836, VIII, стр. 177.

² Следует заметить, что мои соображения, изложенные в п. 255 моих «Экспериментальных исследований», имеют отношение к трем классам тел, поскольку они проявляются при обычных температурах.

³ Encyclopaedia Metropolitana, «Mixed Sciences», I, стр. 761.

исключение из этого класса тел потому только, что она жидкость.

Я воспользовался очень холодной погодой в прошлом декабре, для того чтобы произвести некоторые опыты по этому вопросу. Куски различных металлов в их чистом состоянии привешивались на конец платиновой проволоки и затем охлаждались до очень низкой температуры испарением сернистой кислоты. Их затем подносили вплотную к одному концу одной из стрелок очень чувствительного астатического прибора и судили об их магнитном состоянии по отсутствию или наличию притягательной силы. Весь прибор находился в атмосфере с температурой около 75° ; куски металла во время испытания были охлаждены гораздо ниже точки замерзания ртути и по приблизительной оценке обычно до $60-70^{\circ}$ Ф ниже нуля.

Испытаны были металлы:

мышьяк,	хром,	палладий,
сурьма,	медь,	платина,
висмут,	золото,	серебро,
кадмий,	свинец,	олово,
кобальт,	ртуть,	цинк,

а также графит; но ни в одном из этих случаев я не мог получить ни малейших признаков магнетизма.

Про кобальт и про хром говорят, что они оба — магнитные металлы. Я не мог подтвердить это ни для одного из них в их чистом состоянии, какова ни была температура. Когда это свойство замечалось в образцах, которые считались чистыми, я всегда прослеживал там наличие железа или никеля.

Однако шаг, который мы можем сделать по температурной шкале вниз, так мал по сравнению с изменениями, которые мы можем производить в противоположном направлении, что отрицательным результатам такого рода, установленным здесь, едва ли можно придавать какой-нибудь

вес при решении исследуемого нами вопроса, хотя, к несчастью, они исключают из фактического сравнения все металлы, кроме двух. Все же, поскольку это был единственный оставшийся открытым экспериментальный путь, я занялся грубым сравнением железа с никелем в отношении точек температуры, при которых они перестают быть магнитными. В этом отношении железо хорошо исследовано.¹ Оно теряет все магнитные свойства при оранжевом калении и является тогда по отношению к магниту совершенно таким же, как кусок меди, серебра или всякого другого немагнитного металла. Оно не дерехватывает магнитного влияния между магнитом и куском холодного железа и стрелкой. Если его двигать поперек магнитных кривых, в нем возникнет точно такой же магнитно-электрический ток, как и в других случаях. Точка, при которой железо теряет или приобретает свою магнитную силу, повидимому, очень определена, потому что сила возникает внезапно и полностью в малых массах при малом изменении температуры и столь же неожиданно исчезает при малом повышении около этой точки.

У никеля я обнаружил, как и ожидал, что точка, при которой он потерял свои магнитные свойства, оказалась гораздо ниже, чем у железа, но столь же определена и резка. Если его нагреть, а затем охладить, он оставался немагнитным долго после того, как он остыл ниже тепла, видимого в темноте: и действительно, миндальное масло может выдерживать и сообщать ту температуру, которая делает никель безразличным к магниту. По темным опытам с термометром оказалось, что демагнетизирующая температура для никеля лежит около 630 или 640°. Малое изменение около этой точки может либо дать, либо отнять у этого металла всю магнитную силу целиком.

¹ См.: Барлоу. О магнитном состоянии горячего железа. *Philosophical Transactions*, 1822, стр. 117 и сл.

Таким образом опыты, поскольку из них можно делать заключения, оправдывают то предположение, которое было выдвинуто в начале этой статьи, а именно: что все металлы обладают сходными магнитными свойствами, но что для каждого имеется определенная температура, ниже которой он магнитен подобно железу и никелю, а выше которой он не в состоянии проявлять это свойство. Эта магнитная способность, так же как летучесть или плавкость, должна зависеть от некоторых особых отношений или условий между частицами в теле, а поразительная разница между необходимыми температурами для железа и никеля, как мне представляется, делает гораздо более научным допущение, что магнитная способность есть общее свойство всех металлов, а определенная температура является существенным условием для развития этого состояния, — гораздо более научным, чем предположение, что железо и никель обладают физическим свойством, в котором отказано всем другим веществам этого класса.

В отношении железа поддерживалось мнение, что тепло, которое отнимает у него его магнитные свойства, действует как-то внутри его и между его электрическими токами (от которых, как предполагается, зависит магнетизм), как пламя и тепло одинаковой напряженности действуют на проводники, заряженные обычным электричеством. Различие в температуре, необходимой для железа и никеля, говорит против этого мнения, и еще более ему противоречит тот взгляд, которого я придерживаюсь относительно всего явления.

Тесная связь между электрическими и магнитными явлениями заставляет меня думать, что внезапное изменение состояния железа и никеля при определенных температурах по отношению к магнетизму может затрагивать в какой-то степени их проводящую способность для электричества в его обычной форме; но я не мог при тех испытаниях, которые я проделал, открыть существование такого явле-

ния для железа. Но, с другой стороны, хоть эти опыты были достаточно точны, чтобы обнаружить большие изменения в проводимости, они были недостаточно чувствительны, чтобы отмечать малые изменения; а если последние все же имеют место, то они могут иметь важное значение для иллюстрации особенностей магнитного действия в этих обстоятельствах и могут даже разъяснить его общую природу.

Прежде чем закончить эту короткую статью, я хочу описать несколько результатов магнитного действия, которые хоть и не имеют прямого отношения к вышесказанным доводам, но вообще связаны с предметом.¹ Я хотел узнать, какое отношение та температура, которая может отнять у магнита его силу над мягким железом, имеет к той, которая может отнять от мягкого железа или стали их силу по отношению к магниту; для этого я стал постепенно повышать температуру магнита и нашел, что когда она повышается едва до точки кипения миндального масла, магнит почти внезапно теряет свою полярность и затем взаимодействует с магнитом, как холодное мягкое железо; потребовалось поднять температуру до полного оранжевого каления, чтобы он потерял свою силу, как мягкое железо. Таким образом, способность стали сохранять то состояние своих частиц, которое делает ее постоянным магнитом, пропадает от нагревания до более низкой температуры, чем та, которая необходима для того, чтобы его частицы потеряли способность приобретать такое же состояние под индуцирующим действием соседнего магнита. Таким образом, при одной температуре его частицы сами по себе могут удерживать постоянное состояние; в то же время при более высокой температуре это состояние хоть и может индуцироваться извне, но сохраняется только до тех пор,

¹ См. по этому вопросу: Кристи. О влиянии температуры, и т. д. *Philosophical Transactions*, 1825, стр. 62 и сл.

пока действует индуктивное влияние; а при еще более высокой температуре у него пропадает всякая способность принимать это состояние.

Температура, при которой разрушается полярность, как оказывается, меняется с твердостью и с другими свойствами стали.

Затем подвергнуты были исследованию куски магнитного железняка очень большой силы. Они сохраняли свою полярность при более высоких температурах, чем стальной магнит: теплота кипящего масла была неспособна уничтожить ее. Они потеряли свою полярность при температуре чуть ниже видимого свечения в темноте, но, начиная отсюда и вплоть до температуры темнокрасного каления, они стали вести себя, как мягкое железо, а затем внезапно потеряли и эту силу. Таким образом, магнитный железняк сохранял свою силу дольше, чем стальной магнит, но потерял способность становиться магнитом под влиянием индукции гораздо раньше. Когда ему посредством соприкосновения с магнитом сообщалась магнитная полярность, он сохранял ее до той же температуры, до которой он удерживал свой начальный природный магнетизм.

Очень остроумный способ намагничивания, в котором пользуются электромагнитом и высокой температурой, был недавно предложен г. Эме.¹ Я не знаком с фактическими результатами, получаемыми по этому способу, но надо думать, что для этого требуется температура, которая определяет существование полярности и выше которой в бруске все освобождается. Таким образом, повидимому, окажется, что белое каление не более выгодно при этом способе, чем температура чуть выше или около температуры кипения масла; в то же время последняя будет гораздо удобнее на практике. Единственным теоретическим основанием для того, чтобы начинать с высокой температуры, будет воз-

¹ Annales de Chimie et de Physique, LVII, стр. 442.

возможность включить закалку и наведение полярности в одну и ту же процедуру; но мне представляется сомнительным, чтобы они были так связаны, чтобы получить этим какое-либо практическое преимущество, как бы ни было выгодно начинать процедуру выше температуры деполяризации.

Королевский институт.

27 января 1836 г.

ЗАМЕТКА О МАГНИТНОМ ДЕЙСТВИИ МАРГАНЦА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ, УСТАНОВЛЕННОМ г. БЕРТЬЕ¹

Редакции Philosophical Magazine and Journal

Джентельмены, следующий факт, установленный г. Бертье, очень меня интересует в связи с теми взглядами, которых я придерживаюсь относительно общих магнитных соотношений и свойств металлов. Так как вы оказали мне любезность, опубликовав эти взгляды в вашем журнале,² может быть, вы сочтете и настоящую заметку также достойной помещения в следующем номере.

У Бертье, в его *Traité des Essais par la Voie Sèche* (I, стр. 532), имеется следующий отрывок в обзоре, посвященном физическим свойствам металлов: «Магнетизм. Имеется только три металла, которые обычно наделены магнитной силой: это — железо, кобальт и никель; но марганец тоже обладает ею, начиная от определенного градуса температуры значительно ниже нуля». Ссылки на какой-либо доклад об этом экспериментальном результате не имеется, и поэтому г. Бертье, по всей вероятности, сам наблюдал этот факт, а в таком случае он не вызывает сомнений. Но результат настолько важен, что каждый, у кого имеется в распоряжении чистый марганец, может проверить

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1836, стр. 65.

² [См. там же, VIII, стр. 177. — *Ред.*] или в настоящем томе, стр. 305.

этот результат и дать указания о градусе температуры, при которой происходит это изменение, и тем окажет услугу науке. Самым существенным будет обеспечение полного отсутствия железа или никеля в марганце. Что касается кобальта, я уже установил, что когда он был чист, то я не мог обнаружить у него магнитных свойств ни при обычных, ни при низких температурах.

Остаюсь ваш М. Фарадей.

Королевский институт.

7 июня 1836 г.

ОБ ОБЩИХ МАГНИТНЫХ СООТНОШЕНИЯХ И СВОЙСТВАХ МЕТАЛЛОВ (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)¹

Мысль о том, что все металлы могут стать магнитными, если их чрезвычайно сильно охладить, подобно тому, как они все становятся немагнитными выше определенной температуры, была выдвинута в марте 1836 г.,² и было проделано несколько опытов, в которых некоторые металлы были охлаждены даже до -60° или -70° , но не приобрели магнитной силы. Позже я отмечал,³ что, по словам Бертье кроме железа, кобальта и никеля, *марганец тоже обладает магнитной силой ниже определенного градуса температуры, значительно ниже нуля.* В минувшем мае я имел возможность работать с прекрасным прибором г. Тилорье, дающим углекислый газ как в жидком, так и в твердом состоянии и поспешил установить, что может дать такая чрезвычайно низкая температура, которую можно получить с его помощью, по отношению к магнитной силе металлов и других веществ, особенно же марганца и кобальта; и так как я не видел еще статей о подобных опытах, я посылаю свои результаты в *Philosophical Magazine* (если редакции

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1839, XIV, стр. 161.

² Там же, VIII, стр. 177 или в этом томе, стр. 305.

³ Там же, IX, стр. 65 или в этом томе, стр. 311.

будет угодно поместить их) в качестве дополнения к двум предшествующим заметкам.

Вещества охлаждались погружением в смесь эфира и твердой углекислоты; их можно было двигать посредством либо платиновых проволок, привязанных к ним, либо небольших деревянных и тоже охлажденных щипцов. Температура по Тилорье должна была быть около 112° ниже 0° Ф. Для испытания магнитной силы служила двойная астатическая стрелка, у которой обе составляющие ее стрелки были малы и сильны, так что вся система была очень чувствительна ко всякому веществу, способному приобретать индуцированный магнетизм при поднесении к одному из четырех полюсов. Были приняты особые предосторожности, чтобы избежать влияния нисходящих потоков воздуха, образуемых охлажденным телом; для этого в наиболее важных случаях между стрелкой и металлом помещались очень тонкие пластинки слюды.

Следующие металлы не дали никаких указаний на какую-либо магнитную силу при охлаждении таким образом до -112° Ф:

сурьма,	кадмий,
мышьяк,	хром,
висмут,	кобальт,
медь,	платина,
золото,	родий,
свинец,	серебро,
ртуть,	олово,
палладий,	цинк.

Кусок металлического марганца, данный мне г. Эвереттом, был слегка магнитным и полярным при *обычной* температуре. Он не стал более магнитным, когда был охлажден до самой низшей температуры. Поэтому я считаю, что утверждение, будто он приобретает такую силу в этих условиях, неточно. При очень тщательной проверке в куске металла

были найдены следы железа, и этому последнему, я полагаю, надо приписать ту магнитную способность, которой он обладал.

Я приложил большое старание, чтобы установить, что чистый *кобальт* не становится магнитным при самой низкой из получавшихся температур.

Природный сплав иридия и осмия, а также кристаллы титана оказались слегка магнитными при обычной температуре — я думаю потому, что в них присутствовало железо.¹ После охлаждения до самой низшей температуры они не дали никакой добавочной магнитной силы, и поэтому можно заключить, что *иридий*, *осмий* и *титан* могут быть добавлены как немагнитные металлы к данному ниже списку.

Затем таким же образом были проведены опыты с углеродом и со следующими соединениями металлов, но все результаты получились отрицательными: ни одно из тел не дало ни малейших признаков появления магнитных свойств при охлаждении:

1. Углерод.
2. Гематит.
3. Протоксид свинца.
4. ————— сурьмы.
5. ————— висмута.
6. Белый мышьяк.
7. Природная окись олова.
8. ————— марганца.
9. Хлористое серебро.
10. Хлористый свинец.
11. Иодистая ртуть.
12. Галенит.

[¹ См. статью д-ра Волластона по этому вопросу. *Philosophical Transactions*, 1823, ч. II; или *Philosophical Magazine*, первая серия, LXIII стр. 15. — *Ред.*].

13. Реальгар.
14. Аурипигмент.
15. Плотная природная киноварь.
16. Сернистое серебро.
17. Сернистая медь.
18. Сернистое олово.
19. Сернистый висмут.
20. Сернистая сурьма.
21. Протосульфид железа (кристаллический).
22. _____ безводный.

Исследованный мною углерод был того плотного твердого вида, который получается в газовых ретортах; вещества 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 и некоторые из сернистых соединений вначале расплавлялись и затем приводились в твердое состояние; все вещества брались в том наиболее плотном и твердом состоянии, которое только они могут принимать.

Пожалуй, излишне добавлять, разве только ввиду имеющих указаний на явления, которые, по мнению некоторых лиц, происходят в северных широтах, что железо и никель не испытали ни малейшего понижения своей особой способности при охлаждении до самой низкой температуры.

Королевский институт.

7 февраля 1839 г.

О ПРЕДПОЛАГАЕМОМ НОВОМ СЕРНИСТОМ СОЕДИНЕНИИ И ОКИСЛЕ СУРЬМЫ¹

Редакции Philosophical Magazine and Journal

Джентельмены, в моих «Экспериментальных исследованиях» (693, 694, 695, 696) я описал, как я думал, новое сернистое соединение сурьмы и выразил надежду на то,

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1836, VIII, стр. 476.

что существует также новый и истинный протоксид ее с составом один к одному, однако я не имел времени строго проверить это обстоятельство анализом. Проф. Розе в бытность свою в Лондоне осведомил меня о том, что Берцелиус возражает против моего нового сернистого соединения, и я был вынужден поэтому провести более точные опыты по этому вопросу, которые показали мне мою ошибку и вообще совпали с тем, что мне описал Розе. Я намеревался опубликовать этот результат в первой же статье по электричеству, которую мне случилось бы выпустить; но мой друг г. Солли передал мне перевод статьи Берцелиуса, и она настолько ясна и точна по своим данным, что я предпочитаю просить вас напечатать ее, добавив просто, что мои опыты вполне согласуются с тем, что описано у него по вопросу об этом сернистом соединении. Что касается хлорида и оксида, то я еще нигде не сообщал, что я провел над ними количественные опыты.

О предполагаемом Фарадеем сернистом соединении и окисле сурьмы

И. И. Берцелиуса (Из его Jahresberichte, № 15)

«Фарадей утверждает, что если нагревать сернистую сурьму с избытком металлической сурьмы, то образуется новое сернистое соединение сурьмы, которое в расплавленном состоянии отличается от обычного. На основании немногих опытов соединение имеет состав SbS , т. е. в него входит по одному атому каждого элемента. Когда это соединение растворяется в соляной кислоте, образуется сернистый водород, и хотя выделяется немного сурьмы, однако в растворе остается соединение с хлором $SbCl$, которое, если его разложить карбонатом натрия, даст новый окисел. Смешение этого окисла с обычным, как там говорится, повлекло за

собой противоречивые заключения о его строении, а также видимость того, что расплавленная окись сурьмы разлагается электрическим током лишь до некоторого предела, пока не восстановится этот новый окисел.

«Фарадей, повидимому, убежден в справедливости этого утверждения, но добавляет, что он не подтвердил анализом строения этого окисла, потому что для этого ему пришлось бы прервать течение его основных опытов.

«Этот вопрос показался мне заслуживающим более подробного исследования как сам по себе, так и потому, что он имеет большое значение для электрохимических взглядов Фарадея. Поэтому я повторил вышеописанные опыты Фарадея по получению трех новых соединений сурьмы с серой, хлором и кислородом; я нашел, что если даже они существуют, то они не могут образоваться тем способом, который им описан, и поэтому их все надо открывать заново.

«Вещество, которое я исследовал, таково: я очень тщательно смешал сернистую сурьму и металлическую сурьму в пропорции, которая после расплавления должна была дать соединение $Sb + S$; смесь была затем помещена в стеклянную трубку; у этой последней один конец был оттянут в капилляр; затем путем нагревания из нее был удален воздух, после чего она была герметически запаяна. Трубка была затем помещена в сосуд, покрыта песком и нагрета до полного красного каления, после чего она была медленно остужена. Когда вся масса была вынута, на ее дне оказался слиток, который, после того как он был очищен от прилипшей сернистой сурьмы (путем кипячения в небольшом количестве соляной кислоты), состоял из 63% той металлической сурьмы, которая была раньше прибавлена.

«Она имела все свойства чистой сурьмы. Растертая в порошок и прокипяченная с соляной кислотой, она все же выделяла немного сернистого водорода и отдала часть сурьмы кислоте. После этого кипячения порошок потерял $6\frac{1}{4}\%$.

«Из всего этого очевидно, что хотя получившееся сернистое соединение сурьмы и содержало после операции больше сурьмы, чем до нее, это все же было не то соединение, которое предполагал Фарадей. Даже в разломе оно не имело вида чистой сернистой сурьмы. Верхняя часть имела ту же лучистую структуру, как обычная сернистая сурьма, а некоторые более крупные кристаллы протянулись через верхнюю поверхность слитка, где они были окружены более светлой массой. Верхняя и нижняя порции полученной таким образом сурьмы были проанализированы каждая отдельно таким образом, что взвешенное количество ее клалось в соляную кислоту и растворялось в ней на водяной бане. Растворение происходило быстро. Из нижней части выпадали один за другим кристаллы, на которые кислота не действовала. То же получилось и с верхней порцией, но там кристаллов было меньше, и они были мельче. Эти нерастворимые части после тщательного кипячения и промывания составили от нижней доли 15%, а от верхней 10%. Они оказались чистой металлической сурьмой, образовавшей перистые кристаллы; этим доказывается тот интересный факт, что сернистая сурьма может при высокой температуре растворять 13 $\frac{1}{4}$ % металлической сурьмы; последняя, если остудить раствор достаточно медленно, выкристаллизовывается из еще жидкой сернистой сурьмы, прежде чем эта последняя застынет. При более быстром охлаждении вся масса замерзает вместе, и разлом тогда повсюду совсем однороден.

«Из того, что было сказано, совершенно очевидно, что соляная кислота действует только на обычный хлорид сурьмы. Я подробно изучил ее поведение дальше и нашел, что этим путем ни с водой, ни со щелочью невозможно получить какой-либо другой окисел.

«Вышеупомянутый опыт Фарадея, по которому расплавленный окисел сурьмы разлагается электрическим током, ясно доказывает, что предложенный им закон о том, что

одинаковые количества электричества всегда выделяют одинаковые химические пропорции, выполняется лишь постольку, поскольку сравнение делается между соединениями с пропорциональным составом.

«Что же касается причины того, что разложение окиси сурьмы, видимо, становится все слабее и слабее и наконец прекращается, очевидно, что Фарадей проглядел то обстоятельство, что окись распадается на металл у отрицательного проводника и на сурьмяную кислоту у положительного проводника; последний скоро оказывается покрытым коркой твердого вещества, после чего электричество не может дольше действовать».

Что касается возражений Берцелиуса в предпоследнем параграфе его статьи, то я попрошу у вас позволения перепечатать параграф 821 моей серии: «Я полагаю, что совокупность всех этих фактов создает неопровержимую цепь доказательств, подтверждающих справедливость первоначально высказанного положения, а именно: *что химическое действие тока электричества прямо пропорционально абсолютному количеству проходящего электричества* (377, 783). Факты далее подтверждают, что это справедливо не только для одного вещества, например для воды, но и для всякого электролита; и далее, что результаты, полученные для какого-нибудь *одного вещества*, согласуются не только друг с другом, но также и с результатами, полученными для *других веществ* и все вместе представляют *один ряд определенных электрохимических действий* (505). Я не хочу сказать, что не окажется исключений; может быть, таковые и найдутся — особенно среди веществ, связанных лишь слабым химическим сродством, — но я не думаю, чтобы такие случаи были в состоянии серьезно изменить изложенные выводы. Подобные исключения, к тому же многочисленные, имеются в тщательно продуманных, хорошо изученных и, я могу сказать с уверенностью, твердо

установленных теориях определенной природы обыкновенного химического сродства; однако они не поколебали нашего доверия к общему заключению; а потому их существование следует допустить и в данном случае при самом возникновении нового взгляда на электрохимические действия; но их не следует выставлять в качестве препятствий для тех, кто занят дальнейшим усовершенствованием этого взгляда; должно временно оставить их в стороне в надежде, что в конце концов они получат полное и удовлетворительное объяснение».

Что касается того, что я, будто бы, проглядел причину уменьшения и прекращения гальванического действия на окись сурьмы, то я не знаю, как можно было это сказать, если вывод Берцелиуса кажется местами почти копией тех доводов, которые дал я: см. параграф 801 седьмой серии моих «Исследований». Мое объяснение фактически приведено в отчете о действии на окись сурьмы в параграфе 693, но там ошибочно напечатано 802 вместо 801.¹

Остаюсь, господа, ваш

М. Фарадей.

ОБ ИСТОРИИ СЖИЖЕНИЯ ГАЗОВ, В ОТВЕТ Д-РУ ДЭВИ,
СО ВСТУПЛЕНИЕМ В ВИДЕ НЕСКОЛЬКИХ ЗАМЕЧАНИЙ
ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВРАЩЕНИИ ²

Королевский институт.

10 мая 1836 г.

Дорогой сэр, я только что кончил просмотр написанной д-ром Дэви «Жизни его брата сэра Гэмфри Дэви». Там, между страницами 160 и 164 второго тома автор связывает

[¹ В London and Edinburgh Philosophical Magazine, V, стр. 170, эта ссылка напечатана правильно. — *Ред.*].

² London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1836, VIII, стр. 521.

вместе некоторую статью с замечаниями об открытии электромагнитного вращения и другую о сжижении газов, заканчивая их такими словами: «Я удивлен, что г. Фарадей не выступил, чтобы отдать ему (сэру Гемфри Дэви) справедливость. С моей точки зрения это является столь же необходимым для его собственного честного имени, как признание им того, что д-р Волластон подал ему первую мысль о вращательном магнитном движении».

Я сожалею, что д-р Дэви, сказав это, сделал необходимым то, что я раньше не считал таковым; но я чувствую, что не могу после его замечания поддаться серьезному желанию молчать по этому поводу, не подвергаясь риску быть обвиненным в чем-то противоположном *честному* поступку. Этим я не смею рисковать; но, я надеюсь, все поймут, что, выступая со своим ответом, был к нему вынужден.

Д-р Дэви говорит о магнитном вращении; то же должен сделать и я для того, чтобы указать на некоторые совпадения в датах и т. д. между последней частью этого дела и сжижением хлора и других газов и т. д. Опыты Эрстеда были опубликованы в *Annals of Philosophy* Томсона за октябрь 1820 г., и отсюда, кажется, были получены первые сведения, которые мы имели о них в нашей стране. Во всяком случае это было первое указание, которое получили сэры Гемфри Дэви и я, потому что он принес номер в лабораторию утром, в день его появления (1 октября), и мы повторили опыты вместе. Я могу заметить, что это является доказательством того, что д-р Дэви в его «*Life*»¹ так же, как и в других местах,² не всегда понимает значение слов своего брата, и мне кажется, что он никогда бы не написал тех строк, которые заставили меня дать этот и предыдущий ответы,³ если бы он их понимал.

¹ II, стр. 143.

² *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 1835, VII, стр. 340; или стр. 301 этого тома.

³ Там же, стр. 337; или стр. 297 этого тома.

Сразу же после великого открытия Эрстеда вопрос стал серьезно изучаться и были написаны разные статьи, среди которых была одна сэра Гемфри Дэви (*Philosophical Transactions*, 1821, стр. 7), доложенная Королевскому обществу 16 ноября 1820 г., в которой на стр. 17 он описывает катание некоторых проволок по острию ножа под действием *притяжения*, когда к ним при определенных условиях тока подводился северный полюс магнита, и *отталкивания* при определенных других условиях тока, и т. д.

Вторая статья содержала краткое сообщение редактора *Quarterly Journal of Science* (г. Бренда), в котором он отчетливо и ясно изложил взгляды д-ра Волластона на природу электромагнитной силы и ее круговой характер. Статья помещена в т. X, стр. 363, и ее можно датировать, по номеру журнала, 1 января 1821 г.

Затем имеются мои исторические заметки в *Annals of Philosophy*, новая серия, тт. II и III, написанные в июле, августе и сентябре 1821 г., и статья, описывающая мое открытие электромагнитного вращения, датированная 11 сентября 1821 г.,¹ и другие; но мы перейдем к статье сэра Гемфри Дэви, доложенной в марте 1823 г.;² она вместе со своими следствиями *одновременна* с делом о сжижении газов. Это та статья, про которую д-р Дэви говорит, что «он [сэр Г. Д.] заканчивает актом справедливости по отношению к д-ру Волластону, указывая, как открытие вращения электромагнитного провода вокруг его оси при приближении магнита, осуществленное благодаря изобретательности г. Фарадея, было предсказано д-ром Волластоном, и им даже была сделана попытка его осуществить в лаборатории Королевского института».³

В другом месте⁴ я отдал дань справедливости д-ру Вол-

¹ *Quarterly Journal of Science*, XII, стр. 74; или стр. 183 этого тома.

² *Philosophical Transactions*, 1823, стр. 153.

³ *Life*, II, стр. 160.

⁴ *Quarterly Journal of Science*, XV, стр. 288; или стр. 228 этого тома.

ластону по вопросу об электромагнитном вращении и не имею желаний уменьшать силу всего того, что я там сказал, а скорее хотел бы усилить сказанное. Но так как д-р Дэви связал это дело со сжижением газов, то я должен указать на постоянную ошибочную тенденцию, которая имела место в обоих этих вопросах. Итак, д-р Дэви ошибается, когда говорит, что я осуществил предсказания д-ра Волластона; и сэр Гемфри Дэви не говорил того, что ему приписывает его брат. *Я не осуществил* вращения электромагнитного провода вокруг его оси; этот факт был открыт г. Ампером уже позднее; и даже после того как я открыл вращение провода вокруг магнита как центра и магнита вокруг провода, я не мог заставить провод вращаться вокруг его оси.¹ Результат, который Волластон вполне научно и прекрасно вывел из своего принципа и который он пытался получить в лаборатории, состоял в том, что можно заставить катиться проволоку, но причиной здесь оказывается не притяжение и отталкивание, как это было в опытах Дэви,² а касательное действие, согласно с тем принципом, который был уже сообщен г. Брендом³ публике как принадлежащий ему (д-ру Волластону).

Вот что говорит сэр Гемфри Дэви⁴ в своей напечатанной статье: «Я не могу закончить надлежащим образом, не упомянув одного обстоятельства из истории успехов электромагнетизма; хотя оно хорошо известно многим членам этого Общества, но, как мне кажется, еще не было обнародовано, а именно, что мы обязаны прозорливости д-ра Волластона первой мыслью о возможности *вращения электромагнитного провода вокруг его оси при приближении магнита*, и я присутствовал в начале 1821 г. при неудачном опыте, который он сделал для того, чтобы получить это явление

¹ Quarterly Journal of Science, XII, стр. 79; или стр. 228 этого тома

² Philosophical Transactions, 1821, стр. 17.

³ Quarterly Journal of Science, X, стр. 363.

⁴ Philosophical Transactions, 1823, стр. 158

в лаборатории Королевского института». Эта статья была доложена 6 марта 1823 г.; сообщение о ней было дано первого числа следующего месяца в *Annals of Philosophy* (новая серия, V, стр. 304), и автор сообщения дал совершенно другой смысл тому, что говорится в печатной статье сэра Гемфри Дэви, когда он пишет следующее: «Опыт, который был для этого сделан д-ром В. в лаборатории Королевского института и при котором присутствовал сэр Гемфри, не удался *исключительно из-за несчастного случая* с прибором; если бы не так, *то он был бы автором этого открытия*».¹

У меня создалось впечатление, что об этом реферате статьи я впервые узнал от самого сэра Гемфри Дэви, но воспоминания одного друга заставляют меня сомневаться в этом; однако сэр Гемфри, когда он впервые высказывался по этому вопросу, сказал мне, что реферат был неточен и несправедлив, и посоветовал мне послать возражение, которое редактор должен был поместить в следующем месяце. Я написал короткую заметку и дал ее сэру Гемфри, который изменил ее и придал ей тот вид, в котором она появилась в майском номере *Annals of Philosophy* (новая серия, V, стр. 391) как бы от имени редактора; все в ней, начиная со слов «но так как мы писали только» и до конца, принадлежит сэру Гемфри; эту рукопись, писанную его рукой, я вставил в качестве иллюстрации в мой экземпляр «Жизни Дэви» Пэриса.

Весь параграф гласит так: «*.* Мы имели в виду дать в прошлом месяце подробный реферат важной статьи, доложенной президентом Королевского общества 5 (6) марта,² но так как мы писали только по памяти, то мы сделали

¹ Чтобы быть справедливым по отношению к автору реферата, я тщательно разыскивал в Королевском обществе подлинную рукопись той статьи, которая была доложена; но ее не оказалось на месте.

² До сих пор текст мой; остальное принадлежит сэру Гемфри Дэви.

две ошибки: одну в отношении вращения ртути, которое не останавливается, а производится приближением магнита; вторую в параграфе, посвященном истории вопроса, в заключении; эта часть, как мы установили, несправедлива по отношению к г. Фарадею и совершенно не передает мысли автора. Мы хотим поэтому за исправлением этих ошибок адресовать наших читателей далее — к оригинальной статье, когда она будет опубликована. — *Ред.*».

По этому сопоставлению дат и документов каждый может судить о том, что во всяком случае я *несправедливо* претерпел некоторые неприятности, и они согласятся с этим тем легче, если вспомнят, что все это произошло одновременно с историей о сжижении газов и ее последствиями и как раз в то время, когда мое имя фигурировало перед Корслевским обществом как кандидата в его члены. Я не думаю, чтобы кто-нибудь преднамеренно был причиной такого положения вещей, но все казалось запутанным и в основном было невыгодно для меня. Например, эта самая статья сэра Гемфри Дэви, которая содержит «акт справедливости», как его называет д-р Дэви, называется «*Об одном новом явлении электромагнетизма*». Однако то, что было в ней электромагнитного, было не ново и было просто видоизменением моего вращения; а *новое явление* было чисто электрическим и ничем не отличалось от того, которое уже раньше было открыто г. Ампером. Так как результат г. Ампера впервые был описан в статье, датированной 4 сентября 1822 г.,¹ а статья сэра Гемфри Дэви была доложена вскоре после, а именно 6 марта 1823 г.,² то последний наверно не знал о результатах, которые получил первый.

Чтобы покончить с этим делом, вследствие этих и других обстоятельств, а также происшедших одновременно и касавшихся сгущения хлора, я написал историческую справку,³

¹ Annales de Chimie, 1822, XXI, стр. 47.

² Philosophical Transactions, 1823, стр. 153.

³ Quarterly Journal of Science, XV, стр. 288; или стр. 228 этого тома.

о которой упоминает д-р Дэви¹ и в которой, признавая все, что сделал д-р Волластон, я предъявляю и *доказываю* свои права на открытие вращения, которое я описал раньше. Эту статью перед ее опубликованием я прочитал вместе с д-ром Волластоном; он просмотрел доказательства, которые я привел на стр. 291 (стр. 232 этого тома); и, внося туда немногие изменения, он привел ее в тот вид, в котором она напечатана, выразив свое удовлетворение моими доводами и свое одобрение в целом. Я сохранил копию и приведу здесь в качестве иллюстрации наиболее значительные и важные поправки д-ра Волластона. В конце параграфа, внизу стр. 291 (стр. 232 этого тома), я выразил смысл заметки таким образом: «Но то, что я в августе 1821 г. принимал за притяжение и отталкивание, то, как д-р Волластон понял задолго до этого, представляет собой действие все в одном направлении, и на этом факте он основал свои предсказания». Это он изменил так: «Но то, что я в августе 1821 г. считал притяжением к проводу и отталкиванием от него, происходит, как д-р Волластон понял еще задолго до этого, *от силы, не направленной ни к проводу, ни от него, а действующей по кругу вокруг него, как вокруг оси*, и на этом факте он основывал свои предсказания». Напечатанное курсивом написано в рукописи его рукой.

[Остальная часть этого письма относится к сжижению газов; так как она не имеет отношения к электричеству или магнетизму, то я ее опускаю, за исключением заключительного параграфа, который гласит так:]

Полагая, что я теперь сказал достаточно, чтобы спасти свое «честное имя» от тех нападков, от которых оно могло бы пострадать из-за ошибок д-ра Дэви, я с облегчением кончаю это письмо и надеюсь, что мне больше не придется писать вам по этому поводу.

Остаюсь, дорогой сэр, ваш
М. Фарадей.

Ричарду Филлипсу, эксвайру, и проч. и проч.

¹ Life, II, стр. 146, внизу страницы.

ОБ ОСОБОМ ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЖЕЛЕЗА

Профессора Шенбейна из Базеля в письме к г. Фарадею; с дальнейшими опытами г. Фарадея по этому же вопросу, сообщенными им в письме к г. Филлипсу¹

Михаилу Фарадею, доктору гражданского права,
члену Королевского общества, и проч.

Сэр, так как наши континентальные, а особенно немецкие, периодические издания проявляют большую медлительность при публикации научных статей, а я стремлюсь как можно скорее познакомить вас с некоторыми электрохимическими явлениями, недавно наблюденными мною, я беру на себя смелость сообщить их вам письмом. Побуждаемый к этому только научными мотивами, я льщу себя надеждой, что содержание моего письма будет принято вами благосклонно. Те факты, к изложению которых я приступаю, кажутся мне не только новыми, но в то же время и заслуживающими внимания ученых химиков. *Les voici.*

Если один конец железной проволоки накалишь докрасна и после охлаждения опустить в азотную кислоту с удельным весом 1.35, то ни этот конец, ни какая другая часть проволоки не будут подвергаться действию, хотя кислота той же крепости, как хорошо известно, действует довольно сильно на обычное железо. Чтобы посмотреть, как далеко идет влияние оксидированного конца, я взял железную проволоку длиной пятьдесят футов и толщиной пол-линии; нагрев около трех дюймов ее длины, я погрузил ее в кислоту вышеупомянутой крепости, а затем опустил в ту же жидкость. Не произошло никакого действия кислоты на железо. При подобном же опыте, произведенном с цилиндрическим железным стержнем длиной в шестнадцать дюймов и диаметром в четыре линии, получился тот же результат. Границу этого

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1836, 1X, стр. 53.

защитного влияния окиси количественно я еще не установил, но что касается влияния нагревания, то я нашел, что выше температуры около 75° кислота действует на железо обычным образом и таким же образом при обычных температурах, если эта кислота содержит воду выше определенного количества, как, например, 1, 10, 100 и 1000 своих объемов. Если погрузить железную проволоку в азотную кислоту с удельным весом 1.5, она становится также безразличной к этой же кислоте с удельным весом 1.35.

Но, пожалуй, самым удивительным из наблюдаемых мной фактов является то, что любое число железных проволок можно сделать безразличным к азотной кислоте следующим образом. Железная проволока, один конец которой был окислирован, приводится в соприкосновение с обычной железной проволокой; обе затем опускаются в азотную кислоту удельным весом 1.35, но так, чтобы вначале погружался в жидкость окисленный конец одной проволоки и чтобы обе проволоки частью находились выше уровня жидкости. В этих условиях не происходит никакого химического действия на проволоки, потому что вторая проволока, очевидно, является лишь продолжением той, которая снабжена окисленным концом. Но и после того, как проволоки были разведены друг от друга, никакого действия не получалось. Если теперь вторую проволоку, которая стала безразличной, вынуть из кислоты и привести в соприкосновение любую ее часть, которая не была погружена, с третьей проволокой и обе опять ввести в кислоту так, чтобы та часть второй проволоки, которая раньше уже была в жидкости, вошла первой, то ни на ту, ни на другую проволоку не будет происходить действия и во время их соединения и после их разделения. Таким же образом третья проволока может сделать безразличной или пассивной четвертую, и т. д.

Еще один факт, который, насколько я знаю, еще не был наблюден, состоит в следующем. Проволока, сделанная безразличной каким-либо из вышеупомянутых средств, погру-

жается в азотную кислоту с удельным весом 1.35, но так, чтобы значительная часть ее оставалась вне жидкости. Другая обыкновенная проволока тоже опускается в ту же кислоту, и один ее конец тоже должен выступать над уровнем жидкости. На ту часть, которая погружена, будет, конечно, производиться сильное действие. Если концы проволок, которые находятся вне кислоты, привести теперь в соприкосновение, безразличная проволока моментально превратится в активную, какова бы ни была длина не погруженной части проволоки. [Если имеется какой-нибудь пример химического сродства, передаваемого в виде тока через посредство проводящих тел, я полагаю, что только что приведенный факт можно рассматривать как таковой]. Понятное дело, что непосредственный контакт между этими двумя проволоками не является совершенно необходимым условием для того, чтобы передать химическую активность от активной проволоки к пассивной, потому что любой металл, если соединить им концы проволок, сделает то же дело.

Прежде чем перейти к другому предмету, я должен упомянуть об одном факте, который, повидимому, представляет известную важность. Железная проволока, изогнутая в вилку, касается своей изогнутой частью проволоки, обладающей оксидированным концом. Не прерывая этого контакта, мы вводим их в азотную кислоту с удельным весом 1.35 и 30° так, чтобы первым погрузился в кислоту оксидированный конец; на вилку, конечно, не будет никакого действия. Если теперь погрузить в кислоту обычную железную проволоку и дотронуться ею до одного из концов вилки, то на этот последний моментально начнет действовать кислота; в то же время другой останется пассивным; но, как только мы выведем железную проволоку с оксидированным концом из контакта с изгибом вилки, ее второй конец тоже станет активным. Если дотронуться до частей вилки, поднимающихся над уровнем кислоты, железной проволокой, часть которой погружена и активна в кислоте, никакой передачи

химической активности не произойдет, и оба конца вилки останутся пассивными; но если отвести железную проволоку (с оксидированным концом) от сгиба вилки, последняя делается активной.

Так как все явления, о которых говорилось в предыдущих строках, без сомнения, тем или иным образом зависят от особого электрического состояния проволок, мне было любопытно посмотреть, каким образом азотная кислота будет действовать на железо, если его взять в качестве электрода. Для этой цели я воспользовался той формой батареи, которая зовется *couronne de tasses*; она состояла из пятнадцати пар цинка и меди. Платиновая проволока была присоединена к так называемому отрицательному полюсу батареи, а железная — к положительному. Свободный конец платиновой проволоки был вначале погружен в азотную кислоту с удельным весом 1.35, и посредством свободного конца железной проволоки контур замыкался. В этих условиях кислота совершенно не действовала на железо, и оно оставалось безразличным к жидкости не только до тех пор, пока ток проходил через цепь, но и после того как оно переставало исполнять роль положительного электрода. Итак, можно считать доказанным, что железная проволока обладала всеми свойствами того, что мы называем пассивным железом. Если такой проволокой коснуться отрицательного электрода, она мгновенно становится активной и происходит образование нитрата железа; безразлично, отключена она от положительного полюса или соединена с ним и какая кислота взята: крепкая или слабая.

Но с пассивным состоянием железа связано еще одно явление, и это явление находится в прямом противоречии со всеми утверждениями, которые до сих пор делались учеными экспериментаторами. Кислород на аноде, происходящий от разложения воды, содержащейся в кислоте, не соединяется с железом, служащим электродом, а выделяется на нем совершенно таким же образом, как если бы это была

платина; и он выделяется в таком объеме, что дает отношение 1:2 к количеству водорода, выделяющемуся на катоде. Чтобы получить этот результат, я воспользовался кислотой, содержащей по объему в 20 раз больше воды; впрочем, как я нашел, и кислота, содержащая в 400 раз больше по объему воды, все еще дает то же явление вполне заметным образом. Но я должен повторить, что необходимым условием для того, чтобы вызвать выделение кислорода на железной проволоке, является замыкание контура точно вышеуказанным способом. Ибо если, *exempli gratiâ*, замкнуть контур отрицательной платиновой проволокой, ни одного пузырька кислородного газа не появляется на положительном железе; также не происходит на нем выделения кислорода, если контур замыкается погружением в азотную кислоту сначала одного конца железной проволоки и если уже затем другой конец приводится в соединение с положительным полюсом батареи. В обоих случаях образуется нитрат железа даже в кислоте, содержащей в 400 раз больше по объему воды; можно легко наблюдать, как эта соль опускается от железной проволоки в форме нитей буровато-желтого цвета.

Я должен еще указать на замечательный факт, что если во время очень быстрого выделения кислорода на аноде коснуться железной проволокой отрицательного электрода внутри кислоты, выделение кислорода прекращается не только на время соприкосновения проволок, но и после него, когда электроды уже разведены друг от друга. Однако, если несколько секунд подержать проволоку вне кислоты, то этого достаточно, чтобы сообщить ей опять свойство заставлять кислород выделяться на поверхности проволоки. Таким способом проволока приобретает свою выделительную способность вновь, какова бы ни была причина ее потери. Выделение кислорода происходит также в разведенных серной и фосфорной кислотах, однако только в том случае, если контур замкнут вышеописанным способом. Является достойным замечания то обстоятельство, что выделение кислорода

на железе в этих последних кислотах останавливается гораздо легче и вызывается вновь гораздо труднее, чем в случае азотной кислоты. В водном растворе едкого кали кислород выделяется на положительном железе, как бы ни замыкался контур; но такого выделения не происходит в водных растворах гидрокислот, хлоридов, бромидов, иодидов и флуоридов. Кислород, получающийся в этих случаях от разложения воды, и анион (хлор, бром и т. д.) другого разлагающегося электролита соединяются тут же с железом.

Общее заключение из этих фактов таково: независимо от способа замыкания контура, кислород всегда выделяется на положительном железе, если только водная жидкость, в которую оно погружено, химически на него не действует (ощутимым образом); никакого выделения кислорода на аноде при контакте с железом не происходит ни при каких обстоятельствах, если кроме кислорода освобождается другой анион, обладающий сильным сродством к железу. Этот металл, если на нем уже выделяется кислород, оказывается всегда безразличным к азотной кислоте определенной крепости, какова бы ни была химическая природа жидкости, в которой явление протекало.

Я проделал ряд опытов над серебром, медью, оловом, свинцом, кадмием, висмутом, цинком, ртутью, но ни одно из них не проявило сходства с железом, ибо все они окислялись, если служили положительным электродом. Не имея в настоящее время в своем распоряжении ни кобальта, ни никеля, я не мог испытать эти магнитные металлы, которые, я сильно подозреваю, будут действовать таким же образом, как действует железо.

Из того, что я только что установил, следует, что аномальное поведение железа не имеет ничего общего со степенью его сродства к кислороду, а должно быть основано на чем-то другом. Ваша зоркость, которая уже проникла во столько тайн природы, легко сорвет завесу, которая пока покрывает это явление, установленное в моем письме, в слу-

чае, если вы признаете это достойным объектом для ваших исследований.

Прежде чем закончить, я должен попросить у вас снисхождения к тем многочисленным ошибкам, которые я наверное допустил в моем письме. Раньше я был довольно хорошо знаком с вашим родным языком, но теперь, ввиду отсутствия практики письма и разговора на нем, выражаться по-английски составляет для меня довольно трудное дело.

Едва ли необходимо говорить, что вы можете воспользоваться, как вам будет угодно, содержанием этого письма как частным, так и публичным образом.

Остаюсь ваш покорнейший слуга

С. Т. Шенбейн,

профессор химии Базельского университета.

Базель, 17 мая 1836 г.

Дорогой Филлипс, прилагаемое письмо профессора Шенбейна, которое я получил неделю или две тому назад, содержит факты, представляющие такой интерес с точки зрения основных начал химического электричества, что, я полагаю, вы с удовольствием опубликуете его в вашем *Philosophical Magazine*. Я посылаю его вам не измененным, кроме одного-двух слов в разных местах, но, поощряемый тем, что я рассматриваю как разрешение профессора (или скорее просьбу, которой он меня почтил), я добавлю несколько результатов в подтверждение описанных явлений в качестве иллюстрации к выводам, которые можно извлечь из этих фактов.

Влияние окисленной железной проволоки, передача неактивного состояния от одной проволоки к другой и разрушение этого состояния, — все это факты, которые я основательно проверил; но они так хорошо описаны профессором Шенбейном, что я не прибавлю ни одного слова к тому,

что он сказал по этому вопросу, а перейду сразу к другим результатам.

Железная проволока, как установил г. Шенбейн, если ее *одну* положить в крепкую азотную кислоту, погрузив целиком или частью, приобретает особое неактивное состояние. Я нашел, что это происходит лучше всего в длинном узком закрытом сосуде вроде трубки, а не в плоском широком, открытом, вроде блюда. Если оставить ее там в неподвижном состоянии, она получает те же свойства и соотношения, как проволока, которой это свойство (power) было сообщено от других проволок.

Если кусок обычной железной проволоки погрузить целиком или частью в азотную кислоту с удельным весом приблизительно 1.3 или 1.35 и, после того как началось действие, дотронуться до нее платиновой проволокой, тоже погруженной в кислоту, взаимодействие между кислотой и железной проволокой мгновенно останавливается. Погруженная часть железа становится совсем светлой и *остается* такой; она находится фактически в таком же состоянии и может служить для тех же целей, как железо, приобретшее неактивность описанными выше средствами. Такая защитная сила платины по отношению к железу очень постоянна и определена, и тем более удивительно, что это действие как раз противоположно тому, которое можно было предвидеть, если не знать о результатах г. Шенбейна. Она действует так же, если соединение между нею и железом производится не непосредственно, а через другие металлы, например через провод от гальванометра; а если обстоятельства благоприятны, малая поверхность платины ослабит и уничтожит действие кислоты на большую поверхность железа.

Это действие особенно удивительно, если его сопоставить с действием, которое производит цинк, ибо этот последний металл не только не защищает железа, а, наоборот, приводит его в бурное взаимодействие с кислотой и вызывает его быстрое и полное растворение. Явление хорошо заметно,

если положить железную проволоку в азотную кислоту определенной крепости и прикасаться к ней в кислоте попеременно то куском платины, то цинком. Она соответственно делается то неактивной, то активной; она то защищается путем соединения с платиной, то разъедается вследствие соединения с цинком. А также, как установил г. Шенбейн, если железо сделать отрицательным электродом батареи, содержащей от двух до десяти или более пар пластин, то такая кислота будет на него бурно действовать; но если его сделать положительным электродом, то хотя оно и окисляется и растворяется, но процесс идет сравнительно очень медленно.

Золото имеет то же влияние на железо, погруженное в азотную кислоту, как и платина. Даже серебро оказывает подобное же действие. Но из-за его сродства к кислоте эффект сопровождается особыми изменчивыми результатами, которых я коснусь позже.

Кусок древесного угля из буксового дерева, а также другого происхождения обладает такой способностью защищать железо и переводить его в неактивное состояние. Графит, как и можно было ожидать, обладает той же способностью.

Если кусок блестящей стали вначале был соединен с куском платины, а затем платина была погружена в кислоту, и, наконец, была погружена сталь, согласно порядку, указанному в данных ранее примерах профессором Шенбейном, сталь защищалась платиной и оставалась чистой и блестящей в кислоте, даже после того как платина отключалась от нее; она фактически обладала свойствами неактивного железа. Если ее погрузить одну, вначале возникало взаимодействие обычного рода, которое сопровождалось появлением черной угольной корки, хорошо известной при обычном процессе испытания стали, но взаимодействие сразу прекращалось, и сталь оказывалась защищенной и притом не только в погруженном участке, ибо если вводить (в кислоту) дальнейшие участки, они тоже остаются чистыми и

блестящими и оказываются действительно защищенными благодаря соединению с углеродом, выделяющимся в частях, погруженных вначале.

Когда железо находится в этом особом неактивном состоянии, которое установил г. Шенбейн, между ним и азотной кислотой не происходит ни малейшего взаимодействия. Я продержал такое железо в азотной кислоте как одно, так и в соединении с платиновой проволокой в течение 30 дней, и оно оставалось неизменным; металл остался совершенно блестящим, и ни одна частица не растворилась.

Кусок железной проволоки, соединенной с платиновой, был целиком погружен в азотную кислоту данной крепости, и эта последняя постепенно подогревалась. Никакого изменения не происходило до тех пор, пока кислота не нагрелась почти до точки своего кипения, после чего она внезапно начала взаимодействовать с железом, и это последнее моментально растворилось.

В качестве иллюстрации того, как далеко простирается влияние этого состояния, я могу упомянуть, что при некотором старании удастся показать, что железо потеряло, находясь в своем особом состоянии, даже свою способность осаждать медь и другие металлы. Была приготовлена смесь из примерно одинаковых порций растворов нитрата меди и азотной кислоты. Железо в обычном состоянии или даже в особом состоянии, положенное в этот раствор, действовало, и медь осаждалась; но если неактивное железо сначала было соединено с куском платины, погруженной в раствор, а затем погружалась и его собственная, приготовленная поверхность, то через несколько секунд платину можно было убрать, и железо в течение некоторого времени оставалось чистым, блестящим. Но в конце концов оно обычно начинало взаимодействовать и осаждать медь, а само быстро разъедалось. Если металлом в растворе служило серебро, то действие было еще более поразительно; оно будет описано далее.

Затем я воспользовался для соединения железа с другими металлами гальванометром, собрав эти металлы вместе в азотной кислоте с целью установить по производимому току, в каком отношении металлы находились друг к другу; и в тех немногих результатах, которые мне надо описать, я буду употреблять отношение платины и цинка друг к другу в качестве меры сравнения, через которую я буду выражать состояния этих металлов в различных условиях.

Когда окисленная железная проволока профессора Шенбейна соединена с платиной, она ведет себя точно так, как вел бы себя второй кусок платины: нет никакого химического действия и никакого электрического тока. Железная проволока, сделанная неактивной путем присоединения к окисленной проволоке или каким-нибудь другим путем, относится к платине, как платина, и не дает тока.

Когда обычное железо и платина, соединенные через гальванометр, опущены в кислоту (неважно, которое раньше), в первый момент появляются действие на железе и очень сильный ток, причем железо относится к платине, как цинк. Однако под влиянием платины действие на железо скоро останавливается; тогда ток мгновенно прекращается и железо действует на платину, как платина. Если железо вынуть на мгновение на воздух, до тех пор пока не возобновится на нем действие, а затем погрузить опять, оно опять производит ток, действуя, как цинк с платиной; но, как и раньше, как только прекращается действие — прекращается также и ток.

Если отдельно погрузить проволоку из активного или обычного железа и другую из неактивного или особого железа в азотную кислоту и соединить их затем непосредственно или через гальванометр, вторая не сделает первую неактивной: наоборот, благодаря ей она сама вступает в действие. Однако в первый момент контакта образуется сильный электрический ток, причем первое железо действует как цинк, а второе — как платина. Но сейчас же после того,

как восстанавливается химическое действие — всё равно, на втором или на первом, — всякий ток прекращается, и оба куска действуют как цинк. Если коснуться которого-нибудь из них в кислоте куском платины, то этим оба защищаются и перестают действовать; но тока через гальванометр не получается, потому что оба они изменяются вместе.

Если соединять железо с золотом или древесным углем, явления получаются такие же. При тех же опытах, но со сталью вместо железа получались те же явления.

Один из самых ценных результатов для современного состояния той отрасли науки, которую представляют эти опыты, это — дополнительное доказательство того, что *гальваническое электричество обязано своим происхождением химическому действию, а не контакту*. Доказательство так же поразительно и убедительно, как и те, которые я был в состоянии дать в восьмой серии моих «Экспериментальных исследований» (880). В самом деле, что может более очевидно показать, что ток электричества обязан своим происхождением химическому действию, а не контакту, как не тот факт, что, несмотря на то что контакт продолжается, все же, когда прекращается химическое действие, прекращается также и ток?

Можно было бы вначале предположить, что вследствие особого состояния железа появляется какое-то препятствие не к самому *образованию* тока, а к *прохождению* его, и что поэтому ток, который металлический контакт стремится образовать, не может циркулировать в системе. Однако это предположение опровергается следующим опытом: мы перенесли платиновую проволоку в другую чашку с азотной кислотой, а затем соединили эти две чашки проволокой, составленной из платины и железа, опустив платину в первую чашку, а присоединенное к ней железо — во вторую. Вторая проволока действовала в первый момент, производя свой соответственный ток, который проходил через первую чашку и, следовательно, через первую, или неактивную

проволаку и действовал обычным образом на гальванометр. Как только второе железо было приведено в *особое* состояние, ток, конечно, прекратился; но самое прекращение тока показывало, что электрический ток остановился не из-за недостаточной проводящей способности или отсутствия металлического контакта, — ибо и та и другой оставались без изменения, — а из-за отсутствия химического действия. Эти опыты, в которых ток прекращается, в то время как контакт продолжается, в соединении с теми, которые я давал раньше и в которых производился ток, хотя не существовало контакта, составляют вместе прекрасную совокупность доказательств по делу об этом элементарном принципе гальванического действия.

Что касается того состояния железа, когда оно становится неактивным в азотной кислоте, то его не надо смешивать с неактивным состоянием амальгамированного или чистого цинка в разведенной серной кислоте. Различие легко показать, если произвести контакт каждого из них с платиной в соответствующих кислотах, ибо с железом такое соединение ничего не дает, в то время как с цинком оно развивает полную силу металла и дает начало мощному электрическому току. Действительно, железо как будто не обладает притяжением к кислороду и поэтому не может действовать на присутствующий электролит, а следовательно, не может и производить ток. Я сильно подозреваю, что поверхность железа окислена или что частицы металла на поверхности находятся в таком отношении к кислороду электролита, которое равносильно окислению; сродство к кислороду таким образом насыщается, и в этих условиях они не растворяются в кислоте; тогда не происходит возобновления металлической поверхности, не происходит повторного притяжения последовательных частиц железа к элементам последовательных порций электролита, а поэтому и этих последовательных химических действий, через которые может продолжаться электрический ток (который оказывается определенным

как по своему происхождению, так и по своему действию).

Для подтверждения этого взгляда я могу заметить, что в первом опыте, описанном профессором Шенбейном, нельзя сомневаться в том, что причиной особого и неактивного состояния железа является образование на железе окиси — после того как его нагревали; пленка окиси видна на глаз благодаря своему цвету. С другой стороны, все разнообразные опыты, в которых мы пользуемся этим железом или платиной, или древесным углем, или другими гальваническими устройствами, для того чтобы перевести обычное железо в описываемое особое состояние, сопровождаются перемещением кислорода к поверхности железа; это доказывается электрическим током, производимым в первый момент; ток при наших опытах всегда предшествует переходу железа из обычного состояния в особое. Что пленка окиси, производимая обычным способом, может быть настолько тонка, что остается незаметной и все же бывает эффективна, было показано следующим опытом: кусок железа нагревался на расстоянии одного-двух дюймов от конца, так что, хотя оно стало синим в месте нагрева, его конец на вид оставался совершенно не затронутым, и, однако, этот конец оказался в особом состоянии. Далее, все равно, как железо было окислено в пламени: сильно или слабо, только что описанным способом или приведено в особое состояние посредством гальванического соединения с другими кусками или с платиной, и т. д.; если часть его поверхности снять хотя в весьма слабой степени, а затем новую поверхность привести в соприкосновение с азотной кислотой, это место в первый момент действует, как обычное железо; характер этого состояния совершенно очевиден благодаря электрическому току, возникающему в момент погружения.

Итак, я предполагаю, что когда железо переводится в особое состояние посредством гальванического соединения или иногда погружением его одного в азотную кислоту, на

железе образуется поверхностная пленка окиси. Почему пленка не растворяется кислотой? — Я думаю, это зависит от особенностей окисла и азотной кислоты той крепости, которая требуется для указанных опытов; но в самом деле хорошо известно, что окись, образующаяся при нагревании на поверхности железа и проявляющаяся тонкими пленками различных цветов, едва подвергается действию азотной кислоты данной крепости, если даже на несколько суток оставлять кислоту в соприкосновении с железом. Это зависит не от значительной толщины пленки, а от ее особых свойств и делается вероятным, поскольку железо, окисленное путем нагревания лишь в такой слабой степени, что это остается незаметным для глаза, оставалось в азотной кислоте данной крепости на недели без всякого изменения. И то, что этот способ поверхностного окисления или этот род окисла может иметь место в гальванических опытах, делается вероятным благодаря результатам, получаемым при окислении железа в нитрате серебра. Если расплавить нитрат серебра и окунуть в него обычное железо так, чтобы оно было хорошо смочено, одно или в паре с платиной, явление начинается с бурного действия на нитрат и осаждения серебра: железо постепенно окисляется с поверхности и приобретает совершенно такую же окраску, однородность поверхности и т. д., как будто бы его медленно окисляли нагреванием на воздухе.

Профессор Шенбейн описал опыт с железом, действовавшим в качестве положительного электрода, в *couronne des tasses*. Если этот прибор находится в сильном действии или если взять обычную батарею, содержащую от двух до десяти или более пластин, положительное железо в азотной кислоте мгновенно покрывается окисью, которая, хотя и не пристает к железу крепко, все же растворяется кислотой с трудом, когда соединение с батареей прервано, и остается на железе в течение многих часов, само же железо находится в особом неактивном состоянии. Если сила гальванического прибора очень мала, пленка окиси на железе в азот-

ной кислоте часто принимает синий оттенок, как у окиси, получаемой при нагревании. Однако часть железа в этих случаях всегда растворяется.

Если допустить, что поверхностные частицы железа соединяются с кислородом, т. е. действительно окисляются, тогда все прочие его действия в паре с обычным железом и другими металлами окажутся в согласии друг с другом; почему оно действует, как платина, почему оно в паре с обычным железом в первое мгновение образует сильный гальванический ток, а затем приводится обычным железом к действию, — все это можно будет объяснить, если принять, что оно в первый момент способно направить на себя и забрать из электролита некоторое количество водорода и одновременно переводится на поверхности в свободное металлическое состояние, так что в дальнейшем действует, как обычное железо.

Мне едва ли надо здесь указывать на вероятное существование очень тесной связи между этими явлениями, на которые здесь обратил внимание профессор Шенбейн для железа, и теми, на которые указывали другие, как Риттер и Марианини — для вторичных элементов и О. де ля Рив — для особых действий платиновых поверхностей.

В своих «Экспериментальных исследованиях» (476) я упомянул об одном опыте гальванического возбуждения, который тогда меня очень удивил, но который я теперь могу объяснить. Я имею в виду тот установленный там факт, что когда платиновая и железная проволоки соединялись гальванически с расплавленным нитратом или хлоридом серебра, то появлялся электрический ток, но в направлении, противоположном ожидаемому. Повторив опыт, я нашел, что, когда железо было соединено с платиной или серебром в расплавленном нитрате или хлориде серебра, иногда случалось, что тока нет, а когда он появлялся, он почти всегда был таков, как будто железо действовало как платина, а взятые для опыта серебро или платина — как цинк. Во всех таких

случаях, однако, существовал только термоэлектрический ток. Гальваноэлектрический ток или вовсе нельзя было получить, или он продолжался только один момент.

Когда железо в особом неактивном состоянии бралось в паре с серебром в азотной кислоте с удельным весом 1.35, появлялся электрический ток, и железо действовало, как платина; серебро постепенно тускнело, а ток длился некоторое время. Если я брал обычное железо и серебро в азотной кислоте, сразу возникали взаимодействие и ток, и железо действовало, как цинк, а серебро — как платина. Через несколько мгновений ток менял направление; менялось также отношение между металлами: железо начинало действовать, как платина, а серебро — как цинк; затем происходила новая инверсия, а затем еще одна; и такие перемены происходили иногда восемь или девять раз подряд, кончаясь обычно током постоянного направления, причем железо действовало, как цинк, а серебро — как платина; но иногда случалось и обратное, и преобладающий ток имел такое направление, как если бы серебро действовало как цинк.

Это взаимоотношение между железом и серебром, о котором я упоминал на стр. 336, имеет некоторые любопытные следствия в виде осаждения одного из этих металлов другим. Если кусок чистого железа положить в водный раствор нитрата серебра, то сразу никакого видимого изменения не происходит. Через несколько дней железо слегка изменяет цвет и появляются неправильные кристаллики серебра; но действие идет так медленно, что требуется время и осторожность, чтобы его заметить. Когда я взял раствор нитрата серебра, к которому было прибавлено немного азотной кислоты, никакого ощутимого и быстрого действия на железо тоже еще не происходило. Если сделать раствор очень кислым, тогда немедленно появляется быстрое действие на железо, которое покрывается пленкой осаждающегося серебра; затем действие внезапно останавливается, серебро сразу же вновь растворяется, а железо остается

совершенно чистым, в своем особом состоянии; оно неспособно причинять дальнейшее осаждение серебра из раствора. В этом опыте интересно наблюдать, как серебро быстро растворяется в растворе, который не действует на железо, и видеть, как железо в чистом металлическом состоянии неспособно осаждать серебро.

Железо и платина в водном растворе нитрата серебра не дают электрического тока; оба действуют, как платина. Если раствор слегка подкислить азотной кислотой, то на мгновение возникает очень слабый ток, причем железо действует, как цинк. Если прибавить еще кислоты, так чтобы железо начало осаждать серебро, то, пока это действие продолжается, идет сильный ток, но когда оно кончается, кончается и ток, и тогда снова растворяется серебро. При соединении в пару к железу платины, очевидно, сильно помогает прекращению действия.

Если брать железо в паре со ртутью, медью, свинцом, оловом, цинком и некоторыми другими металлами в водном растворе нитрата серебра, оно производит постоянный электрический ток, но всегда играет роль платины. Это особенно замечательно при опытах со ртутью и медью вследствие того резкого контраста, который они представляют по сравнению с явлениями, происходящими в разбавленной серной кислоте и в большинстве обычных растворов. Постоянство тока влечет за собой даже образование кристаллов серебра на железе как на отрицательном электроде. Вначале может показаться удивительным, что та сила, которая стремится восстанавливать серебро на железном отрицательном электроде, не переводит и железа обратно из его особого состояния, независимо от того, что оно собой представляет: окисление или нет. Но необходимо помнить, что сразу же после того, как частица серебра восстановится на железе, она не только будет стремиться сохранить железо в его особом состоянии, согласно с фактами, описанными выше, но и сама также будет действовать как отрицательный

электрод; и нет сомнения, что ток электричества, который продолжает циркулировать через раствор, проходит, по существу, между ним и серебром, а не между ним и железом, а последний металл является только проводником, поставленным между серебром и медными концами металлического устройства.

Я боюсь заслужить с вашей стороны упрек, что я занялся этим вопросом дольше, чем он того заслуживает; но я был чрезвычайно заинтересован исследованиями г. Шенбейна, и я не могу не думать, что особое состояние железа, на которое он обратил наше внимание (от чего бы это состояние ни зависело), поможет нам впоследствии более подробно изучить поверхностное действие металлов и электролитов, когда они соединены в гальванические пары, и, таким образом, даст нам правильные знания о природе двух родов действия, посредством которых частицы под влиянием одних и тех же сил могут производить явления или местного соединения, или движущегося средства.¹

Остаюсь, дорогой Филлипс, ваш верный
М. Фарадей.

Королевский институт.
16 июня 1836 г.

**ПИСЬМО г. ФАРАДЕЯ К г. БРЕЙЛИ О НЕКОТОРЫХ БОЛЕЕ
РАННИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСОБОГО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗА, ВНОВЬ НАБЛЮДЕННОГО
ПРОФЕССОРОМ ШЕНБЕЙНОМ (В ДОПОЛНЕНИЕ К ПИСЬМУ
К г. ФИЛЛИПСУ В ПОСЛЕДНЕМ НОМЕРЕ)²**

Королевский институт.
8 июля 1836 г.

Дорогой сэр, я являюсь вашим большим должником за то, что вы мне указали статью сэра Джона Ф. У. Гершеля

¹ «Экспериментальные исследования», восьмая серия, 947, 966.

² London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1836, IX, стр. 122.

о действии азотной кислоты на железо в *Annales de Chimie et de Physique*; я читал ее в свое время, когда она была опубликована, но она совершенно ускользнула из моей памяти, которая стала теперь очень плоха. Она делает половину моей статьи (дополнительной к письму профессора Шенбейна, в последнем номере *Philosophical Magazine*, стр. 57; или стр. 333 этого тома) излишней; и я сожалею, что никто не обратил на нее моего внимания во-время, чтобы я мог переделать мои замечания или, во всяком случае, добавить к ним упоминание о результатах сэра Джона Гершеля. Однако я надеюсь, что редакция *Philosophical Magazine* даст моему настоящему письму место в ближайшем номере; и, питая такую надежду, я включаю в это письмо несколько указаний на более ранние результаты по вопросу о необыкновенных свойствах железа, к которым г. Шенбейн вновь привлек внимание ученых.

«Бергманн рассказывает, что если прибавить железо к раствору серебра в азотистой кислоте, то осадка не выпадает».¹

Кейр, который исследовал это действие в 1790 г.,² произвел по этому вопросу много превосходных опытов. Он наблюдал, что железо приобретало особое, или измененное состояние в растворе серебра, что это состояние было только поверхностным, что после такого изменения оно становилось неактивно в азотной кислоте и что, когда обычное железо помещалось в крепкую азотную кислоту, не происходило никакого взаимодействия и металл приобретал измененное состояние.

Вестлар, результаты которого я знаю только из *Annales des Mines* за 1832 г.,³ нашел, что железо или сталь, погруженные в раствор нитрата серебра, теряли способность

¹ *Philosophical Transactions*, 1790, стр. 374.

² Там же, стр. 374 и 379.

³ *Annales des Mines*, 1832, II, стр. 322, или *Magazin de Pharmacie*, 1830.

осаждать медь из ее растворов; и он приписывает это явление тому, что погруженный участок принимает отрицательное состояние, а остальные участки — положительное состояние.

Браконно в 1833 г.¹ нашел, что опилки и даже пластинки из железа в крепкой азотной кислоте совершенно не подвергаются действию при комнатной температуре и совсем слабо — при температуре кипения.

Наблюдения сэра Джона Гершеля действительно впервые относят эти явления к электрическим силам, но наблюдения Вестлара, которые делают то же, были напечатаны раньше. Результаты, полученные первым, взятые из частного дневника, датированы августом 1825 г., но были впервые опубликованы в 1833 г.² Он описывает действие азотной кислоты на железо, измененное состояние, которое принимает металл, поверхностный характер этого изменения, действие контакта с другими металлами и переход при этом железа обратно в первоначальное состояние, способность платины помогать переходу в измененное, или искусственное состояние, поведение стали в азотной кислоте; он приписывает явление некоторому *постоянному электрическому состоянию поверхности металла*. Я рекомендовал бы перепечатать эту статью в *Philosophical Magazine*.

Профессор Даниэль в своей статье о гальванических парах³ (февраль 1836 г.) нашел, что, если соединить железо с платиной в батарее, заряженной азотно-серной кислотой, железо не действует как генерирующий металл и что, когда его затем соединили с цинком, оно действовало сильнее, чем даже платина. Он полагает, что явление можно объяснить на основе идеи о силе гетерогенного притяжения, существующего между телами, и склонен верить, что соединение с платиной очищает поверхность железа или, возможно,

¹ *Annales de Chimie et de Physique*, 1833, III, стр. 288.

² Там же, 1833, LIV, стр. 87.

³ *Philosophical Transactions*, 1836, стр. 114.

является причиной появления другой механической структуры, развивающейся в этом особом положении.

Поэтому в моем письме, как оно было напечатано в *Philosophical Magazine* в текущем месяце (июль), следовало бы вычеркнуть то, что относится к способности платины защищать железо, так как в этом меня опередил сэр Джон Гершель, а также многое из того, что относится к действию серебра и железа, так как это было раньше описано Кейром. Факты, относящиеся к золоту и к углероду в паре с железом, экспериментальные результаты относительно производимых электрических токов, рассуждения относительно химических источников электричества в гальванической батарее, мое мнение, что причина явления заключается в отношении между поверхностными частицами железа и кислородом, — вот что остается как новое дополнение к нашим знаниям о том прекрасном и важном примере гальванических отношений, какой представляет металл железо.

Остаюсь, дорогой сэр, искренне ваш

М. Фарадей.

Е. В. Брейли, эсквайру,
Лондонский институт.

ПИСЬМО ПРОФЕССОРУ ФАРАДЕЮ О НЕКОТОРЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВЗГЛЯДАХ

*От Р. Гейра, доктора медицины, профессора химии
пенсильванского университета¹*

Дорогой сэр,

1. Я весьма признателен вам за любезную присылку нескольких брошюр, содержащих ваши исследования по электричеству; я прочел их с величайшим интересом.

¹ Из *Silliman's American Journal of Science and Arts*, XXVIII, № 1; или *Philosophical Magazine*, 1840, XVII, стр. 44. [Мы взяли на себя смелость пронумеровать параграфы письма д-ра Гейра. — *Ред.*]

2. Вы, конечно, прекрасно знаете о том высоком уважении, которым вы пользуетесь среди ученых, а потому не можете сомневаться в том, что я только с робостью выдвигаю мнения, несогласные с вашими. Я могу сказать про вас, как ранее о Берцелиусе, что вы занимаете высоту, недоступную для несправедливой критики. При таких условиях я могу только надеяться встретить с вашей стороны ту же искренность и доброту, которые оказал мне великий шведский химик в ответ на мою критику его номенклатуры.

3. Я никак не могу примирить выражения, которых вы придерживаетесь в параграфе 1616, с тем основным положением, которое вы занимаете в 1165-м. Согласно последнему, вы считаете, что обычная индукция представляет собой действие *смежных* частиц, заключающееся в некоторого рода полярности, а не является действием частиц или масс на *значительные расстояния*. Согласно же первому, вы представляете себе, что «...если допустить, что на пути линий индуктивного действия (1304) появится совершенная пустота, то из моей теории отнюдь не следует, чтобы частицы по обе стороны от такой пустоты не могли действовать друг на друга». И далее: «Положим, что положительно наэлектризованная частица может находиться в центре пустого пространства диаметром в один дюйм, тогда при настоящих моих взглядах ничто не противоречит тому, что эта частица в пределах половины дюйма будет действовать на все частицы, образующие внутреннюю поверхность ограничивающей сферы...».

4. Я кладу эти две цитаты перед вами, чтобы вы могли их видеть, а затем прошу позволения спросить вас, каким образом положительно заряженная частица, расположенная, как описано выше, может взаимодействовать «индуктивно» с какими-либо частицами на поверхности окружающей сферы, если этот вид взаимодействия требует, чтобы частицы, между которыми оно происходит, были смежны? Далее, если индукция не является «действием частиц или масс на *значитель-*

ные расстояния», то как может частица, расположенная, как описано выше, «действовать в пределах половины дюйма на все частицы, образующие внутреннюю поверхность ограничивающей сферы?». Что такое «значительное» расстояние, если полдюйма не является таковым?

5. Как может сила, действующая таким образом, подчиняться «общеизвестному закону квадрата расстояния», если, как вы установили (1375), разрежение воздуха не изменяет интенсивности индуктивного действия? Не становятся ли частицы воздуха более удаленными друг от друга пропорционально с разрежением?

6. Можно ли рассматривать весомые частицы газа как смежные в истинном смысле этого слова при любых обстоятельствах? И, может быть, тут уместно сделать следующее замечание: если допустить, что индукция возникает вследствие действия промежуточных весомых атомов, то трудно будет представить себе, что интенсивность этого действия будет обратно пропорциональна их числу, как предполагаете вы. При передаче тепла такого закона не существует. Воздух, соприкасающийся с поверхностью, находящейся при постоянной и повышенной температуре, например при такой, которую может поддерживать кипящая вода, не может стать более действенным в проведении тепла от нагретой поверхности к более холодной, находящейся по ее соседству.

7. Как только я начал изучение ваших исследований по этому вопросу, мне пришло в голову, что прохождение электричества через пустоту или очень сильно разреженную среду, как это видно из разнообразных опытов, а в особенности из опытов Дэви, не согласуется с мыслью о том, что весомая материя является необходимым участником в процессе электрической индукции. Отсюда я вывел заключение, что вы должны направить свои первые усилия на пересмотр этого вопроса.

8. Если индукция, действуя через пустоту, распространяется по прямым линиям, то нельзя ли приписать криво-

линейное направление, которое она принимает при прохождении через «диэлектрики», тому изменяющему влиянию, которое они оказывают?

9. Если, как вы допускаете, наэлектризованные частицы на противоположных сторонах пустоты могут действовать друг на друга, почему же встречает возражения общепринятая теория, по которой возбужденная поверхность лейденской банки индуцирует на противоположной поверхности противоположное состояние?

10. Так как предложенная вами теория придает большое значение идее о полярности, то я сожалею, что вы не определили того значения, которое вы связываете с этим словом. Так как вы обозначаете то, о чем рассказываете, как «вид полярности», то можно предположить, что вы допускаете несколько видов полярности, которыми могут быть наделены весомые атомы. Мне кажется, что трудно вообразить себе такой вид, который был бы способен проявляться в столь разнообразной степени напряжения, как того требуют известные нам электрические явления, в особенности если согласиться с вашим мнением, что единственным различием между той жидкостью, которая выделяется гальваническим прибором, и той, которая выделяется трением, являются противоположные крайности с точки зрения количества и напряжения; напряжение электрического возбуждения, производимого одним, оказывается почти в бесконечное число раз больше, чем напряжение, которое можно произвести другим. Какое состояние полюсов может составлять количество, какое другое состояние — напряжение, если одно и то же вещество способно на оба электричества, как это хорошо известно? Не стоит ли подвергнуть рассмотрению вопрос: каким образом можно создать какую-нибудь большую разность напряжения в индуктивной силе так, чтобы это было согласуемо с какой угодно представимой поляризацией и притом без помощи некоторой невесомой материи.

11. Если путем трения поверхность поляризуется так, что частицы ее приводятся в напряженное состояние, из которого они стремятся вернуться в свое естественное состояние, если им ничего не придается, то приходится предположить, что они обладают полюсами, способными существовать в двух различных положениях. В одном из этих положений разноименные полюса совпадают и нейтрализуются; при другом положении они, наоборот, более удалены друг от друга и вследствие этого могут действовать на другую материю.

12. Но я не в состоянии вообразить себе какое-либо изменение, которое может допускать градацию напряжения, *возрастающую* с удалением. Я не могу себе представить какую-либо реакцию, которой не уменьшит увеличение расстояния. Тем менее могу я постичь, каким образом можно создать такие крайности в напряжении, как те, существование которых вы считаете доказанным. Можно предположить, что изменение полярности, производимое в частицах электрической индукции, возникает из-за вынужденного сближения взаимно-отталкивающихся полюсов, так что напряжение индуктивной силы и их усилия вернуться к своему прежнему расположению могут допускать градации, которых требует ваша электрическая теория. Но можно ли существование такой отталкивательной силы привести в согласие с взаимным сцеплением, которое, повидимому, является почти универсальным свойством весомых частиц? Я знаю, что согласно остроумной гипотезе Моссотти¹ отталкивание является неотъемлемым свойством тех частиц, которые мы называем весомыми; но ведь он для объяснения сцепления предполагает существование весомой жидкости, и необходимость такой жидкости для объяснения индукции я безусловно поддерживаю. Я бы сказал, что приписывать явление электричества поляризации весомых частиц целесообразно только в том случае, если удастся показать, что это допущение

[¹ См. Scientific Memoirs, I, стр. 448. *Ред.*].

дает возможность объяснить все известные нам разновидности электрического возбуждения в отношении как его природы, так и его энергии.

13. Если я верно понимаю вашу теорию, то противоположное электрическое состояние, индуцируемое на одной стороне стекла с обкладками, если другая непосредственно наэлектризована, происходит вследствие участия промежуточных частиц стекла, через посредство которых известно полярное состояние, возбужденное на одной стороне стекла, индуцирует противоположное состояние на другой стороне. У каждой частицы стекла полюсы находятся порознь в противоположных состояниях и расположены по линии, как намагниченные железные опилки, так что противоположные друг другу полюсы расположены таким образом, что все полюсы одного рода выставляются на одной поверхности, а все полюсы другого рода — на другой поверхности. В соответствии с этим или любым другим допустимым взглядом на этот предмет я принужден считать неизбежным, чтобы каждая частица имела по крайней мере два полюса. Мне кажется, что идея полярности требует, чтобы в каждом теле, обладающем ею, было два противоположных полюса. Поэтому вы правильно утверждаете, что согласно вашим взглядам невозможно зарядить часть материи одной электрической силой без другой (см. п. 1177). Но если все это верно, как может существовать «положительно возбужденная частица»? (см. п. 1616). Не должна ли каждая частица быть возбужденной и отрицательно, если она возбуждена положительно? Не должна ли она иметь отрицательный полюс в той же мере, как и положительный?

14. Я не могу согласиться с вашей идеей, что может вообще изолированно существовать положительное или отрицательное состояние, раз по теории явление электричества объясняется одной жидкостью. Согласно этой теории, любая возбужденная область, — все равно, отрицательная или положительная, — должна иметь соседнюю область

соответственно в другом состоянии. Между явлениями положительного или отрицательного возбуждения не будет другого отличия, как то, которое происходит от направления, в котором жидкость будет стремиться двигаться. Если возбужденная область будет положительной, она должна стремиться течь наружу; если она отрицательна, она будет стремиться течь внутрь. При достаточной интенсивности направление будет указываться тем, в какую сторону искра, проходящая с малого шара к большому, будет длиннее. Когда маленький шар положителен, а большой отрицателен, она всегда длиннее, чем при обратном положении.¹

15. Но для любого тока не менее необходимо, чтобы давление на одной стороне было сравнительно отрицательно, а на другой — сравнительно положительно; и такое состояние сил должно существовать независимо от того, что является причиной тока: пустота спереди или давление сзади. Один ток не может существенно отличаться от другого, какого бы они ни были происхождения.

16. В параграфе 1330 я был поражен следующим вопросом: «Что же в таком случае отделяет друг от друга сущность этих двух крайностей — совершенной проводимости и совершенной изоляции? Ведь если мы хоть в малейшей степени допустим совершенство на одном из концов, то получается элемент этого совершенства на другом...». Нельзя ли задать этот вопрос с таким же основанием в случае движения и покоя — крайностей, между которыми существуют бесконечные градации? Если нам нельзя смешивать движение и покой, потому что, соответственно замедлению первого, оно все меньше отличается от последнего, почему же будем мы смешивать изоляцию с проводимостью; ведь пропорционально тому, как одна из них становится

¹ См. мой «Очерк о причине различия длины искр, ошибочно именуемых положительными и отрицательными» в т. V *American Philosophical Transactions*.

менее действенной, она оказывается менее удаленной от другой?

17. Разве нельзя в каждом случае смешения противоположных качеств сказать, пользуясь вашими выражениями: «если мы хоть в малейшей степени допустим элемент совершенства на одном из концов, то получаем элемент этого совершенства на другом»? Нельзя ли сказать это и о свете и темноте или о непрозрачности и прозрачности? В таком случае, обращаясь опять к вашим выражениям, можно добавить: «тем более, что в природе мы не имеем совершенства ни на том, ни на другом конце...». Но пусть в природе нет каких-либо двух таких тел, чтобы одно обладало свойством совершенно сопротивляться прохождению электричества, а другое было наделено способностью допускать его прохождение без всякого сопротивления; разве это сделает неуместным абстрактное рассмотрение изоляции и проводимости как совершенно отличных качеств и помешает нам признавать, что если материя наделена одним свойством, у нее нехватает другого?

18. Слышали ли вы когда-нибудь, чтобы электричество проходило через цельную стеклянную пластину? — Мои знания и опыт создают мне впечатление, что пластина с обкладками разряжается через самое стекло только в тех случаях, если оно треснуло или пробито. Что одно свойство, благодаря которому стекло сопротивляется прохождению электричества, возможно смешать с другим свойством, дающим возможность металлической проволоке разрешать его прохождение, согласно опытам Уитстона, со скоростью большей, чем скорость солнечных лучей, мне представляется непостижимым.

19. Вы предполагаете, что остаточный заряд батареек возникает оттого, что часть противоположных возбуждений проникает через стекло; но если стекло проницаемо для электричества, почему же последнее не проходит через него при отсутствии трещин или отверстий?

20. Согласно вашей теории, индукция состоит в некотором вынужденном поляризованном состоянии в смежных рядах частиц стекла (1300); а так как она распространяется с одной стороны на другую, то она должна, конечно, одинаково существовать и на всех глубинах. Однако происходящее частью проникновение, принимаемое вами, предполагает и наличие рядом действия того же рода, существующего только до ограниченной глубины. Последовательно ли это? Не разумнее ли предположить, что воздух вблизи обкладки постепенно уступает ей часть свободного электричества, передаваемого ему посредством того, что вы называете «конвекцией». Так как обкладка находится в соприкосновении одинаково с воздухом и со стеклом, мне кажется, легче представить себе, что возбуждение проникает через воздух, а не через стекло.

21. В параграфе 1300 я нахожу следующее утверждение: *«Когда лейденская банка заряжается, то электричество заряжающего прибора вызывает в частицах стекла это поляризованное и вынужденное состояние. Разряд представляет собой возвращение этих частиц из состояния напряжения в их естественное состояние всякий раз, когда двум электрическим силам предоставляется возможность направиться в некотором другом направлении»*. Так как вы раньше не упоминали о каком-либо особом направлении, в котором действуют силы во время преобладания этого вынужденного состояния, то я нахожусь в затруднении относительно того, какое значение я должен приписать словам «в некотором другом направлении»? Слово *некотором* приводит к мысли о том, что относительно направления, в котором силы могли располагаться, имелась какая-то неопределенность, в то время как мне представляется, что единственным направлением, в котором они могут действовать, должно быть направление, противоположное тому, которым они были индуцированы.

22. Чтобы «возвращаться к своему естественному состоянию», наэлектризованные частицы могут проходить только тот путь, по которому они вышли из него. Я бы предложил слова *«направиться в некотором другом направлении»* лучше заменить следующими: *«компенсировать друг друга посредством соответственного сообщения»*.

23. Если принять то объяснение явления в электриках с обкладками, которое дано в вышеуказанном параграфе (1300), то как можно себе представить тот процесс, посредством которого противоположная поляризация поверхностей будет нейтрализоваться проводимостью через металлический провод? Если я правильно понимаю вашу гипотезу, то процесс, посредством которого поляризация одной из поверхностей стекла пластины производит противоположную поляризацию в другой, является точно таким же, как тот, в котором электричество, приложенное к одному концу провода, распространяется к другому концу.

24. Я не могу представить себе, как два процесса, порознь производящие результаты, столь диаметрально противоположные, как изоляция и проводимость, могут быть одинаковыми. Посредством первого может непрерывно поддерживаться нарушение электрического равновесия, в то время как посредством другого всякое нарушение нейтрализуется почти с бесконечной быстротой. Но если противоположные заряды зависят от индуцированной в смежных атомах стекла полярности, которая длится все время, пока нет сообщения между поверхностями, то какой можно измыслить процесс, посредством которого совершенный проводник может вызвать прохождение разряда со скоростью, по крайней мере столь же большой, как скорость солнечного света? Можно ли вообразить, что все линии «противоиндукции» или деполяризации от каждой поверхности могут сконцентрироваться на проводе так, чтобы произвести там напряженность поляризации, пропорциональную концентрации, и что противоположные силы, происходящие от поляризации, таким обра-

зом оказываются взаимно скомпенсированными? Я должен сознаться, что такую концентрацию таких сил или состояний мне трудно примирить со взглядом о том, что все это должно быть приписано действию рядов *смежных весомых частиц*.

25. Не требует ли ваша гипотеза, чтобы металлические частицы на противоположных концах провода подвергались в первый момент такой же поляризации, как и возбужденные частицы стекла, и чтобы противоположные поляризации, переданные в какую-то промежуточную точку, взаимно уничтожали друг друга? Но если разряд приводит стеклянные частицы к возврату в прежнее состояние, то то же должно быть справедливо и для частиц металлического провода. Куда же они рассеиваются при достаточно мощном разряде? Их рассеяние должно происходить либо в то время, пока они поляризуются, либо когда они совершают обратный переход к своему естественному положению. Но если это случится, когда они находятся в первом из упомянутых состояний, то проводник должен быть разрушен, прежде чем противоположная поляризация на поверхности может быть нейтрализована его вмешательством. А если они не рассеются во время акта их поляризации, будет ли разумно предположить, что металлические частицы могут распадаться при возвращении в свое *естественное состояние* поляризации?

26. Предположим, что обычную электрическую индукцию можно будет удовлетворительно объяснить реакцией весомых частиц, но невозможно, как мне кажется, и пытаться свести к такому же роду реакции магнитную и электромагнитную индукцию. Приходится допустить, что Фарадеевы токи не требуют для своего произведения промежуточных весомых атомов.

27. Из заметки, приложенной в конце стр. 37 вашей брошюры,¹ следует, что «вы не намереваетесь решать вопрос о существовании одной или более невесомых жидкостей

¹ Подстрочное примечание к параграфу 1298 в т. I.

как причины электрических явлений». Я буду очень рад, если хоть одно из возражений, которые я так смело выставил, поможет повлиять на ваше окончательное решение.

28. Мне кажется, что существует чрезмерная склонность нагружать материю, обычно рассматриваемую как таковая, обязанностями, значительно превышающими те, которые она может выполнять. Правда, мы имеем прямое знакомство только со свойствами материи, а существование материи покоится на теоретическом заключении о том, что раз мы наблюдаем свойства, то, значит, должны быть материальные частицы, которым эти свойства принадлежат, однако не существует убеждения, которого огромное большинство человечества придерживалось бы с большей уверенностью, чем убеждения в существовании материи в этой весомой ее форме, в которой она инстинктивно признается здравомыслящими людьми. Мы не замечаем того, что это убеждение может рассматриваться только как теоретический вывод из наших восприятий свойств; мы неохотно допускаем существование другой материи, которая не имеет в свою пользу такой же инстинктивной концепции, хотя теоретически подобные рассуждения приложимы. Но если существование одного рода материи допускается, потому что мы воспринимаем свойства, наличие которых невозможно объяснить иным образом, не будем ли мы вправе предположить существование другого рода материи, если мы замечаем больше свойств, чем можно разумно приписать одному роду материи?

29. Независимо от тех соображений, которые уже раньше привели некоторых ученых к предположению о том, что мы окружены океаном электрической материи, которая при ее избытке или недостатке способна производить явления механического электричества, мне казалось непонятным, как явления гальванизма и электромагнетизма, недавно вошедшие в поле зрения, можно удовлетворительно объяснить без предположения о действии промежуточной невесомой среды, через посредство которой распространяется индуктивное

влияние токов или магнитов. Представим себе, что в этой удивительной взаимной реакции между массами и частицами, о которой я упоминал, поляризацию сгущенных или накопившихся частей промежуточной невесомой материи можно будет ввести как звено для связи этой цепи причин, которая без этого остается неполной; тогда она, как мне кажется, будет являться чрезвычайно важным орудием для поднятия завесы, которая в настоящее время скрывает от нашего умственного взора этот столь важный механизм природы.

30. Вы изобрели так много остроумных опытов, направленных к тому, чтобы показать, что общепринятое представление об электрической индукции неспособно объяснить явление без предположения об изменяющем влиянии в промежуточной весоной материи; но если теперь найдутся факты, в которых результаты невозможно будет удовлетворительно объяснить, приписывая их весоным частицам, то, я надеюсь, вы увидите в этом повод пересмотреть все основания для того, чтобы определить, не окажется ли та роль, которую вы отводите смежным весоным частицам, второстепенной по сравнению с той, которую выполняют невесомые начала, их окружающие.

31. Но если гальванические явления объясняются весоной (*невесомой?*) материей, то очевидно, что эта материя должна быть в состоянии соединения. Иначе какой другой причине, как не сильному сродству между нею и металлическими частицами, с которыми она соединена, могло бы быть приписано ее сосредоточение, если иметь в виду ваш приблизительный подсчет тех огромных количеств, которые существуют в металлах? Если «гран воды или гран цинка содержат столько электрической жидкости, что она может дать восемьсот тысяч зарядов от батареи, обкладки которой имеют поверхность в полторы тысячи квадратных дюймов», как сильно должно быть притяжение, удерживающее эту материю! В таких случаях нельзя ли рассматривать материальную причину электричества как скрытую, согласно предложению

Эрстеда, основателя электромагнетизма? Она находится в соединении с материей и способна производить соответствующие явления гальванических токов только тогда, когда переходит от соединения с одним атомом к другому; а этот переход является одновременно и действием и причиной химического разложения, как вы показали.

32. Если можно себе представить, что поляризация в любой форме допускает необходимую градацию интенсивности, которой явление, повидимому, требует, то не будет ли разумно предположить, что она действует посредством весомой жидкости, существующей во всем пространстве, хотя бы и лишенном другой материи? Не может ли так называемый электрический ток заключаться в распространяющейся поляризации рядов электрических частиц, причем полярность производится на одном конце и немедленно разрушается на другом, как, насколько я понимаю, вы представляете дело в случае смежных весомых атомов?

33. Когда электрические частицы в различных проволоках поляризуются по одинаковым касательным направлениям и противоположные полюсы сближаются, получается притяжение; когда токи поляризации двигаются в противоположных направлениях и одинаковые полюсы совпадают, то будет происходить отталкивание. Явление требует, чтобы намагниченные или поляризованные частицы располагались по касательной к окружности, а не как радиусы к оси. Кроме того движение вперед должно распространяться по спиральным линиям, чтобы объяснить вращательное влияние.

34. Между проводом, который является посредником в гальваническом разряде, и другим, не составляющим части цепи, промежуточная электрическая материя, претерпевающая поляризацию, принимает роль среды, производящей распространяющуюся вперед поляризацию во втором проводе; она движется в направлении, противоположном направлению в индуцирующем проводе; или, другими словами, может образоваться электрический ток типа Фарадеева.

35. Путем распространяющейся поляризации в проводе не может ли быть создана стационарная поляризация, или магнетизм; и, обратно, посредством магнитной полярности нельзя ли возбудить распространение поляризации?

36. Выше указано такое затруднение: невозможно как бы то ни было поляризацией объяснить все разнообразие электрического возбуждения, всех фактов, требующих своего объяснения; не может ли это затруднение быть преодолено, если мы примем, что напряжение происходит вследствие накопления свободных электрических поляризованных частиц, а количество — от еще большего накопления таких частиц, поляризованных в скрытом состоянии или в химическом соединении?

37. Повидимому, имеется много указаний в пользу представления, что электрическое возбуждение обязано своим происхождением внутренней полярности, но когда я хотел ближе определить состояние, которое так обозначаю, или объяснить с его помощью все разнообразие электрических зарядов, токов и действий, я всегда ощущал несостоятельность каждой гипотезы, которую я мог себе вообразить. Как можем мы объяснить нечувствительность электроскопа с золотыми листками к гальванизированной проволоке или безразличие магнитной стрелки к чрезвычайно сильно наэлектризованной поверхности?

38. Возможно, что гипотезу Франклина можно было бы соединить с предложенной выше, так что электрический ток, может быть, состоит из невесомой жидкости в состоянии поляризации, а два рода электричества являлись бы следствием положения полюсов или их направления. Положительное электричество, может быть, есть результат скопления электрических частиц с одним направлением подюса; а отрицательное — результат такого же скопления этой же материи с поворотом (в данную сторону) другого полюса, индуцирующего, конечно, противоположную полярность. Плотность электрической материи внутри весомой материи может изме-

няться, повинуюсь свойству, аналогичному тому, которое определяет теплостойкость, а различное влияние диэлектриков на процесс электрической индукции может происходить из этого источника изменений.

С совершенным уважением остаюсь ваш

Роберт Гейр.

ОТВЕТ НА ПИСЬМО д-ра ГЕЙРА О НЕКОТОРЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ
ВЗГЛЯДАХ

Дорогой сэр,

I. Ваши любезные замечания заставили меня очень внимательно пересмотреть общие принципы того воззрения на *статическую индукцию*, которое я отважился выдвинуть; при этом я, как вполне естественно, сильно опасался, что оно не получит вашего признания и, значит, окажется неверным, ибо не будет просто лестью, если я скажу вам, что испытываю большое уважение к вашим суждениям. Но так как пересмотр их не создал у меня впечатления, что они расходятся друг с другом или с фактами, то я пришел к выводу, что, очевидно, я недостаточно хорошо выразил свои мысли; я надеюсь, что когда они будут высказаны более ясно, они получат ваше одобрение. Я сознаю, что во многие слова в языке электрической науки вложено большое значение, но их толкование различными учеными часто в той или иной мере различно, так что представления, которые они сообщают уму отдельных людей, не вполне точно совпадают. И часто оказывается трудно, когда эти слова напрашиваются к употреблению, выразить кратко как раз столько и не больше того, что вы действительно хотите сказать.

II. Моя теория индукции (как она высказана в сериях XI, XII и XIII) не содержит никаких утверждений о природе

электричества, да и вообще теоретических вопросов по этому предмету (1667). Она не занимается даже вопросом о происхождении развившегося или возбужденного состояния силы или сил; она берет его так, как оно дается опытом и наблюдением, она ограничивается только расположением силы при ее сообщении на расстоянии в том особом и, однако, очень общем явлении, которое называется *статической индукцией* (1668). Она не решает вопроса ни о природе, ни о величине силы, а только об ее распределении.

III. Тела — как проводники, так и непроводники — могут быть *заряжены*. Слово *заряд* двусмысленно: иногда оно означает то состояние, которое приобретает стеклянная трубка, если ее натереть шелком, или то, которое главный кондуктор машины приобретает, когда она действует; в другой раз оно означает состояние лейденской банки или подобного ей индуктивного устройства, когда говорят, что оно заряжено. В первом случае это слово означает только особое состояние наэлектризованной массы материи, рассматриваемое само по себе, и, повидимому, не включает идею индукции; а во втором оно означает всю совокупность отношений двух масс, заряженных противоположным образом и весьма тесно связанных индуктивным действием.

IV. Пусть три изолированные металлические сферы A , B и C помещены на прямой и не соприкасаются; пусть A наэлектризовано положительно, а затем C отведено к земле; кроме общего действия всей системы на всю окружающую материю будет иметь место индуктивное действие между тремя шарами, которое можно рассматривать отдельно как типичную иллюстрацию всей моей теории; A будет заряжено положительно, B приобретет отрицательное состояние на поверхности, наиболее к нему близкой, а C будет заряжено отрицательно.

V. Шар B будет находиться в состоянии, которое часто называется поляризованным, т. е. противоположные стороны будут проявлять противоположные электрические состояния,

а две суммы этих противоположных состояний будут точно равны друг другу. A и C не будут в этом поляризованном состоянии, ибо они оба будут, как говорится, заряжены (III): один — положительно, другой — отрицательно, и не будут обнаруживать никакой полярности, поскольку мы говорим только о нашем частном случае индукции (IV).

VI. То, что один участок A более положителен, чем другой участок, не делает его полярным в том смысле, в котором мы только что пользовались этим словом. Мы рассматриваем частный случай индукции и отбросим из нашего поля зрения состояние тех участков, которые не находятся под индуктивным действием. Если же все-таки возникает некоторое затруднение из того факта, что A заряжено не всюду равномерно, то тогда мы просто окружим его со всех сторон шарами, такими же, как B и C , так что его состояние станет одинаковым во всех участках его поверхности (из-за однородности его индуктивного влияния по всем направлениям), и тогда эта трудность будет устранена. Итак A заряжено, но не полярно; B принимает полярное состояние; C заряжено индуктивно (1483), так как под первичным влиянием A оно перешло в противоположное, или отрицательное электрическое состояние, через посредство промежуточного и поляризованного шара B .

VII. Простой заряд поэтому не сообщает полярности заряженному телу. Индуктивный заряд, прилагая этот термин к шару B и ко всем телам в подобных состояниях (V), сообщает полярность (1672). Слово «заряд» в применении к лейденской банке или ко *всему* индуктивному устройству, если включить в него *все* действия, включает, конечно, оба эти состояния.

VIII. Чтобы дать моей теории другое выражение, возьму следующий пример. Возьмем сделанный из тонкого листа металлический шар C диаметром в один фут; пусть в его центре находится другой металлический шар A диаметром всего в один дюйм. Предположим, что центральный шар A

заряжен электричеством положительно до величины, скажем, 100; он будет действовать благодаря индукции через воздух, шеллак или другие изоляторы, находящиеся между ним и большим шаром *C*; внутренняя поверхность последнего будет отрицательна, наружная — положительна, а сумма положительной силы по всей внешней поверхности будет 100. Шар *C* фактически будет поляризован (*V*), если иметь в виду его внутреннюю и внешнюю поверхности.

IX. Представим себе теперь, что вместо одного воздуха или другого изолирующего диэлектрика внутри *C*, между ним и *A*, имеется тонкий металлический концентрический шар *B* шести дюймов в диаметре. Это не произведет разницы в окончательном результате, ибо заряженный шар *A* сделает внутреннюю и наружную поверхность этого шара *B* отрицательной и положительной, а она в свою очередь сделает отрицательной и положительной внутреннюю и наружную поверхности большого шара *C*; сумма положительных сил на внешней поверхности *C* будет опять 100.

X. Вместо одной промежуточной сферы вообразим себе их 100 или 1000, концентрических друг другу и разделенных изолирующим веществом; у нас снова получится тот же конечный результат. Центральный шар будет действовать индуктивно; влияние, исходящее от него, будет передаваться от шара к шару, и положительная сила, равная 100, появится на наружной поверхности внешнего шара.

XI. Далее вообразим себе, что все эти шары подразделяются на мириады частиц, где каждая надежно изолирована от соседних (1679); получится опять тот же окончательный результат: индуцирующее тело *A* будет поляризовать все эти частицы и, передавая свое влияние через них в их вновь принятых состояниях, будет проявлять точно то же количество действия на внешнем шаре *C*, как и раньше, и на его наружной поверхности появится положительный заряд, равный 100.

ХII. Такое состояние пространства между индуцирующей и индуцированной поверхностями представляет то, что, по моему мнению, является состоянием изолирующего диэлектрика под индуктивным влиянием; частицы диэлектрика по теории принимаются каждая в отдельности проводником, но не проводят от одной к другой (1669).

ХIII. Когда я утверждаю, что 100 единиц положительной силы появится на наружной поверхности внешней сферы при всех этих изменениях, я говорю — так мне кажется — не больше того, что допускает всякий электрик. Если бы это было не так, тогда положительное и отрицательное электричество могли бы существовать сами по себе и без отношения друг к другу (1169, 1177) или могли бы существовать в количествах, не эквивалентных друг другу. Имеется огромное количество опытов как старых, так и новых, которые доказывают справедливость этого принципа, и мне нет надобности здесь вдаваться в это дальше.

ХIV. Предположим, что через центр этой сферической системы проходит плоскость, и вообразим, что пространство между центральным шаром *A* и внешней сферой *C*, которое прежде было заполнено однородно распределенными одинаковыми металлическими частицами, теперь содержит в одной половине в три раза больше частиц по сравнению с их числом в другой половине, а изоляция отдельных частиц друг от друга сохраняется; тогда через ту половину пространства, где находится больше металлических частиц, к внутренней поверхности сферы *C* будет выведено от *A* наружу больше индуктивного влияния, чем через другую половину; но внешняя поверхность наружной сферы *C* будет попрежнему однородно заряжена положительным электричеством, количество которого и теперь будет 100, как и раньше.

ХV. Две части пространства такого строения, какое было только что предположено (ХIV), будут действовать так, как будто они обладают двумя различными *удельными индуктивными способностями* (1296); но я ни в коем случае не

хочу этим сказать, что *удельная индуктивная способность* зависит во всех случаях от числа проводящих частиц, из которых образован диэлектрик, или от их взаимного расстояния. Полное разъяснение причины видимого различия индуктивной способности различных тел является задачей, еще ожидающей своего решения.

XVI. В своих статьях я высказываю мнение, что всякая индукция зависит от действия смежных частиц, т. е. я принимаю, что изолирующие тела состоят из частиц, которые, каждая в отдельности, являются проводниками (1669), но не проводят одна к другой, если только напряжение действия, которому они подвергнуты, находится ниже известной величины (1326, 1674, 1675), и что если индуцирующее тело действует на проводники на расстоянии, то оно производит это путем поляризации (1298, 1670) всех тех частиц, которые находятся в участке диэлектрика между ним и ими. Я употребил термин «смежные» (1064, 1673) и надеюсь, что достаточно ясно выразил тот смысл, который я ему приписываю: прежде всего — в параграфе 1615 «как смежная рассматривается частица, расположенная ближе всех других»; затем — в примечании к параграфу 1665 словами: «Под смежными частицами я понимаю те, которые являются ближайшими друг к другу, а не те, между которыми нет пустого пространства», и далее, в примечании к параграфу 1164 в издании моих «Исследований» in 8°, которое состоит в следующем: «Слово *смежный*, пожалуй, является не самым лучшим из тех, которые были бы пригодны здесь и в других местах, ибо оно не совсем точно, поскольку частицы не касаются друг друга. Я вынужден был употребить его, так как оно является общепринятым и давало мне возможность ясно и легко изложить теорию. Под смежными частицами я понимаю те, которые являются ближайшими».

XVII. Наконец, моим основанием для принятия молекулярной теории индукции были явления электролитического разряда (1164, 1343), индукции по кривым линиям (1166,

1215), удельной индуктивной способности (1167, 1252), проникающего и возвратного действия (1245), различия проводимости и изоляции (1320), полярных сил (1665), и т. д. и т. д., но по вопросу об этих основаниях и о той силе и значении, которыми они обладают, я отсылаю к самим статьям.

XVIII. Теперь обращусь к тем частям ваших критических замечаний, которые могут потребовать внимания. Человек, который выдвигает то, что он принимает за новые истины, который развивает принципы, претендующие на большее согласие с законами природы, чем те, которые уже имеют хождение, может быть обвинен, во-первых, в противоречии с самим собой, затем в противоречии с фактами; или он может неясно выражаться и вызывать таким образом справедливое недоумение; или он может оказаться несогласным с мнениями других. Пункты первый и второй очень важны, и всякий, кто подвергается таким обвинениям, должен горячо желать быть о них осведомленным, а затем либо оправдаться, либо признать их. Третий тоже является ошибкой, которую надо по возможности устранить; четвертый является делом маловажным по сравнению с тремя остальными, ибо всякий человек, который имеет смелость, если не сказать безрассудство, составить себе собственное мнение, предпочитает последнее всем остальным, с которыми оно расходится, а потому лишь более глубокие исследования и чаще всего позднейшие исследователи могут определить, которое из них является правильным.

XIX. Я боюсь, что мне будет трудно сослаться на ваше письмо. Я буду, однако, считать параграфы по порядку с начала каждой страницы, принимая за первый тот, *начало* которого находится первым на странице.¹ Ссылаясь на мой собственный материал, я буду проставлять обычные цифры

[¹ Мы изменим ссылки профессора Фарадея и будем указывать те номера, которые мы сами поставили в письме д-ра Гейра; наши ссылки будут иметь такой вид: параграф 23 и сл. — *Редакция Philosophical Magazine*].

параграфов моих «Экспериментальных исследований» и римские цифры для параграфов настоящего сообщения.

XX. В параграфе 3 вы говорите, что не можете примирить мои выражения в 1615 с выражениями в 1165. В последнем я говорю, что по моему представлению *обычная индукция* во всех случаях является действием *смежных* частиц, а в первом, взяв очень гипотетический случай, а именно пустоту, я утверждаю, что ничто в моей теории не запрещает, чтобы заряженная частица в центре пустоты действовала на ближайшую к ней частицу, хотя бы эта последняя находилась на расстоянии половины дюйма от нее. При том значении слова «смежный», которое я осторожно ему придаю (XVI), я не вижу здесь никакого противоречия в примененных терминах, а равно никакой невозможности или невероятности такого действия. Тем не менее всякая *обычная* индукция является, по моему, действием смежных частиц — частиц, находящихся на неощутимых расстояниях; индукция через пустоту — вовсе не обычный случай; и все же я не понимаю, почему он не может подпасть под тот же принцип действия.

XXI. В качестве иллюстрации моих представлений я могу указать пример, представляющий собой параллель с моим, а именно то крайнее различие в расстоянии, которое имеется между действующими частицами или телами в новейших теориях излучения и теплопроводности. При излучении лучи покидают нагретые частицы и проходят иногда огромные расстояния до следующей частицы, способной принять их; в теплопроводности тепло переходит от более горячих частиц к смежным с ними, образуя вместе часть общей массы, и все же принимается, что процесс перехода — в точности тот же самый, как и при излучении; и хотя действия, как известно, оказываются чрезвычайно различными по своему виду, пока что нельзя доказать, что принцип передачи в этих двух явлениях неодинаков.

XXII. Таким образом я не нахожу, чтобы в этом пункте,

касающемся смежных частиц и индукции через полдвойма вакуума, я находился в противоречии с самим собой или с каким-либо естественным законом или фактом.

XXIII. На параграф 4 я ответил вышеизложенными замечаниями в VIII, IX и X.

XXIV. На параграф 5 я ответил в соответствии с моей теорией в VIII, IX, X, XI, XII и XIII.

XXV. Параграф 6 получил ответ, за исключением того, что я там говорю о различии мнений (XVIII), согласно моей теории в XVI. Теплопроводность, которую я привлекал в этом параграфе для сравнения, как мне кажется, не может выдерживать такого сравнения с явлением электрической индукции: первая относится к удаленному влиянию агента, которое продвигается посредством весьма медленного процесса, вторая—к такому, у которого влияние на расстоянии происходит, можно сказать, одновременно с возникновением силы в месте действия; первая относится к агенту, который лучше всего изображается в виде невесомой жидкости, вторая, по всей вероятности, удовлетворяется лучше представлением о двух жидкостях или, по крайней мере, о двух силах; первая не включает в себя ни полярного действия, ни каких-либо следствий такого свойства; вторая существенно зависит именно от полярного действия; первая такова, что если в центре сферического устройства была затрачена вначале некоторая доля, то в итоге лишь небольшая часть ее появится на поверхности; во втором случае мгновенно появляется на поверхности количество силы (VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV), в точности равное возбуждающей или движущей силе, которая тоже находится в центре.

XXVI. Параграф 13 заключает в себе новое обвинение в противоречии с самим собой, от которого поэтому я попытаюсь освободиться. Вы говорите: «... вы правильно утверждаете, что... невозможно зарядить часть материи одной электрической силой без другой (см. п. 1177). Но если все это верно, как может существовать *положительно возбуж-*

денная частица? (см. параграф 1616). Не должна ли каждая частица быть возбужденной и отрицательно, если она возбуждена положительно? Не должна ли она иметь отрицательный полюс в той же мере, как и положительный?» Но я сказал не в точности то, что вы приписываете мне; мои слова гласят: ... «невозможно на опыте зарядить некоторое количество вещества одной из электрических сил без появления другой. Всякий заряд предполагает *индукцию*, так как ни в одном случае он не может быть произведен без нее ...» (1177). Однако я легко усматриваю, каким образом мои слова создали у вас, а, может быть, и у других совсем не то представление, какое я хотел выразить.

XXVII. Употребив слово *заряд* в его простейшем значении (III, IV), я разумею, что тело *может* быть заряжено одной электрической силой без другой, если рассматривать только это тело, без отношения к другим. Но я считаю, что такой заряд не может существовать без индукции (1178) или независимо от того, что называется развитием одинакового количества другой электрической силы, не в нем самом, а в соседних, следующих друг за другом частицах окружающего диэлектрика, а через них — на обращенных к нему частицах изолированных окружающих проводящих тел, которые в этих условиях, так сказать, заканчивают данный случай индукции. Поэтому я вовсе не думаю, что частица, будучи заряжена, необходимо должна быть сама полярна; шары A, B, C в IV, V, VI, VII полностью иллюстрируют мой взгляд (672).

XXVIII. В параграфе 20 имеется вопрос: «Последовательно ли это?», что означает обвинение в противоречии с самим собой. Поэтому перехожу к нему. Возникает вопрос, возможно ли, чтобы стекло являлось (медленным) проводником электричества или нет, — вопрос, заданный также в двух предшествующих параграфах. Я полагаю, что возможно. Я зарядил электричеством небольшие лейденские банки, сделанные из тонкой флинтовой трубки, вынул заря-

жающие проволоки, запечатал трубки герметически, а через два или три года открыл их и не обнаружил в них никакого заряда. Я отсылаю вас также к любопытным опытам Белли¹ над последовательными зарядами банки и над последовательным возвратом частей этих зарядов. Я сошлюсь также на опыты с полушарием из шеллака, особенно на те, которые описаны в § 1237 моих «Исследований»; а также на опыт в § 1246. Я не могу понять, как в этих случаях воздух вблизи обкладки мог постепенно передавать ему порции свободного электричества, переходящие в него путем того, что я называю конвекцией, если в первом из цитированных опытов (1237), когда отдача была постепенной, обкладки не было; а во втором (1246), где обкладка была, возвратное действие было чрезвычайно висзапшим и мгновенным.

XXIX. Параграфы 21 и 22 требуют, должно быть, для пояснения только нескольких слов. Я полагаю, что в заряженной лейденской банке две противоположные силы на индуцирующей и индуцируемой поверхностях направлены друг к другу через стекло банки, если только банка не имеет выступов на внутренней обкладке и не изолирована снаружи (1682). Когда производится разряд посредством провода или разрядника, или какого угодно другого из многих устройств, применяемых для этой цели, то они дают «некоторое другое направление», о котором там говорится (1682, 1683).

XXX. На вопрос параграфа 23 я отвечаю так: процесс одинаков с тем, в котором будет нейтрализована полярность шара *B* (IV, V), если шары *A* и *C* соединить друг с другом металлической проволокой, или с тем, посредством которого 100 или 1000 промежуточных шаров (*X*) или мириады поляризованных проводящих частиц (*XI*) будут разряжаться, если внутренний шар *A* и наружный *C* привести в сообще-

¹ Bibliotheca Italiana, 1837, LXXXV, стр. 417.

ние изолированной (от земли) проволокой; эта операция совершенно не отразится на условиях, в которых сила находится на внешней стороне шара *C*.

XXXI. Неясность в моей статье, которая привела к вашим замечаниям в параграфе 25, происходит, как мне кажется (кроме моих неточных выражений), из того, что слово «разряд» имеет неопределенное или двойное значение. Вы говорите: «... если разряд приводит стеклянные частицы к возврату в прежнее состояние, то то же должно быть справедливо и для частиц металлического провода. Куда же они рассеиваются при достаточно мощном разряде?» Про банку говорят, что она разрядилась, если ее заряженное состояние каким-либо способом уничтожено, и она находится в своем первоначальном, безразличном состоянии. Тогда это слово употребляется просто для того, чтобы выразить состояние прибора; в таком смысле я его и употребил в выражении, которое критикуется в параграфе 21, о чем я уже упоминал. Процесс разряда, или способ, посредством которого банка приводится в разряженное состояние, может быть разделен на различные виды; и я говорил о кондуктивном (1320), электролитическом (1343), разрывном (1359) и конвекционном (1562) разряде; любой из них может произвести разряд банки или разряд индуктивного прибора, описанного в этом письме (XXX), а действие частиц в любом из этих случаев будет совершенно отличным от простого возврата поляризованных частиц стекла банки или поляризованного шара *B* (*V*) к их первоначальному состоянию. Мои воззрения на отношение между изоляторами и проводниками как телами одного класса даны в [параграфах] 1320, 1675 и сл. моих «Исследований»; но я не думаю, чтобы частицы хороших проводников принимали напряжение поляризации, сколько-нибудь похожее на напряжение в плохих проводниках; наоборот, я считаю, что смежные поляризованные частицы (1670) хороших проводников разряжаются друг с другом уже тогда, когда их поляризованность находится на очень низкой

степени напряжения (1326, 1338, 1675). Вопрос о том, почему металлические частицы рассеиваются при достаточно мощном разряде, принадлежит к таким, на которые моя теория в настоящее время не берется отвечать, поскольку всеми признается, что рассеяние не является необходимым для разряда. Действительно, получаются различные явления, если воздействовать на тела различными степенями одной и той же силы; но это довольно обычно в научном эксперименте; так, одна степень нагрева просто нагреет воду, а более высокая вызовет *рассеяние* ее в виде пара; наоборот, более низкая превратит ее в лед.

XXXII. Следующий, весьма важный, как мне кажется, пункт содержится в параграфах 16 и 17. Я сказал (1330): «Что же в таком случае отделяет друг от друга сущность этих двух крайностей — совершенной проводимости и совершенной изоляции? Ведь если мы хоть в малейшей степени допустим совершенство на одном из концов, то получается элемент этого совершенства на другом...». По этому поводу вы пишете: «Нельзя ли задать этот вопрос с таким же основанием в случае движения и покоя...?» И в любом случае, в котором происходит смешение противоположных качеств, нельзя ли сказать, что в тот момент, когда мы допускаем элемент совершенства на одном конце, получается элемент этого совершенства на противоположном? И «Нельзя ли сказать это и о свете и темноте или о непрозрачности и прозрачности?» и т. д.

XXXIII. Я сознаюсь, что эти вопросы поставлены очень ловко; не то, чтобы я соглашался со всеми ими полностью, как с примером о движении и покое; я не вижу их отношения к вопросу о том, являются ли проводимость и изоляция различными свойствами, зависящими от двух различных способов действия частиц вещества, соответственно обладающих этими действиями, или они являются только различиями в *степени* одного и того же способа действия. А в этом вопросе — вся суть дела. Чтобы объяснить мой взгляд на это, я приведу

один или два примера. В прежние времена верили в существование принципа, или силы легкости наряду с силой тяжести; предполагалось, что различные изменения в весе тел происходят от различных сочетаний веществ, обладающих этими двумя принципами. В позднейшие времена принцип легкости был упразднен; и хотя у нас все еще имеются невесомые вещества, однако явления, причиняющие вес, объясняются только одной силой или одним принципом, а именно весомостью, а различие в весомости различных тел приписывается заключенной в них различной *степенью* этой *одной силы*. Теперь никто не может предположить хоть на миг, что с научной точки зрения будет безразлично, какое мы сделаем предположение для объяснения настоящего вопроса: две силы или одна.

XXXIV. Далее было время, когда делали различие между прищипом теплоты и принципом холода; в настоящее время с этой теорией покончено, а явления тепла и холода относят к одному классу (так же, как я отношу явления изоляции и проводимости к одному классу) и к влиянию различных степеней одной и той же силы. Но никто не может сказать, что обе теории, — а именно та, которая принимает только один принцип, и та, которая принимает оба, — одинаковы.

XXXV. Далее имеется теория одной электрической жидкости и теория двух. Одна объясняет различием в степени или количестве одной жидкости то, что другая приписывает изменению количества и соотношения двух жидкостей. Обе не могут быть верны. То, что они имеют почти одинаковое число сторонников, является только доказательством нашего невежества; и несомненно, что которая бы из них ни была неверной теорией, она в настоящее время держит умы своих последователей в узах и сильно задерживает прогресс науки.

XXXVI. Поэтому я считаю важным установить, если мы можем, являются ли изоляции и проходимость явлениями одного класса, так же как нам важно знать, что тепло и

холод суть явления одного рода. Как существенно показать, что когда дым подымается, а камень падает, то они повинуются одному свойству материи, так же, я полагаю, существенно показать, что если одно тело изолирует, а другое проводит, то это происходит только вследствие различия в степени одного общего свойства, которым они оба обладают, и что в обоих случаях явления согласуются с теорией индукции.

XXXVII. Я теперь подхожу к тем вопросам вашего письма, на которые мне следует ответить. Один содержится в параграфе 9. Так как я допускаю, что частицы, находящиеся на противоположных концах пустоты, могут действовать друг на друга, то вы спрашиваете: «...почему же встречается возражения общепринятая теория, по которой возбужденная поверхность лейденской банки индуцирует на ее противоположной поверхности противоположное состояние?». Соображения, которые заставляют меня думать, что возбужденная поверхность не «индуцирует на противоположной поверхности» и т. д., таковы: во-первых, моя уверенность в том, что стекло состоит из частиц, которые проводят сами по себе, но изолированы друг от друга (XVII); и далее: в установке, данной в IV, IX или X, A индуцирует не непосредственно на C, а через промежуточные массы или частицы проводящей материи.

XXXVIII. В следующем параграфе вопрос скорее ставится в виде намека, чем задается. Что я разумею под полярностью? Я надеялся, что параграфы 1669, 1670, 1671, 1672, 1679, 1686, 1687, 1688, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704 в «Исследованиях» были достаточны для того, чтобы дать об этом понятие, и я склонен думать, что вы, возможно, не видели их, когда написали это письмо. Я думаю, что они и данные выше замечания (V, XXVI) вместе с примером, приведенным в IV, V, могут служить достаточным ответом. Смысл слова «полярность» так различен, когда его применяют к свету, к кристаллу, к магниту, к гальвани-

ческой батарее, и во всех этих случаях так отличен от того значения этого слова, в котором он применяется к состоянию индуцируемого проводника (V), что я счел более надежным употребить фразу «вид полярности», а не какую-либо другую, которая, являясь более выразительной, обязывала бы меня больше, чем я этого хотел.

XXXIX. Параграф 11 содержит недоразумение относительно моих воззрений. Я не думаю, чтобы тела, заряженные трением или другим способом, были поляризованы, или чтобы частицы их были поляризованы (III, IV, XXVII). Поэтому настоящий параграф и следующий не требуют дальнейших замечаний особенно после того, что я сказал о полярности выше (XXXVIII).

XL. А теперь, дорогой сэр, я думаю, что должен привести мой ответ к концу. Параграфы, которые остаются без ответа, относятся, я полагаю, к несогласиям во мнениях или даже не к несогласиям, а к таким мнениям, о которых я не имел смелости судить. Эти мнения я признаю чрезвычайно важными, но это и есть причина, по которой я желал бы уклониться от их рассмотрения — тем более, что по многим связанным с ними пунктам я еще не составил себе определенных представлений и вынужден по незнанию или вследствие разноречивости фактов временно воздержаться от выражения своего мнения. Правда, меня очень огорчает, что в науке об электричестве имеется так много вопросов, на которые, если бы меня спросили мое мнение, я был бы вынужден ответить: «Я не могу сказать; я не знаю», но, с другой стороны, воодушевляет мысль, что именно эти вопросы, если их проследить тщательно с опытами и вдумчиво, приведут к новым открытиям. Таков, например, вопрос о токах, производимых динамической индукцией; про них вы говорите: можно допустить, что они не требуют промежуточных весовых атомов для своего возбуждения. Я с своей стороны более чем наполовину склонен думать, что они требуют этих промежуточных частиц,

т. е. там, где частицы вообще участвуют (1729, 1733, 1738). Но по этому вопросу, как и по многим другим, я еще не составил своего мнения. Разрешите мне поэтому закончить на этом мое письмо. Прошу верить дорогой сэр, что я весьма вам обязан и остаюсь вашим преданным слугой.

М. Фарадей.

Королевский институт.

18 апреля 1840 г.

[По тому же вопросу д-ром Гейром было написано г-ну Фарадею второе письмо; его можно найти в *American Journal of Science*, XLI, стр. 2, или в *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 1841, XVIII, стр. 465].

О ВТОРОМ ПИСЬМЕ Д-РА ГЕЙРА И О ХИМИЧЕСКОЙ И КОНТАКТНОЙ ТЕОРИЯХ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ¹

Р. Тэйлору, эсквайру

Дорогой сэр, вам известно, что по соображениям здоровья я последние два года не работал и не читал. Это объяснит вам, почему я не знал, что вы перепечатали второе письмо ко мне² д-ра Гейра; я впервые узнал об этом, кажется, неделю или две тому назад, когда опять принялся за чтение. Кое-кто может подумать, что если письмо осталось без ответа, то на него и нельзя ответить; а потому я пишу это письмо только для того, чтобы заявить, что когда мне прислали письмо в том виде, как оно напечатано в *Silliman's Journal*, я ответил коротким письмом, отказываясь вступать в дискуссию, поскольку мне нечего было прибавить к тому, что уже было сказано, и полагал, что этого будет достаточно, чтобы позволить себе спокойно оставаться при взглядах, которых я придерживаюсь на ста-

¹ *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 1843, XXIII.

² Там же, 1841, XVIII, стр. 165.

тическую индукцию и т. д. Причиной моего отказа было не неуважение к д-ру Гейру, а твердое убеждение в том, что споры и препирательства являются лишь праздным занятием. Профессор Силлимен написал мне, что он, к несчастью, потерял мое письмо, но надеется разыскать его и напечатать.¹ С тех пор я позабыл об этом деле и поднимаю его вновь только для того, чтобы дать ответ на письмо, напечатанное в вашем журнале.

¹ Я недавно нашел черновик этого письма и решаюсь напечатать его в виде примечания. — *М. Ф. июнь 1844.*

*Королевский институт. Лондон,
6 мая 1841 г.*

Дорогой сэр! Неделю или две тому назад я получил печатный экземпляр вашего второго письма, датированного 1 января 1841 г., и чрезвычайно обязан вам за него, во-первых, как за новое выражение вашей доброты, а также как за очевидное доказательство того, что вы считаете достойным внимания те взгляды на электрическую индукцию, которые я имел смелость высказать.

Вы меня должны извинить, однако, если я по разным причинам отвечаю на него кратко: во-первых, я чувствую такое отвращение к спорам, что ни за что не соглашусь, чтобы наша переписка приобрела этот характер. Я часто видел, как они приносят большой вред, и помню очень мало случаев в естествознании, когда они помогли выявить ошибки или продвинуть истину. С другой стороны, критика имеет большое значение; и когда критика — такая, как ваша — выполнила свою службу, дело других умов, а не автора и не критика решать и признавать, кто прав.

Вторая причина: я не хочу, чтобы меня заставили давать определения, более точные, чем мои собственные мысли, и я уже высказывал это в моем первом письме (X).

Третья причина: в вашем последнем сообщении я не нахожу ничего, что создавало бы для меня какие-либо трудности в отношении моих взглядов на электрическую индукцию, и никаких важных пунктов, которые бы не получили уже ответа в моих статьях вообще или в моем первом письме к вам. Говоря это, я подразумеваю параграфы I, XVIII, а также XVII и XXXI моего к вам письма. Не думайте, однако, что я имею тщеславие предполагать, что это мое мнение имеет какое-нибудь значение для научного мира или является ответом на ваше письмо; оно означает только одно, а именно дает причину, по которой мне не сле-

В вашем журнале я нахожу также кое-какие нападки из Германии, Италии и Бельгии на химическую теорию гальванической батареи, а также на мои опыты. Со своей стороны я воздерживаюсь от печатного ответа на эти рассуждения просто потому, что в них нет ничего, что бы внушало мне новую мысль, разъясняющую вопрос, или давало основание для изменения моего мнения. Но раз я уже говорю об этом предмете, я не могу не выразить пожелания, чтобы кое-кто из защитников контактной теории познакомился с рассуждениями, о которых до настоящего времени, повидимому, весьма тщательно избегают говорить, а именно о ненаучности предположения о контактной силе, что я пытался выразить в параграфах 2065 и 2073 моих «Экспериментальных исследований», и что д-р Роджет выразил в словах, которые я добавил в виде примечания к моей статье. Эти рассуждения, как мне кажется, устраняют *самое основание* контактной теории. Мне бы хотелось убедить вас

дует глубже входить в установление того, что в настоящее время представляется мне уже установленным надлежащим образом.

Четвертая причина: судя по тому, что я был в состоянии наблюдать, те формулировки, которые я стремился дать моей теории, заставляют других людей относиться к ее принципам совершенно иначе, чем это соответствует моим желаниям; а поскольку дело обстоит так, то мне более нечего говорить, ибо они являются судьями и имеют перед собой все свидетельские показания, которые даются фактами и вытекают из обстоятельств.

Остаюсь, дорогой сэр, вашим благодарным и верным слугой

М. Фарадей.

Д-ру Гейру, и проч. и проч.

Дорогой сэр, разрешите побеспокоить вас вышеписанным для Вашего журнала, в качестве моего ответа на второе письмо ко мне д-ра Гейра.

Вечно обязанный вам слуга

М. Фарадей.

Профессору Силлимену, и проч. и проч.

перепечатать эти три страницы в вашем журнале.¹ Насколько я вижу, они выражают основной принцип, который нельзя оставить в стороне и которого нельзя избежать философскому уму, обладающему хотя бы в умеренной степени строгостью суждения. И я должен признаться, что до тех пор, пока какой-нибудь ответ или видимость ответа в форме предположения или как-нибудь иначе не будет сделана относительно этих выражений, которые я считаю законом природы, я буду чувствовать мало склонности приписывать значение фактам, которые хотя и выдвигаются в пользу контактной теории, но сторонниками химической теории всегда признаются за столь же благоприятные и согласные с их собственными воззрениями.

Остаюсь, дорогой сэр, преданный вам

М. Фарадей.

Королевский институт.

11 марта 1843 г.

О НЕКОТОРЫХ КАЖУЩИХСЯ ВИДАХ МОЛНИЙ²

Редакции Philosophical Magazine and Journal

Джентельмены, величественное зрелище молнии, которое мы наблюдали вечером 27 минувшего месяца, тот необычный вид, в котором она предстала перед толпами зрителей в Лондоне, и произведенное на них впечатление заставляют меня побеспокоить вас кратким письмом о некоторых предполагаемых видах и формах молний, относительно которых суждения даже хороших наблюдателей часто бывают ошибочны.

Когда после чистого или почти безоблачного неба вдалеке образуются грозовые тучи, наблюдатель видит облака

[¹ Мы предполагаем напечатать эти страницы в нашем ближайшем номере. — *Редакция Philosophical Magazine*].

² London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1841, XIX, стр. 104.

и вспышки молний, которые развертываются перед ним в величественную картину; ему кажется, что через тучи великолепно пробегает нечто, что он порой принимает за раздвоенную молнию (т. е. ему кажется, что он видит настоящую вспышку, а не ее отражение). Так было и в тот вечер: те, которые находились в Лондоне, наблюдали около девяти часов шторм на западе, когда тучи были на расстоянии двадцати миль или более. Я очень часто наблюдал подобное же явление над морем на нашем южном побережье. Во многих из этих случаев то, что принимается за электрический разряд, на самом деле является всего лишь освещенным краем облака, за которым происходит истинный разряд. Зрелище похоже на то, что мы видим, когда темное, хорошо очерченное облако, находящееся между солнцем и наблюдателем, представляет нам яркий освещенный край; часто даже луна вызывает подобное зрелище. В том случае, когда его производят молния и удаленные облака, линия так ярка по сравнению с предшествующим состоянием облаков и неба и так внезапна и кратковременна, так ясно очерчена и имеет такую форму, что заставляет каждого в первый момент думать, что он видел самую молнию.

Но те формы, которые принимает эта линия, находятся в зависимости от очертания облаков, очень сильно меняются и привели ко многим ошибкам относительно форм вспышек молнии. Часто, когда наблюдателю представляется, что он видит молнию, проскакивающую с одной тучи на другую, на самом деле он видит только этот освещенный край. В других случаях, когда он уверен, что видел, как она шла кверху, это было просто потому, что в своей верхней части эта линия была ярче, чем в нижней. Некоторые писатели описывали искривленные вспышки молний, когда электрическая жидкость, устремляясь из тучи, шла косо вниз, к морю, а затем поворачивала опять обратно к тучам; такое явление я иногда видел, и всегда оказывалось, что это просто освещенный край облака.

Я видал случаи такого рода, когда вспышка как бы разделялась на своем пути, и одна струя разбивалась на две; и когда наблюдателю представляется, что вспышки, видимые на расстоянии, находятся в этих необычных условиях, то очень важно, чтобы он был осведомлен о такой, весьма вероятной причине своего заблуждения.

Я часто видел также, а другие вместе со мной, вспышки, имевшие на глаз ощутимую продолжительность, как будто это был кратковременный поток, а не та внезапная, короткая вспышка, которую всегда дает электрическая искра, продолжительность коей Уитстон не мог даже определить. Это я приписываю двум или трем вспышкам, следующим очень неожиданно одна за другой в одном и том же месте или близко к нему и освещающим все тот же край тучи.

Явление, которое я описал, часто легко проследить вплоть до его причины, и, прослеженное таким образом, оно лучше всего prepares нашу мысль к оценке тех ошибок, к которым оно может приводить и приводило относительно характера, формы и условий вспышки молний. На берегу моря часто случается, что после хорошего дня, к вечеру, на горизонте над морем собираются тучи и в течение часа или более молния вспыхивает около них или среди них, повторяясь через промежутки в две-три секунды. При таких условиях наблюдатель может подумать, что он видит вспышку отдельного разряда; но если он подождет до следующей вспышки или до одной из последующих, он заметит, что вспышки, появляющиеся вторично на том же самом месте, имеют ту же форму; возможно даже, что они переместятся на небольшое расстояние влево или вправо и все же будут иметь ту же форму, как и раньше. Иногда такие вспышки, имевшие одну и ту же форму, повторялись одна за другой три или четыре раза; иногда случалось, что появлялись другие вспышки в других местах, затем вновь появлялась первая на своем месте и опять другие на своих местах. На самом деле, во всех этих случаях были видны просто освещенные

края туч, а не настоящие вспышки молний. Подобные формы часто существуют у облаков, но они остаются неразличимыми, пока не освещаются молнией. Легко понять, однако, почему они только так и выявляются, ибо то, что нам представляется издали сплошной массой туч, различаемой по форме только у своих основных очертаний, на самом деле часто состоит из большого числа меньших и хорошо очерченных масс, которые, когда молния проскакивает среди них или за ними, проявляют свои, ранее незаметные формы и очертания.

Кажущаяся продолжительность, о которой я говорил, есть просто случай быстро повторяющихся вспышек, и осторожный наблюдатель может легко проверить то объяснение, которое я только что предложил и которое лучше всего разъяснит природу этого явления.

Имеются еще другие признаки, могущие помочь отличить то явление, которое я попытался описать, от истинного появления вспышки молнии, как, например, иногда кажущаяся толщина вспышки и степень ее освещения; но мне кажется, что сказанного мной достаточно для того, чтобы привлечь внимание к этому вопросу; и, учитывая, как часто в отношении характера этих зрелищ ученый должен зависеть от свидетельств случайных наблюдателей, а последние имеют склонность скорее давать волю своему чувству изумления, чем стремиться к простому объяснению того, что кажется им замечательным, я надеюсь, что сказанное не будет лишним.

Остаюсь, джентельмены, вашим покорным слугой

М. Фарадей.

22 июня 1841 г.

О СТАТИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ИНДУКТИВНОМ ДЕЙСТВИИ¹

Р. Филлипсу, эсквайру, члену Королевского общества

Дорогой Филлипс, может быть, вы найдете нижеследующие опыты достойными внимания; ценность их состоит

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1843, т. XXII.

в том, что они могут дать нам очень точное и определенное представление относительно некоторых принципов индуктивного электрического действия, которые, как я нахожу, представляются многим несколько сомнительными или неясными, что отнимает у них большую часть их значения; они являются выражением и доказательством некоторых частей моих взглядов на индукцию.¹

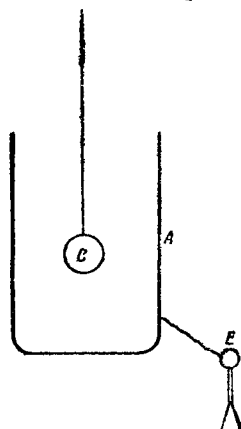


Рис. 1.

Пусть *A* на [рис. 1] представляет изолированную луженую мороженицу десяти с половиной дюймов высоты и семи дюймов в диаметре, соединенную проводом с чувствительным электрометром *E* с золотыми листками. Пусть *C* будет латунный шар, подвешенный на изолирующей сухой нитке белого шелка в три или четыре фута длины, чем исключается влияние держащей ее руки на мороженицу внизу. Пусть *A* совершенно разряжено, затем пусть *C* будет заряжено на некотором расстоянии машиной или лейденской банкой и введено в *A*, как на рисунке. Если *C* положительно, то и *E* тоже будет расходиться положительно; если *C* убрать совсем, то листки *E* спадут до конца, если прибор в полном порядке. По мере того как *C* входит в сосуд *A*, расхождение листков возрастает до тех пор, пока *C* не окажется примерно на три дюйма ниже края сосуда; при дальнейшем опускании оно будет оставаться постоянным и неизменным. Это показывает, что при таком расстоянии индуктивное влияние *C* действует полностью на внутренность *A* и ни в малейшей степени не действует непосредственно на внешние предметы. Если

¹ Смотри «Экспериментальные исследования» 1295 и сл., 1667 и сл., и ответ д-ру Гейру: *Philosophical Magazine*, 1840, новая серия, XVII стр. 56; VIII (или стр. 363 этого тома).

заставить C коснуться дна A , то *весь* его заряд сообщится A ; тогда между C и A больше не будет никакого индуктивного действия, и C , если его вынуть и исследовать, окажется совершенно разряженным.

Все это — общеизвестные и признанные действия, но если их немного изменить, то из них можно будет вывести следующие заключения. Если C просто подвешено в A , оно действует на него через индукцию, выделяя на внешней поверхности A электричество своего же рода; но если C касается A , его электричество сообщается ему, и то электричество, которое оказывается затем с внешней стороны A , можно рассматривать как первоначально то самое, которое находилось на носителе C . Но так как подобное изменение не производит никакого действия на листки электрометра, то это доказывает, что электричество, *индуцированное* шаром C , и электричество, находящееся в C , точно равны друг другу по количеству и силе.

Далее, если заряженное C вначале держать на равном расстоянии ото дна и боков A , затем приблизить как только можно ко дну, не разряжая его, однако, в A , то расхождение останется все же без всякого изменения, показывая, что безразлично, с какого расстояния действует C : со значительного или самого малого — количество его силы остается неизменным. То же будет, если его держать эксцентрично или в каком-нибудь месте вблизи бока мороженицы. При этом линии, по которым будет происходить индуктивное действие, будут представлять в разных направлениях почти все возможные степени силы, но сумма их сил будет равна тому же постоянному количеству, которое было получено раньше; листки не меняют своего положения. Ничего похожего на расширение или сжатие электрической силы при этих изменяющихся обстоятельствах не получается.

Я могу теперь описать опыты со многими концентрическими металлическими сосудами, устанавливаемыми, как показано на рис. 2, где представлены четыре мороженицы,

изолированные друг от друга пластинками из шеллака, на которых они соответственно поставлены. При такой системе заряженный носитель C действует совершенно так же, как с одним сосудом, так что при включении нескольких проводящих пластин не наблюдается различия в величине индуктивного действия.

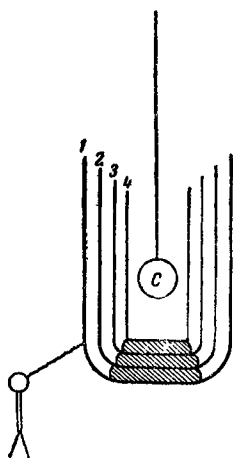


Рис. 2.

Если C изнутри коснется сосуда 4, листки тоже не пошевельнутся. Если вынуть 4 при помощи шелковой нити, листки совершенно опадут. Если его ввести опять, они опять раскроются в такой же степени, как и раньше. Если соединить 4 и 3 проводом, опущенным между ними при помощи шелковой нити, расхождение листов останется таким же и не будет меняться и дальше, если соединить друг с другом такой же проволокой 3 и 2; однако все электричество, первоначально бывшее на носителе и действовавшее на значительном расстоянии, теперь находится на внешней стороне 2 и дей-

ствует только через небольшое непроводящее пространство. Если его, наконец, сообщить внешней стороне 1, листки останутся все так же без изменения.

Далее, пусть заряженный носитель C находится в центре системы; расхождение электрометра измеряет его индуктивное влияние; это расхождение остается одинаковым независимо от того, сколько имеется сосудов: только один или все четыре; они могут быть разделены друг от друга изоляцией или же 2, 3 и 4 могут быть соединены друг с другом, причем будут представлять как бы один очень толстый металлический сосуд; наконец, можно соединить друг с другом все четыре сосуда.

Далее, можно вместо металлических сосудов 2, 3 и 4 ввести толстый сосуд из шеллака или серы или произвести

любое другое изменение в характере вещества внутри сосуда 1, и все же не проявится ни малейшего изменения в расхождении листков.

Если вместо одного носителя во внутреннем сосуде находится несколько носителей в различных положениях, то они не мешают друг другу; они действуют наружу с тем же общим количеством силы, как если бы все электричество было однородно распределено по одному носителю, независимо от того, как сильно распределение на каждом носителе возмущается его соседями. Если заряд одного носителя передать посредством прикосновения сосуду 4, по которому он распределится равномерно, то все остальные будут действовать через его внутренность и сквозь его стенки с тем же конечным значением силы; и какое бы состояние заряда ни сообщить одному из сосудов 1, 2, 3 или 4, оно не будет мешать заряженному носителю, введенному в 4, действовать с точно такой же величиной силы, как если бы они были не заряжены. Если ввести в сосуд куски шеллака, подвесив их на нити белого шелка, и если они будут возбуждены, то они будут действовать совершенно так же, как и металлические носители; единственное исключение заключается в том, что их заряд нельзя сообщить посредством прикосновения металлическим сосудам.

Таким образом, некоторое количество электричества, действующее в центре сосуда А, проявляет снаружи в точности одинаковую силу вне зависимости от того, как оно действует: путем индукции через пространство между ним и сосудом А или будучи передано А путем проводимости с полным разрушением при этом существовавшей внутри индукции. Можно также сказать относительно величины индуктивного действия: наполнено ли пространство между С и А воздухом или шеллаком, или серой, у которой удельная индуктивная способность примерно вдвое больше, чем у воздуха, или в нем расположен целый ряд концентрических оболочек из проводящего вещества, или оно на девять

десятих наполнено проводящим веществом, или оно будет заполнено металлом с одной стороны и шеллаком — с другой, или мы придумаем какие-нибудь другие способы для изменения силы: изменением расстояния, или вещества, или действующего заряда в этом пространстве, — все равно, величина действия останется в точности неизменной.

Значит, если тело заряжено, все равно, частица это или масса, в его действии нет ничего, что можно привести в согласие с мыслью о создании или уничтожении; величина силы вполне определена и неизменна; иначе говоря, те, кто представляют себе электрическую силу как жидкость, не должны думать о внутреннем сжатии или сгущении этой жидкости, или об ее упругости, как некоторые понимают это выражение. Единственным способом изменить эту силу может быть только присоединение к ней другой силы того же рода, того же или обратного направления. Если прибавить к ней силу обратного рода, то можно *разрядом* нейтрализовать первоначальную силу; можно и *без разряда* соединять их на основе простых законов и принципов статической индукции; но без индукции, которая *всегда одинакова*, не существует никакого другого состояния силы в заряженном теле, т. е. не существует статической электрической силы в таком виде, которому соответствовал бы термин *фиктивное*, или *неявное*, или *скрытое* электричество в обход обычных принципов индуктивного действия; нет такого случая, чтобы электричество было в *более скрытом* или *более неявном виде*, чем то, которое имеется на заряженном проводнике электрической машины, готовом испустить мощную искру во всякое подносимое к нему тело.

Это совершенство индуктивного действия дает повод к любопытному соображению. Представим себе тонкий незаряженный металлический шар диаметром в два или три фута, изолированный посередине комнаты, а затем предположим, что пространство внутри этого шара занято мириа-

дами маленьких пузырьков или частиц, одинаково (или различно) заряженных электричеством, но так, что каждая изолирована от своих соседей и от шара; их индуктивная сила будет такова, что внешняя поверхность шара окажется заряженной силой, равной сумме *всех* их сил, и каждый участок этого шара, который сам по себе не заряжен, будет способен испускать длинную и мощную искру в подносимое к нему тело, столь же длинную, как если бы электричество всех частиц, ближних и дальних, находилось на поверхности самого шара. Перейдем теперь от этого соображения к случаю облака; правда, мы не можем делать точное сравнение между наружной поверхностью облака и металлической поверхностью шара, однако первоначальное индуктивное действие на *землю* и ее строения будет такое же; и когда заряженная туча находится над землей, то хотя ее электричество может быть и распылено на все ее частицы, и никакой существенной части *индуцирующего* заряда не накоплено на ее нижней поверхности, все же индукция на землю будет столь же сильна, как если бы вся та часть силы, которая направлена к земле, находилась на этой поверхности; и состояние земли и ее стремление разряжаться на облако будет и здесь в первом случае столь же сильно, как и в последнем. Что же касается того, начинается ли разряд молнии на облаке или на земле, то это дело решить гораздо труднее, чем обычно предполагается; ¹ теоретические соображения заставляют меня думать, что в большинстве случаев, а возможно и во всех, он начинается на земле.

Всегда ваш, дорогой Филлипс,

М. Фарадей

Королевский институт.

4 февраля 1843 г.

¹ Экспериментальные исследования 1370, 1410, 1484.

РАЗМЫШЛЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ И О ПРИРОДЕ МАТЕРИИ¹

Ричарду Тэйлору, эсквайру

Королевский институт.

25 июня 1844 г.

Дорогой сэр, в прошлую пятницу я открыл здешние еженедельные вечерние собрания беседой на тему, стоящую в заголовке; я не имел намерения опубликовать ее в печати, но так как в ней содержатся рассмотрение и приложения кое-каких из самых основных элементов естествознания, а именно фактов, то я подумал, что отчет о содержании и целях беседы может показаться вам приемлемым и одновременно явится как бы сводкой моих воззрений, поскольку они приняли такой вид к настоящему моменту.

Теория атомного строения материи, которая, как мне кажется, является преобладающей, рассматривает атом как нечто материальное, имеющее некоторый объем; атому при его сотворении были сообщены силы, давшие ему с того времени и вплоть до настоящего способность составлять, когда несколько атомов собираются вместе в группу, различные вещества, действия и свойства которых мы наблюдаем. Хотя они сгруппированы и удерживаются вместе благодаря своим силам, они не касаются друг друга; между ними имеется промежуточное пространство; иначе давление и охлаждение не могли бы заставлять тело сжиматься до меньшего объема, а нагревание и растяжение — увеличивать его размеры; в жидкости эти атомы или частицы могут свободно двигаться одна вокруг другой; в парах или газах они тоже присутствуют, но удалены друг от друга гораздо больше, хотя все же взаимно связаны своими силами.

Атомистическим учением в наше время широко пользуются в том или ином виде для объяснения явлений осо-

¹ London and Edinburgh Philosophical Magazine, 1844, XXIV, стр. 136.

бенно в кристаллографии и химии, но его недостаточно тщательно отличают от фактов, так что тому, кто находится в положении учащегося, оно часто представляется выражением самих фактов; но оно ведь в лучшем случае является только предположением, о справедливости которого мы ничего не можем утверждать, что бы мы ни говорили или ни думали о его вероятности. Когда мы пользуемся словом «атом», мы не можем не вкладывать в него много такого, что является лишь чисто предположительным; а между тем зачастую при этом имеют в виду воспользоваться им исключительно для выражения факта; намерение это прекрасно, но я еще не встречал ума, который бы, как правило, отделял его от его соблазнов; и нет сомнения, что слова «определенное отношение», «эквивалент», «начала» и т. д., которые полностью выражали и выражают всю фактическую сторону так называемой атомной теории в химии, были оставлены, потому что они были недостаточно выразительны и не высказывали всего, что было в мыслях того, кто употреблял вместо них слово «атом»: они не выражали одновременно с фактами гипотезы.

Здравым и научным будет подход того, кто будет различать, поскольку это в его силах, факт от теории; опыт минувших веков вполне достаточен для того, чтобы убедить нас в мудрости такого пути; надо еще принять во внимание постоянную склонность ума успокаиваться на некотором предположении и, если оно отвечает всем настоящим требованиям, забывать, что это лишь предположение; мы должны помнить, что оно в таких случаях становится предрассудком и неизбежно мешает в большей или меньшей степени ясности суждения. Я не сомневаюсь, что тот, кто, как мудрый ученый, имеет наибольшую силу проникать в тайны природы и путем гипотез отгадывать ее образ действия, будет в видах безопасности дальнейшего пути, как собственного, так и чужих, особо осторожен при различении того знания, которое состоит из предположений (я разумею теорию и гипо-

тезу), от того, которое является знанием фактов и законов; он никогда не поднимает первое до значения и авторитета последнего и не будет смешивать последнее с первым больше, чем это неизбежно.

Свет и электричество — это два великих искателя-исследователя молекулярной структуры тел, и как раз при рассмотрении вероятной природы проводимости и изоляции в телах, не разлагающихся электричеством, когда они подвергаются его действию, а также при рассмотрении отношения электричества к пространству, которое предполагается лишенным того, что атомисты называют материей, мне пришли в голову соображения примерно такого рода, как изложено ниже.

Если предположить, что взгляд на строение материи, приведенный выше, правилен, и если мне будет позволено говорить о частицах материи и о пространстве между ними (например в воде или в водяном паре) как о двух различных вещах, тогда это пространство надо принять за единственную непрерывную часть, ибо частицы, как полагают, разделены друг от друга пространством. Пространство должно пронизывать все массы материи во всех направлениях подобно сети, с той разницей, что вместо петель оно образует ячейки, изолируя каждый атом от его соседей и только само оставаясь непрерывным.

Остановимся затем на примере шеллака; он — непроводник, и, исходя из взгляда на его атомную структуру, нам сразу представится, что пространство является изолятором, ибо если бы оно было проводником, шеллак не мог бы изолировать, какова бы ни была проводимость его материальных атомов; пространство было бы чем-то вроде тонкой металлической ткани, пронизывающей его по всем направлениям; совершенно подобной мы представляем себе кучу кварцевого песка, все промежутки которой наполнены водой. Другой пример — палочка черного сургуча; хоть она и содержит бесконечное число частиц проводящего древесного угля,

распределенного в ней повсюду, она не может проводить, потому что между этими частицами находится непроводящее тело (смола), отделяющее их друг от друга, как и предполагаемое пространство в шеллаке.

Потом возьмем металл — платину или кальций; они построены согласно атомной теории таким же образом. Металл — проводник, но как это возможно, если пространство не является проводником? Ибо оно является единственной непрерывной частью металла, а атомы не только не соприкасаются (по теории), но, как мы дальше увидим, надо считать, что они сильно удалены друг от друга. Поэтому пространство должно быть проводником, а иначе металлы не могли бы проводить и оказались бы в положении черного сургуча, о котором только что говорилось.

Но если пространство — проводник, как тогда могут шеллак, сера и т. д. изолировать? Ибо пространство пронизывает их по всем направлениям. А если пространство — изолятор, то как могут металл и другие подобные вещества проводить?

Отсюда, как будто, следует, что, принимая обычную атомную теорию, надо считать пространство непроводником в непроводящих телах и проводником в проводящих телах, но такой окончательный вывод является полным провалом этой теории, ибо если пространство изолятор, оно не может существовать в проводящих телах, а если оно проводник, то оно не может существовать в изолирующих телах. Когда основные допущения приводят к таким выводам, как эти, то они должны быть признаны внутренне несостоятельными.

В связи с таким заключением мы можем кратко обсудить, каковы будут вероятные следствия, представляющиеся нам, если распространить атомную теорию, изобретенную химиками, на область вопросов о проводящей способности металлов. Если разделить удельные веса металлов на их атомное число, это нам даст согласно гипотезе число атомов в одинаковых объемах металлов. В следующей таблице первый

столбец цифр выражает приблизительное число атомов, а второй столбец цифр — проводящую способность одинаковых объемов поименованных металлов:

Атомы	Проводящая способность
1.00 золото	6.00
1.00 серебро	4.66
1.12 свинец	0.52
1.30 олово	1.00
2.20 платина	1.04
2.27 цинк	1.80
2.87 медь	6.33
2.90 железо	1.00

Итак, здесь железо, которое содержит наибольшее число атомов в данном объеме, является почти самым плохим проводником за исключением одного; золото, которое содержит их меньше всего, оказывается почти лучшим проводником. Нельзя сказать, однако, что эти свойства находятся в обратном отношении, так как медь, которая содержит почти столько же атомов, как и железо, проводит еще лучше, чем золото, и в шесть раз сильнее железа. Свинец, который содержит больше атомов, чем золото, имеет только около одной двенадцатой его проводящей способности; свинец, который гораздо тяжелее олова и гораздо легче платины, имеет проводящую способность в половину меньше, чем каждый из этих металлов. И все это происходит у веществ, которые мы обязаны рассматривать в настоящее время как элементарные, или простые. Каких бы воззрений мы ни придерживались на частицы материи и пространство между ними, как бы ни направляли исследование предполагаемого строения материи по этой таблице, результаты полны затруднений.

Теперь возьмем калий — плотное, металлическое вещество с превосходной проводящей способностью; его окись и гидрат не являются проводниками; оно снабдит нас не-

которыми фактами, позволяющими сделать важные выводы относительно предполагаемого атомного строения вещества.

Когда калий окисляется, каждый его атом, соединяясь с одним атомом кислорода, дает атом кали, а один атом кали соединяется с одним атомом воды, состоящей из двух атомов (кислорода и водорода), и образует гидрат кали, так что один атом гидрата кали содержит четыре элементарных атома. Удельный вес калия 0.865, а его атомный вес 40; удельный вес литого гидрата кали, очищенного в той мере, как я мог получить его, оказался около 2, а его атомный вес 57. Это можно принять за факты; из этого вытекает следующее странное заключение: кусок калия содержит меньше калия, чем одинаковый кусок кали, полученного из него и кислорода. Мы можем ввести в калий кислород, атом на атом, а потом еще кислород и водород в двойном числе атомов, и, однако, со всеми добавлениями материя будет все сокращаться, пока не упадет до двух третей от своего первоначального объема. Если данный объем калия содержит 45 атомов, такой же объем гидрата кали содержит около 70 атомов *металлического калия* и, кроме того, 210 атомов кислорода и водорода. Раз мы уже занимаемся предположениями, мне придется сделать добавочное предположение, которое позволит мне прийти к некоторому выводу; итак, предположим, что в гидрате кали атомы все одной величины и почти соприкасаются, и что в кубическом дюйме этого вещества содержится 2800 элементарных атомов калия, кислорода и водорода; вытасим 2100 атомов кислорода и водорода, и тогда остающиеся 700 атомов калия расширятся более, чем до полутора кубических дюймов; а если мы будем уменьшать число атомов, пока их не останется только то число, которое может содержаться в кубическом дюйме, мы получим 430 или около этого. Таким образом, пространство, которое может содержать 2800 атомов и среди них 700 самого калия, окажется совершенно заполнено 430 ато-

мами калия в том виде, как они существуют в обычном состоянии этого металла. Итак, очевидно следующее: если принимать предположения атомной теории, то атомы калия должны быть в металле очень удалены друг от друга, т. е. в этом теле должно быть гораздо больше пустого пространства, чем материи; однако это — превосходный проводник, а, значит, пространство должно быть проводником; а тогда что получается с шеллаком, серой и всеми изоляторами? Ибо пустое пространство по теории тоже должно существовать и в них.

Далее, объем, который будет содержать 450 атомов калия и ничего более, пока он находится в металлическом состоянии, — этот объем, когда калий будет превращен в селитру, будет содержать почти такое же число атомов калия, т. е. 410 и еще, кроме того, в семь раз больше, или 2912 атомов азота и кислорода. В карбонате кали пространства, которое содержит только 430 атомов калия металла и совершенно заполнено им, после превращения будет содержать на 256 атомов калия больше, что составляет 686 атомов этого металла, и вдобавок 2744 атома кислорода и углерода.

Эти и подобные им рассуждения можно распространить на соединения натрия и другие тела, и результаты будут столь же поразительны и, может быть, даже более поразительны, если одно вещество, как кислород или серу, привести в сравнение с различными телами.

Я хорошо знаю, что явления кристаллизации и вообще химии и физики чрезвычайно сильно побуждают мысль к признанию центров сил. Я сам чувствую себя вынужденным в настоящее время предположительно допускать их и не могу без них обходиться, но я испытываю большие затруднения, когда хочу представить себе атомы материи, которые в твердых телах, жидкостях и газах, как предполагается, более или менее удалены друг от друга, с промежуточным пространством, не занятым атомами, и ощущаю очень большие

противоречия в тех выводах, которые вытекают из этих взглядов.

Если нам приходится вообще делать гипотезы, — а, действительно, в отрасли знания, подобной настоящей, мы едва ли можем обойтись без этого, — то самым надежным будет делать их как можно меньше, и в этом отношении атом Босковича, как мне кажется, имеет большое преимущество перед всеми обычными представлениями. Его атомы, если я правильно понимаю, являются просто центрами сил или действия, а не частицами материи, на которых эти силы находятся. Если в обычном взгляде на атом мы назовем частицы материи без их действий α , а систему сил или действий в них и вокруг них m , тогда в теории Босковича α исчезает или является просто математической точкой, в то время как в обычном представлении это — небольшой, неизменяемый, непроницаемый кусочек материи, а m является атмосферой сил, сгруппированных вокруг него.

Во многих из применений атомной гипотезы, например, в кристаллографии, химии, магнетизме и т. д., это различие в предположении вносит в результаты мало изменений или не вносит совсем ничего, но в других вопросах: об электрической проводимости, о природе света, о способе, которым тела сочетаются, чтобы образовать соединения, о действиях таких сил, как тепло и электричество, на материю разница будет очень велика.

Так, вернемся назад к калию; мы видели, что в калии-металле атомы должны быть, согласно обычным взглядам, сильно удалены друг от друга; можно ли хотя бы на мгновение вообразить, что принадлежащая ему проводящая способность объясняется иначе, чем свойствами пространства, тем, что я назвал m ? Также его другие свойства по отношению света, магнетизма, твердого состояния и твердости, удельного веса, должны принадлежать ему вследствие свойств или сил m , а не α , которое без сил рассматривается как неспособное к действию. Но тогда, очевидно, *материей* калия

является m , ибо какое, хотя бы малейшее основание (разве только произвольное допущение) существует для того, чтобы предполагать какое-либо различие между природой пространства, находящегося между центрами двух смежных атомов, и любого другого места между этими центрами? Я могу допустить различие в степени и даже в природе сил, согласующееся с законом непрерывности, но различия между предполагаемой маленькой твердой частицей и силами вокруг нее я не могу себе представить.

Поэтому для меня a , или ядро, исчезает, а вещество состоит из сил, или m ; и в самом деле, какое представление мы можем составить себе о ядре независимо от его сил? Все наши наблюдения и знания об атоме, самое наше воображение ограничиваются представлениями об его силах: на какую же мысль можно еще опереть наше представление о некоем a , не зависящем от признанных сил? Мозг, только что приступивший к этому вопросу, возможно, найдет затруднительным думать о силах материи, независимых от чего-то отдельного, что должно называться *материей*, но, конечно, гораздо труднее и даже невозможно думать или воображать эту материю не зависящей от сил. Но силы нам известны, и мы узнаем их в каждом явлении вселенной, а отвлеченную материю — ни в одном; зачем же тогда предполагать существование того, чего мы не знаем, чего не можем себе представить и для чего нет никакой научной необходимости?

Прежде чем закончить эти размышления, я упомяну о некоторых важных различиях между представлением, что атомы состоят просто из центров сил, как у Босковича, и о другом представлении, что молекулы состоят из чего-то особенно материального, с чем связаны силы внутри и вокруг него.

Если принять атомы последнего рода, масса материи состоит из атомов и промежуточного пространства; если принять первые, материя присутствует везде, и нет проме-

жуточного пространства, не занятого ею. В газах атомы касаются друг друга точно так же, как и в твердых телах. Отсюда следует, что атомы воды касаются друг друга, в каком бы виде они ни находились: в виде льда, воды или пара; пустого промежуточного пространства вовсе нет. Без сомнения, расстояния между центрами сил меняются, но то, что является сущностью материи одного атома, касается материи его соседей.

Значит, материя будет повсюду *непрерывной* и, рассматривая ее массу, нам не надо предполагать различия между ее атомами и каким-то промежуточным пространством. Силы вокруг центров сообщают этим центрам свойства атомов материи; и в свою очередь эти силы, когда много центров в результате своих совместных сил собираются в массу, сообщают каждой части этой массы свойства материи. При таком взгляде все противоречия, происходящие от рассмотрения электрической изоляции и проводимости, исчезают.

Атомы можно представлять себе чрезвычайно *упругими*; не надо считать их исключительно твердыми и неизменяемыми по форме; простое сжатие пузыря воздуха между руками может немного изменять их размер; а опыты Каньяр де ля Тура обнаруживают такое изменение размера вплоть до того момента, когда изменение объемов от одного момента к другому достигает нескольких сот раз. Такой же случай мы имеем, когда твердое или жидкое тело превращается в пар.

Согласно обычному предположению, атом имеет определенный и неизменный характер и *форму*; теперь по этому вопросу надо принять другой взгляд. Самый атом можно представлять себе как сферический или сфероидальный или, когда много их соприкасается во всех направлениях, — как додекаэдр, ибо каждый из них с различных сторон будет окружен и будет связан с двенадцатью другими. Но если представлять себе атом как центр сил, тогда то, что обычно подразуме-

вается под термином *форма*, будет относиться к расположению и к относительной интенсивности сил. Сила, расположенная в центре и вокруг него, может быть однородной по распределению и интенсивности во всех направлениях, идущих от центра наружу, и тогда сечение одинаковой интенсивности силы через радиусы будет сферой; или закон убывания силы от центра может изменяться для различных направлений, и тогда сечение одинаковой интенсивности будет сплюснутым или вытянутым сфероидом или будет иметь другую форму; или силы могут расположиться так, что атом станет полярным; или они могут циркулировать вокруг него по экватору или как-нибудь иначе, подобно тому как это устроено (так мы думаем) у магнитных атомов. И в самом деле, если можно что-либо предположить о расположении сил в твердом ядре материи или вокруг него, то, конечно, то же самое можно вообразить и вблизи такого центра.

При том взгляде на материю, который мы здесь развиваем, материя и атомы материи должны быть взаимно проницаемы. Что касается взаимной проницаемости материи, то можно думать, что уже описанные факты, относящиеся к калию и его соединениям, будут достаточно доказательны для такого разума, который принимает факт за факт и не затуманен в своем суждении предвзятыми представлениями. Что касается взаимной проницаемости атомов, то я думаю, что идея о таком строении тел со многих точек зрения представляется более красивой и в то же время столь же вероятной и столь же научной, как и другая гипотеза, особенно в применении к химическим соединениям. Если мы вообразим атом кислорода и атом калия готовыми к соединению и образованию кали, то гипотеза твердых, неизменяемых, непроницаемых атомов легко помещает эти две частицы бок-о-бок в некоторое положение; легко, потому что производит это механически, только в воображении и часто этим занимается; но если эти два атома будут центрами сил, они будут взаимно

проникать до самых центров, образуя один атом или молекулу с силами, которые распределяются вокруг нее либо однородно, либо как результирующая сил двух составляющих атомов; и способ, которым эти два или более центра сил могут таким образом соединиться, а впоследствии под превосходящим действием сил опять распасться, может в некоторой степени быть иллюстрирован прекрасным примером соединения двух морских волн различной скорости в одну: их временное полное слияние, а затем распадение на две составляющие волны, что было предметом рассмотрения, как мне помнится, на заседании Британской ассоциации в Ливерпуле. Из этого взгляда, конечно, не следует, что центры всегда будут совпадать: это будет зависеть от относительного расположения сил в обоих атомах.

Высказанный здесь взгляд на строение материи, повидимому, неизбежно влечет за собой вывод, что материя заполняет все пространство, на которое распространяется тяготение (включая солнце и его систему), ибо тяготение есть свойство материи, зависящее от некоторой силы, и именно из этой силы состоит материя. В этом смысле материя не просто взаимно проницаема, но каждый атом простирается, так сказать, на всю солнечную систему, сохраняя, однако, свой центр сил. На первый взгляд кажется, что это очень гармонично совпадает с математическими исследованиями Моссотти и отнесением явлений электричества, сцепления, тяготения и т. д. к одной силе материи, а также со старинным изречением: «Материя не может действовать там, где ее нет». Но в мои намерения не входят такие рассуждения, как эти, или о том, каково отношение этой гипотезы к теории света и к предполагаемому эфиру. Моим желанием было, скорее, привести некоторые факты из электрической проводимости и химических соединений как свидетельства в пользу наших взглядов, касающихся природы атомов и материи, и таким образом помочь различить в естествознании наши реальные знания, т. е. знание фактов и законов, от того.

что хоть и имеет форму знания, но включает в себя так много предположений, что может поэтому оказаться его противоположностью.

Остаюсь, дорогой сэр, ваш и т. д.

М. Фарадей.

П Р И Л О Ж Е Н И Я



О ВТОРОМ ТОМЕ „ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ“ М. ФАРАДЕЯ



Второй том значительно меньше первого по объему; собственно «серий», которых в первом томе содержится четырнадцать, здесь представлено четыре: ¹ пятнадцатая — восемнадцатая, с датой написания от ноября 1838 до января 1843 г.; и научное значение этих серий куда меньше; так, пятнадцатая занимается свойствами электрического угря, восемнадцатая — грандиозной электростатической машиной Армстронга. Важными представляются серии шестнадцатая и семнадцатая, посвященные вопросу о происхождении электродвижущей силы гальванического элемента. Если мы вспомним, что в первом томе мы читали о великом открытии электромагнитной индукции, о знаменитых двух законах электрохимического разложения, об открытии существования диэлектрической постоянной, то сравнение окажется не в пользу второго тома. Но интерес последнего чрезвычайно возрастает от того, что Фарадей включил в него другие свои статьи по электричеству, не доложенные в Королевском обществе и напечатанные не в «Philosophical Transactions». В этих работах мы встречаем материал очень крупного исторического и научного значения.

¹ Напомним, что эти «серии» представляют собой доклады, сделанные автором в заседаниях Королевского общества и затем напечатанные в «Philosophical Transactions».

А. СЕРИИ ПЯТНАДЦАТАЯ — ВОСЕМНАДЦАТАЯ

Пятнадцатая серия посвящена, как сказано, исследованию явлений, наблюдаемых у электрических рыб. Напомним, что электрический скат — *Torpedo* — впоследствии дал свое имя самодвижущейся подводной мине. Фарадей занимается другим видом этих рыб — электрическим угрем (*Gymnotus*, т. е. «оголец»). Здесь интересен начальный параграф, в котором Фарадей сводит «жизненную силу» (*living power*) к электричеству. Это — отголосок первых лет после открытия Гальвани, когда сам Гальвани и многие его последователи увидели в той физической силе, которая приводила в содрогание препарированные лягушечьи лапки, нечто близкое к таинственной «жизненной силе», которая якобы осуществляет те же действия в живом организме. В более конкретном виде та же мысль появляется в пп. 1789—1791, где на месте «жизненной» поставлена «нервная» сила; распространение и вообще свойства последней сближаются со свойствами электричества. Далее в пп. 1792—1794 предлагаются и некоторые опыты, которые должны разъяснить характер гипотетической связи между нервной деятельностью живых существ и электричеством. Напомним, что задача остается не решенной до конца и в наши дни: В. Нернст в Германии и в особенности П. П. Лазарев в нашем отечестве деятельно разрабатывали физико-химическую (собственно электрохимическую) теорию возбуждения в нервах.

При чтении этой серии, как и ранее, необходимо помнить для понимания текста Фарадея, в чем его терминология отличается от нашей современной. В частности «сила» у него почти постоянно означает «электрический заряд», «количество силы» — «силу тока»; «напряжение» — «разность потенциалов», «электродвижущую силу».

Важно отметить, что Фарадей исследует здесь *электрическое поле* вокруг угря; именно оно особо его интересует; он сравнивает его вид с полем магнита (1784); только вокруг

угря мы имеем поле, «наполненное циркулирующей электрической силой» (там же), а мы бы теперь сказали: «поле пространственно распределенных токов».

Напомним, что еще несколько лет тому назад Фарадею приходилось в особой серии (III) доказывать, что «животное электричество» есть такое же электричество, как и статическое («обыкновенное»), гальваническое (или «вольтаическое»), термоэлектричество и «магнето- [т. е. индукционное] электричество», что оно также характерно действует на вкус, производит удар, обнаруживает магнитные и электрохимические действия, искры и т. п. И здесь (1770) он старается количественно характеризовать наблюдаемые действия, и здесь также затруднен отсутствием общепринятой системы электрических единиц.

В п. 1790 мы имеем в очень скромном пока виде нечто вроде формулировки принципа эквивалентности и взаимопревращаемости различных видов энергии. «Нервная сила» явно берется за одну скобку с этими другими, чисто физическими ее видами. Ставится задача о превращении этих последних в «нервную силу». Таким образом Фарадей своими немудреными и всем понятными опытами и схемами принципиально ставит вопрос о доказательстве материалистического понимания нервных процессов.

Серии шестнадцатая и семнадцатая (раздел 24 «Исследований») содержат опыты и высказывания Фарадея о происхождении электродвижущей силы гальванического элемента. Этим предметом Фарадей занимался и ранее (восьмая серия, пп. 875—965 и 989—1047; десятая серия, пп. 1119—1160; см. также статью редактора, т. I, стр. 778—779). Как известно, он решительно стал на сторону приверженцев химической теории против теории «контактного возбуждения». Междоусобная брань физиков по этому вопросу продолжалась вплоть до наших дней и окончилась созданием теории гальванического элемента, точной формулировкой понятия о «сторонних силах» неэлектрического характера, разделяющих друг от друга

противоположные заряды тела и направляющих эти заряды против действия электрических сил. Нам ныне не вполне понятен тот жар, с которым обрушивались друг на друга сторонники противоположных воззрений на этот предмет:¹ мы берем нужные нам элементы и из той и из другой теории, отбрасывая то, что фактически или логически оказывается неверным. Фарадей идет гораздо дальше: он отрицает самое существование контактных разностей на границе двух металлов и «правило Вольты», объясняющее, почему ряд замкнутых на себя металлов не дает тока. Фарадей заявляет, что он не знает опытов, которые установили существование контактных разностей и их взаимной компенсации. Он относится отрицательно к электрометрическим измерениям (1808) и все свои измерительные опыты делает с помощью гальванометра. Конечно, этим он исключает из рассмотрения все явления, не осложняемые прохождением в цепи тока. Мы теперь отлично представляем себе, что с точки зрения энергетического баланса ток с его тепловыми и, возможно, другими затратами должен находить себе компенсацию в каких-либо других освобождающих энергию процессах. Фарадей, конечно, нигде не пользуется этим термином. Работа написана в декабре 1839 г., когда не существовало еще ни понятия об энергии, ни основоположных работ Майера и Джула (1842 и 1843). Но он находит этот источник «силы», как он выражается, в химическом действии. В своих рассуждениях по этому поводу он возвышается до истинного провидения (2071 и подстрочное примечание к нему). Образование тока простым контактом есть «создание силы». «Сила» во многих явлениях так изменяется, что можно говорить о «преобразовании силы». Так, «химическая сила» дает электрический ток, и обратно. Теплота может преобразоваться в электричество, электричество и магнетизм пре-

¹ На нашей родине академик Паррот был одним из важнейших защитников химической теории, а его ученик Ленц — последователем «контактного» учения Вольты.

образуются друг в друга. Но никогда, *даже* (!) в рыбах с электрическими органами, не наблюдается «творения силы», «производства силы» без затраты чего-либо, ее «доставляющего». Заменяем здесь «силу» «энергией», — и мы увидим широкую формулировку закона сохранения и превращения энергии; для времени Фарадея это — целая программа подлежащих установлению количественных соотношений. И только отсутствие последних — одинаково у Гейгенса, Ньютона, Лейбница, Ломоносова, Фарадея — лишает этот строй мыслей того действительного значения, которое он приобрел во второй половине прошлого века, после труда Гельмгольца.

Фарадеевские высказывания нисколько не уступают формулировкам Майера ни в широте, ни в определенности. Цитируемое место следует считать самым значительным во всем материале шестнадцатой и семнадцатой серий.

Все прочее содержание их составляет из бесчисленного количества опытов, опровергающих возможность приписать зарождение тока действию одного контакта. Мысль Фарадея неутомимо создает новые схемы для такого опровержения, а количество осуществляемых опытов и их разнообразие поражают читателя и поныне. Целеустремленность всей работы дает классический образец для ученого исследования — дает на долгие годы и для труда в любой области знания.

Содержание последней серии второго тома (восемнадцатой) навеяно изобретением некоего Армстронга (впоследствии известного «пушечного короля») — большой электростатической машиной, которая имела вид настоящей заводской установки и работала посредством трения капелек воды в струе пара, с силой выбрасываемого из царового котла на противопоставленное ему препятствие. Изобретатель машины связывал происходящую при этом электризацию с испарением или изменением состояния воды, чем предвосхищал позднейшую — и, как мы знаем теперь, неверную — теорию Фр. Экснера о происхождении атмосферного электричества. Фарадей убедительно показывает, что и в этой машине электризация

вызывается только трением воды о препятствие. Любопытен устанавливаемый при этом порядок, в котором тела электризуются, и особое положение в этом ряду *воды*. Невольно связываешь это исключительное ее положение с ее исключительно высокой диэлектрической постоянной.

В дальнейшем изложении мы объединяем под общим заголовком статьи сходного содержания.

Б. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВРАЩЕНИЯ

О некоторых новых электромагнитных движениях и о теории магнетизма (стр. 183). — Прибор для электромагнитного вращения (стр. 211). — Описание электромагнитного прибора для демонстрации вращательного движения (стр. 213). — Заметка о новых электромагнитных движениях (стр. 218). — Исторический очерк, и т. д. (стр. 227). — Историческая справка относительно электромагнитного вращения (стр. 228).

По этому вопросу мы находим здесь шесть статей общим объемом 50 страниц. Наиболее обширная первая статья особо интересна, кроме своего содержания, и тем обстоятельством, что она показывает нам Фарадея в самом начале его творчества — в 1821 г., за 10 лет до открытия им явления электромагнитной индукции. Он еще не нашел самого себя, своего языка и терминологии, многого еще не продумал и не додумал. Некоторые его высказывания поражают, позволим себе это выражение, наивностью, и эта наивность не всегда объясняется исторически. Так, при описании «калоримотора» д-ра Гейра¹ он полагает, что особо сильное действие этого элемента объясняется сильной (электростатической) индукцией (стр. 183), которую будто бы, при своеобразном устройстве элемента, его пластины оказывают друг на друга. Правда, закон Ома открыт позже (в 1826 г.),

¹ Это — две не соприкасающиеся друг с другом пластинки — медная и цинковая, — опущенные в серную кислоту и свернутые спирально.

и Фарадей мог не представлять себе значения малого внутреннего сопротивления; но уже тогда должно было быть ясно, что здесь индукция не при чем. Далее, он непонятным образом полагает, что при его опытах с *одним* элементом направление тока будет противоположно тому, которое было бы в цепи, если бы в нее была включена батарея.¹ Пишет здесь Фарадей вообще очень туманно, и его переводчик на немецкий язык (см. наше подстрочное примечание) предпочитает для ясности давать его текст в своем вольном переложении.

За всем тем статья производит на нас глубокое впечатление; такое же впечатление она произвела на современных ей читателей. «Сам» Ампер назвал ее автора великим физиком; она была переведена на французский и немецкий языки; во французском тексте и примечаниях (А. Риффо) современники угадывали влияние Ампера, а Гильберт писал в предисловии к своему переводу: «Я могу только присоединиться к мнению г. Ампера; в преследовании своей основной мысли автор показал столько экспериментальной ловкости, такое богатство средств для вопрошения природы и одновременно столько остроумия и выдержки, что ему подобает выдающееся положение среди новейших физиков».

Фарадей экспериментирует в 1821 г., т. е. всего через год после открытия Эрстеда. Понятно, что представления относительно магнитного поля тока еще не уяснены современниками. По всей вероятности, первым, кто понял замкнутый характер магнитных линий вокруг тока, был Волластон; это он, по словам Фарадея, произнес при нем выражение, что этот магнетизм является «вихреобразным» (*vertiginous*), чем перевернул воззрения Фарадея, который искал притяжений и отталкиваний полюса стрелки током.

¹ Интересно, что переводчик статьи на немецкий язык, издатель «Анналов физики и химии», Гильберт присоединяется к этому странному мнению. См. *Ann. d. Phys.*, 71 (11), стр. 127 (1822).

Руководствуясь картиной таких вихреобразных сил, Фарадей и создает первые приборы, показывающие возможность непрерывных вращений магнитов вокруг тока и токов вокруг магнита. Не надо смущаться их игрушечными размерами: это — прообраз всех будущих электродвигателей и одновременно — новый принцип непрерывного вращения, пришедший вместе с этими приборчиками на смену принципу поступательно-попятного движения, лежащего в основе паровой машины.¹

В этой же статье Фарадей высказывается по поводу только что появившейся теории магнетизма Ампера. Как и многим современным ему читателям, теория Ампера представляется Фарадею не вполне ясной: токи в магните имеют молекулярные размеры, как может их действие равняться действию одного тока, охватывающего боковую поверхность магнита? В том же томе, где напечатано гильбертовское изложение статьи Фарадея, имеются статьи „О. де ля Рива и письмо Г. Дэви к Волластону, направленные против теории Ампера. Как видим, признание воззрений Ампера пришло не сразу. Фарадей — большой сторонник теории Ампера.

Открытие электромагнитных вращений принесло Фарадею много личных огорчений: его чуть не обвинили в плагиате у Волластона, чуть не забаллотировали при выборах в члены Королевского общества. Отголоском этой грустной истории является статья настоящего тома: «Историческая справка относительно электромагнитного вращения» и последняя статья этого раздела. За другими подробностями дела отсылаем к биографии Фарадея.²

¹ Первые конструкторы электродвигателей по старой привычке пытались и в них, наперекор природе, применить принцип поступательно-попятного движения.

² На русском языке см.: М. И. Радовский. Фарадей (Серия «Жизнь замечательных людей»), М., 1936.

В. ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Электромагнитный ток (под влиянием магнита) (стр. 233). Об электродвижущей силе магнетизма (стр. 235). — Ошибки Нобили и Антинори относительно магнитоэлектрической индукции (стр. 255). — Новые опыты, относящиеся к действию магнетизма на электродинамические катушки, и описание новой электродвижущей батареи (Даль-Негро) с примечаниями Михаила Фарадея (стр. 282). — О магнитоэлектрической искре и ударе и о специальном условии электрической и магнитоэлектрической индукции (стр. 288). — Дополнительные соображения относительно магнитоэлектрической искры и удара (стр. 296).

Сюда относятся шесть статей. Первая (об электромагнитном токе под влиянием магнита) любопытна в том отношении, что заставляет умолкнуть многих претендентов, которые «почти» или «чуть-чуть не» открыли одновременно с Фарадеем явление электромагнитной индукции и при этом искали *длительного* тока под влиянием поднесенного магнита. Оказывается, что в числе таких «неудачников» был и Фарадей, но за целых шесть лет до своего великого открытия. Три следующих статьи имеют предметом попытку двух итальянских ученых (Нобили и Антинори) «захватить инициативу» в разработке открытия Фарадея (электромагнитной индукции). Краткое изложение этой истории имеется в т. I «Исследований» (примечание автора к первой серии, стр. 66). Леопольдо Нобили известен нам как солидный ученый, со многими ценными работами на ранних стадиях учения об электромагнетизме. Но его работа,¹ помещенная Фарадеем здесь, во втором томе «Исследований», производит неприятное впечатление крайней развязностью приемов и тона: то он рассыпается перед Фарадеем в преувеличенных похвалах и любезностях, то как-то покровительственно «похлопывает его по плечу», то снисходительно критикует его результаты — и все это, еще не прочитавши его работы (серии I), а зная ее только по чужому изложению. Резуль-

¹ Соавтор ее, Антинори — повидимому, весьма второстепенная фигура.

татов Фарадея он, конечно, не понял и не усвоил. Опыт Араго, который после открытия Фарадея впервые получил свое разъяснение (см. пп. 81—139, в т. I), он истолковал по-своему и совершенно неверно. Итальянские ученые произвели те же опыты, что и Фарадей, относительно индукции токов земным магнитным полем, и изложили их так, что многие приняли их работу за самостоятельное «открытие» (см. в статье Даль-Негро, стр. 282). Наконец, номеру журнала, в котором они поместили свою статью, была присвоена ложная (или, во всяком случае, неправильная) дата, вследствие чего они оказались упреждающими работу Фарадея. Последний на этот раз вмешался чрезвычайно энергично и резко, в «примечаниях» к статье Нобили и Антинори, затем в «письме» к Гей-Люссаку (как редактору «Annales de Chimie et de Physique») и, наконец, в примечаниях к письму-статье Даль-Негро. В настоящее время никому и в голову не придет сомневаться в приоритете и в авторстве Фарадея. История более поучительна с той точки зрения, что дает ясное представление о том, как плохо понимали Фарадея его современники и как он со своими представлениями о силовых линиях и о силовом поле был одинок — вплоть до того времени, когда его воззрения были восприняты и провозглашены на весь мир усилиями другого гениального электрика — Клерка-Максвелла. Впрочем, полную ясность самое учение об индукции получило только тогда, когда оно понадобилось для практических приложений, для электротехнических расчетов динамомашин и электродвигателей.

Интерес к полемике Фарадея снижается слабостью его оппонентов, в особенности Даль-Негро (последний попутно описывает несуществующее явление различия в силе двух полюсов магнита); да и другие два автора не могли ему ничего ответить.

Последние две статьи этого цикла работ относятся к явлениям искры и удара при замыкании и размыкании токов. Не все, что Фарадей говорит в первой статье «О магнито-



Миханл Фарадей
Репродукция с гравюры.

электрической искре и ударе...»), верно, и он сам исправляет свои ошибки во второй («Дополнительные соображения...»). Но здесь содержатся мысли необыкновенной важности, впоследствии давшие физике обобщения самого широкого, можно сказать философского, характера. На стр. 293 Фарадей говорит о *кажущейся инерции движущегося электричества*. Он довольно быстро устанавливает связь этой «инерции» с магнитным полем движущихся зарядов, с полем, которое значительно усиливается присутствием железа. Мы знаем, что этот термин «кажущейся инерции... электричества» держался в науке до 90-х годов прошлого века. Дж. Дж. Томсон впервые определил количественное значение этой «кажущейся массы» движущегося заряда — определил в точности по рецепту Фарадея, учитывая величину магнитного поля заряда. Труды большого числа теоретиков и среди них таких, как М. Абрагам, Г. Лорентц, популяризировали эту идею, нашедшую свое окончательное блестящее оформление в теории относительности Эйнштейна, где «инертной» оказывается уже не только магнитная, но и всякая энергия, сообщенная движущемуся телу. Все это имеет свое начало в немногих строках второго тома «Исследований» Фарадея, написанных в форме письма в «Philosophical Magazine» в 1834 г.

Г. О МАГНИТНЫХ СВОЙСТВАХ ТЕЛ

Действие холода на магнитные стрелки (стр. 227). — Об общих магнитных отношениях и свойствах металлов (стр. 305). — Заметка о магнитном действии марганца при низких температурах (стр. 311). — Об общих магнитных соотношениях и свойствах металлов (дополнительные данные) (стр. 312).

Мы не найдем здесь особо важных опытов и соображений, но статьи исторически важны, так как показывают ранний интерес Фарадея к магнитным явлениям, почему последующее открытие и исследование пара- и диамагнетизма становится понятным как плод долгих и неутомимых опытов и размышлений.

Опровергается указание о потере железом и сталью магнитных свойств при низких температурах (до -80°C), опровергается магнетизм марганца при столь же низких температурах. Ошибочно отрицаются магнитные свойства кобальта. Устанавливается, что точка, при которой исчезает магнитная индукция, различна для железа и никеля; сталь теряет способность быть постоянным магнитом при более низкой температуре, чем та, при которой она, как и мягкое железо, лишается вообще всех магнитных свойств, — мы бы сказали: коэрцитивная сила пропадает ранее, чем высокое значение коэффициента намагничивания.

Д. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Письмо профессору Фарадею о некоторых теоретических взглядах от Р. Гейра (стр. 348). — Ответ на письмо д-ра Гейра... (стр. 363). — О втором письме д-ра Гейра... (стр. 379). — О статическом электрическом индуктивном действии (стр. 386).

Эта дружественная переписка в высшей степени важна, так как дает отчетливое понятие о тех недоумениях, которые возникали у современников (а отчасти возникают и у нас) при чтении первого тома «Исследований», а также теми разъяснениями и дополнительными соображениями, которые здесь дает Фарадей.

Важнейшие пункты, которые вызывают недоумение Р. Гейра,¹ таковы: 1) он плохо себе представляет, что такое действие «смежных частиц»; 2) он не понимает, как частица может быть заряжена одним видом электричества, если она вообще может только поляризоваться; 3) его крайне смущает фарадеевское утверждение о тождественности проводимости и изоляции; 4) участие промежуточных частиц в явлении индукции он не умеет связать коли-

¹ Напомним, что в первом томе «Исследований» Фарадей сочувственно описывал новую батарею Гейра; в настоящем он описывает опыты, которые производил с помощью его «калоримотора».

чественно с фактом, что диэлектрическая постоянная газов равна единице; 5) «количество» и «напряжение» в явлениях электричества тоже представляют для него камень преткновения.

Сверх этих, важнейших вопросов возникают и другие, о которых мы говорить не будем; а затем Гейр делает попытку создать нечто вроде своей теории, которая, однако, с точки зрения последующей истории развития наших воззрений не представляет для нас интереса.

Фарадей отвечает своему корреспонденту в своем письме к нему; некоторые свои мысли, высказанные в этом письме, он развивает далее в последней статье этого цикла.

Прежде всего о «смежных частицах». Уже в первом томе мы видели, что *смежными* Фарадей называет *ближайшие* (примечание на стр. 480), хотя бы они и отстояли «на пол-дюйма» (1616).¹ Судя по тем высказываниям Фарадея, которые мы находим во втором томе, было бы правильное вместо его выражения «индукция действует через смежные частицы» употребить другое: «все смежные частицы участвуют в явлении индукции»; думается, что высказанное в такой форме утверждение Фарадея не возбудило бы в его читателях никакого недоумения.

Другое недоумение вызвало в Гейре категорическое заявление Фарадея о невозможности «абсолютного заряда», т. е. заряда одного знака. Учение о поле находилось в зачатке, не было ясно, что силовые линии своими «концами» упираются в заряды противоположного знака, что «поляризуется» в этом смысле и лишенная вещества «пустота», или, как мыслилось во времена Фарадея, «свободный эфир». Гейр же вывел из слов Фарадея заключение, что поляризоваться — и только поляризоваться, а отнюдь не заряжаться — должна каждая отдельная материальная «частица».

¹ См. также статью редактора первого тома, стр. 762, последний абзац.

Следует признать, что утверждение Фарадея о «тождественности проводимости и поляризации» приводит и нас в то же недоумение, как и его современников; разве только в том он оказался прав, что *токи* могут существовать как в проводниках, так и в изоляторах, но это стало ясно лишь позже, когда Максвелл создал учение о «смещении» и «токах смещения».

О «количестве» и «напряжении» Гейр говорит с полным непониманием. Мы помним, что эти понятия были темны и для Фарадея (см.: «Исследования», т. I, стр. 734, 750 и др.). Такой огромный разрыв существовал между теоретиками и экспериментаторами в те времена; напомним, что одновременно с Фарадеем работали Гаусс, Лаплас и Пуассон. Мы принуждены быть здесь весьма краткими, но обращаем внимание читателей на крупное историческое значение излагаемой полемики. Новые важные научные понятия нередко усваиваются как отдельными людьми, так и целыми поколениями только с трудом и как бы с сопротивлением. И ныне каждый изучающий основы теории электромагнитного поля мучится теми же сомнениями, какие мучили всех наших предшественников-физиков...

В ответе Фарадея уточняется его представление об индукции через промежуточные тела. Его рассуждения служат великолепной иллюстрацией к теореме Гаусса, хотя автор ничего о ней не говорит, да, конечно, ничего и не знает. И если бы теперь мы хотели изложить содержание теоремы Гаусса не как математическую формулу, а как физический факт, мы бы не могли найти лучший способ изложения, чем тот, который Фарадей применяет в ответе своему американскому корреспонденту, а также в статье «О статическом электрическом индуктивном действии».

Последняя статья второго тома посвящена изложению взглядов Фарадея на атомное строение и на атомистическую теорию вообще. Мы отмечали уже в первом томе, что Фарадей — антиатомист, хотя и не вполне последовательный

(см. том I, стр. 740—742). Закон кратных отношений и открытые им самим законы электролиза — те основы атомизма, которые были известны во время Фарадея, — не убедили его в справедливости атомистической доктрины. В рассматриваемой статье он сосредоточивает свои главные аргументы по этому вопросу. Основной его прием заключается в том, чтобы доказать внутреннюю противоречивость атомной гипотезы в вопросе о проводимости. Атомы трактуются как тельца, не соприкасающиеся друг с другом; пространство между ними образует непрерывную «сетку трех измерений». Спрашивается теперь, как здесь может осуществиться проводимость? Положим, что «пространство» не проводит; тогда, если «атомы» и суть проводники, проводимости быть не может, так как атомы друг друга не касаются, даже если предполагать, что они — проводники; если же «пространство» проводит, то не может существовать непроводников.

Мы теперь знаем, что атом не проводник и не изолятор; в нем имеются носители зарядов — ионы (и электроны), введенные в наш научный обиход главным образом самим Фарадеем. Когда эти ионы закреплены в атоме, мы имеем дело с изолятором, когда они от него легко отделяются — проводник, и никакого внутреннего противоречия не оказывается. Это — один из примеров того, как много физика выигрывает, отказываясь от отождествления свойств микромира и макромира.

Минуя другие затруднения, которые Фарадей находит для атомной теории в изменчивости того, что мы называем «ионными» и «атомными» радиусами, подойдем к его окончательным выводам.

Фарадей отвергает старое представление об атоме как неизменном твердом, упругом и непроницаемом кусочке материи; он согласен допустить схему атома, предложенную Босковичем. Последний представляет себе атом исключительно как центр сил, которые одни действуют

на окружающий мир. Материальный субстрат атома отрицается, а силы являются какой-то сверхматериальной (духовной?) субстанцией. Таким образом, Фарадей в основном вопросе о веществе и его строении оказался в плену у этой сугубо идеалистической схемы. Но он принял ее целиком и подробно излагает ее следствия, причем его мысли чрезвычайно похожи на то, что лет 60 спустя писал один из творцов «энергетической» философии — Вильгельм Оствальд. Явное отрицание материи и замена ее энергией видны в тех рассуждениях, которые читатель найдет в последнем абзаце стр. 399 и далее на стр. 400. Конечно, это не материалистическое миропонимание, а нечто ему противоположное.

Однако, сделав раз уступку и признав атомы в принципе, Фарадей в дальнейшем принужден говорить о свойствах атома как физик, и здесь его высказывания чрезвычайно интересны. Атом — подобие планетной системы, в которой «силы» (а мы помним, что по терминологии Фарадея это заряды) обращаются около центра «по экватору или как-нибудь иначе». Силовое поле является продолжением атома «на всю солнечную систему». Форма силового поля атома, вид линий сил определяет его взаимодействие с другими атомами; атомы взаимно проницаемы и т. д. Короче, мы видим здесь, хотя в довольно туманной форме, элементарный прообраз той схемы атома, которая была создана наукой в первой четверти нашего века.

Г. П. Кравец.

ПРИМЕЧАНИЯ РЕДАКТОРА



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ

Пятнадцатая серия

1750.¹ Рише (Richer) — по всей вероятности Jean (умер в 1696 г.), посетивший Кайенну и много о ней писавший. ♦ С'Гравезанд (s'Gravesande W. J., 1688—1742) — профессор в Лейдене, автор весьма ходкого в свое время учебника физики, под названием «Physices element mathematica, experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam» (1720—1721). В нем много замечательных демонстрационных опытов, сохраняющихся в физических кабинетах доселе («кольцо Гравезанда»). ♦ О Фирмине (Firmin) никаких данных мы не нашли. ♦ Гардини (Gardini Giuseppe Francesco, 1740—1816) — врач в Альба (Италия). Писал по вопросам электричества вообще. ♦ Тодд (Todd Tweedie John, 1789—1816) — морской врач, писал об электрическом скате. ♦ Гальвани (Galvani Luigi, 1737—1798) — знаменитый основоположник того отдела учения об электричестве, который по его имени назван гальванизмом. Соответственная работа появилась в 1793 г. ♦ Об остальных ученых, упоминаемых в настоящем параграфе, см. прим. ред. в первом томе: Уолш — к п. 351; А. Гумбольдт — к п. 358; Кэвендиш — к п. 265; Гей-Люссак — к п. 741; Дэви (сэр Гемфри) — к п. 265; Беккерель — к п. 477; Маттеучи — к п. 360. ♦ Ток силы — здесь Фарадей, как обычно, называет «силой» электрический заряд.

1751. Уильямсон (по всей вероятности, Williamson James, умер в 1795 г.) — профессор в Глазго. ♦ Гарден (Garden Alexander, 1730—1791) —

¹ Число, стоящее перед каждым примечанием к сериям XV—XVIII, указывает параграф (сокращенно: п.) «Исследований», к которому оно сделано.

врач в Лондоне, опубликовал работу об электрическом угре. ♦ Данных о Гизане (Guisan) мы не могли найти. ♦ Фальберг — см. примечание к п. 358 (т. I).

1752. Д-р Дэви (Davy John) — см. примечание к п. 351 (т. I). В настоящем томе, стр. 297, мы найдем острую полемику с ним Фарадея.

1753. Хом (Home, sir Everard, 1756—1832) — хирург и анатом, вице-президент Королевского общества. ♦ Упоминаемый здесь Нордерлинг, по видимому, не имеет отношения к науке.

1754. Портер и Брэдли — лица, к науке не причастные. ♦ Гассио (Gassiot John Peter, 1797—1877) — лондонский коммерсант и физик-любитель. ♦ Оуэн (Owen, по всей вероятности, sir Richard, 1809—1892) — известный английский биолог. ♦ Уитстон — см. примечание к п. 853 (т. I). ♦ Обычное электричество, по терминологии Фарадея, — статическое.

1760. Дальнейшее изложение аналогично тому, которое посвящено животному электричеству в первом томе; см. пп. 351—359.

1765. Гаррис — см. примечание к п. 80 (т. I), а также нашу статью в первом томе, стр. 737.

1770. Мы получаем здесь отчетливое представление о тех трудностях измерительного характера, которые возникали у ученых — современников Фарадея (и позже, до Ленца и Якоби включительно) в связи с отсутствием общепринятых единиц для основных электрических величин. См. по этому поводу также т. I, п. 371.

1784. Большие силы — больше электричества.

1786. По терминологии Фарадея «напряжение» есть э. д. с., а «количество» — сила тока.

1793. Жоффруа Сент-Илер; эту фамилию и прозвание носили два больших французских зоолога (отец и сын). Здесь дело идет, по видимому, об отце (1772—1844), знаменитом противнике Кювье.

1790. См. прим. ред. в первом томе: Зеебек — к п. 349; Пельтье — к п. 1625; Эрстед — к п. 1653.

1791. Пристли (Priestley Joseph, 1733—1805) — знаменитый физик и химик; открыл кислород. ♦ Об Уилсоне Филипе данных не имеется. ♦ Прево (Prevost Jean Louis, 1790—1850) — врач, физик и химик, неоднократный сотрудник Дюма. ♦ Дюма (Dumas Jean Baptiste, 1800—1889) — знаменитый химик, впоследствии непреходящий секретарь Парижской академии.

Шестнадцатая серия

1797. Вольта — см. примечание к п. 856 (т. I). ♦ Пфафф (Pfaff Christian Heinrich, 1773—1852) — врач и химик, брат известного математика, профессор в Киле; его работы по теории гальванического элемента относятся к 1824 и 1837 гг.; сторонник контактной теории. ♦ Марианини —

см. прим. ред. к п. 77. ♦ Фехнер (Fechner Gustav Theodor, 1801—1887) — крупный физик (Лейпциг) и психо-физиолог; в учении об электричестве известен как сторонник контактной теории; работал над утверждением в физике закона Ома и при этом предполагал существование «сопротивления перехода» на границе двух сред. ♦ Замбони (Zamboni Giuseppe, 1776—1846) известен как изобретатель «сухого» элемента. ♦ Карстен (Karsten Karl Johann, 1782—1853) — горный инженер, минералог и химик; работал также по вопросам электричества контакта; член Берлинской академии. ♦ Бушарда (Bouchardat Apollinaire, 1806—1886) — медик и химик (Париж); упоминаемая здесь работа относится к 1833 г. ♦ Фаброни (Fabroni Giovanni Valentino, 1752—1822) работал во Флоренции; работа по гальванизму, упоминаемая здесь, напечатана в Париже в 1796 г. ♦ Паррот Георг Фридрих (1767—1852) — профессор в Дерпте, затем академик в Петербурге; учитель Э. Х. Ленца; автор новой (химической) разновидности корпускулярной теории света; сторонник химической теории гальванического элемента. ♦ Остальные упоминаемые здесь имена см. прим. ред. в первом томе: Воластон — к п. 76; де ля Рив — к п. 77; Ритчи — к п. 265; Пулье — к п. 1652; Шенбейн — к п. 1742; Никольсон — к п. 1230; Эрстед — к п. 1653; Беккерель — к п. 477.

1803. Перевести часть действующей силы в динамическую форму — привести часть электричества в движение. ♦ Превращается в динамическую форму все — все электричество приходит в движение. ♦ Количество произведенной электрической движущейся силы — произведенная сила тока.

1804. Напряжение — э. д. с.; количество силы — сила тока.

1806. Якоби Борис Семенович (1801—1874) — академик, изобретатель гальванопластики, самопишущего телеграфа, электродвигателя и многого другого. О нем Фарадей говорит также в предисловии к первому тому (стр. 9). Якоби посылал Фарадею образчики гальванопластических работ и получил от него любезное письмо.

1807. См. п. 1804.

1808. Напомним, что во времена Фарадея единственным чувствительным электрометром был электроскоп с конденсатором Вольта.

1816. Во время этих опытов единственным методом регулировки тока было погружение пластин элемента (или вольтметра) на большую или меньшую глубину. Реостат (или, как его называли вначале, вольтгометр или агометр) был изобретен одновременно Б. С. Якоби и английским электриком, известным Уитстоном (1841—1843).

1821. Вольфрам — разумеется, по всей вероятности, вольфрамовая руда.

1820. Гален — PbS_2 .

1822. Фарадей удивляется хорошей проводимости перекисей при отсутствии проводимости у окисей. Дело в том, что он (см. т. I, пп. 679, 697, 830, 1707) считал установленным закон, по которому проводимостью

обладают лишь такие соединения, где элементы связаны друг с другом в пропорции один эквивалент на один.

1837. Контактному действию платины посвящен ряд работ Фарадея; см., например, пп. 227—660 в первом томе.

1843. Переписку Фарадея с Шенбейном по поводу пассивированного железа см. на стр. 327—348 этого тома.

1880. Риттер — см. примечание к п. 77 (т. I); его вторичные элементы — аккумуляторы. ♦ Предпоследнее предложение дает в несколько сбивчивой форме закон Ома, которым Фарадей вообще не пользуется. ♦ Количество — сила тока.

Семнадцатая серия

1959. Даниэль — см. примечание к п. 56 (т. I).

1969. Авогадро (Avogadro Amedeo, 1776—1856) — профессор в Турине. Знаменитый автор так называемого закона Авогадро (1811).

2043. Мунке (Muncke Georg Wilhelm, 1772—1847) — профессор физики в Марбурге и Гейдельберге, весьма плодовитый автор по самым разнообразным вопросам.

2068. Верцелиус — см. примечание к п. 79 (т. I). Их частицы, по одной каждого вещества... — Фарадей придает воде формулу НО. ♦ Движение силы — ток.

2071. Сопротивление электролитического действия — обратная электродвижущая сила поляризации электродов. ♦ «Сила» во многих предложениях этого параграфа означает на современном языке энергию. ♦ Во всем параграфе, а равно в цитируемых словах Роджета, содержится принципиальная формулировка закона сохранения и превращения энергии. ♦ Роджет (Roget Peter Mark, 1779—1869) — врач и ученый; книга, на которую ссылается Фарадей, вышла в 1834 г.

2072. Здесь также химическая «сила» есть химическая энергия.

2073. Электрические явления подчиняются закону сохранения энергии (декабрь 1839 г. — за 2 года до Майера, за 3 года до Джула, за 7 лет до Гельмгольца!).

2074. Необходимо помнить, что серной кислотой Фарадей называет серный ангидрид SO_2 ; последний он считает не электролитом. ♦ Мор (Mohr Karl Friedrich, 1808—1879) — аптекарь, потом профессор фармации в Бонне. Чрезвычайно плодовитый автор по многим отделам физики и химии.

Восемнадцатая серия

2075. Армстронг (Armstrong, sir William George, 1810—1899) — основатель известного пушечного завода. Его электрическая машина, о которой здесь идет речь, отличается всеми чертами заводской установки.

♦ Обыкновенно теория происхождения атмосферного электричества за счет испарения воды приписывается Фр. Экснеру.

2076. Галлон — около 4.5 л.

2082. Их состояния противоположны — противоположны их заряды.

♦ Состояние пара — его заряд.

2086. Возбуждать — электризовать. ♦ Положительная (отрицательная) сила — заряд.

2088. Шафгёйтль (Schafhäütl, 1803—1890) — медик, химик, горный инженер. Долго проживал в Англии, а затем был профессором в Мюнхене.

2114. Нам не удалось выяснить, какое вещество Фарадей называл пироксильным спиртом.

2124. Фарадей говорит о ряде веществ, которые ныне мы назвали бы поверхностно-активными.

2145. Паттинсон (умер в 1858 г.) — химик, собственник химической фабрики. Работа, здесь упоминаемая, относится к 1840 г.

СТАТЬИ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ

О некоторых новых электромагнитных движениях и о теории магнетизма

Стр. 183. Фарадей весьма сбивчиво описывает «калоримотор» Гейра; это — собственно обыкновенный элемент с большой поверхностью электродов, очень сближенных друг с другом, т. е. с малым сопротивлением. Индукция тут, конечно, не при чем. ♦ Гейр — см. прим. ред. к п. 897 (т. I).

Стр. 183. Вызывает недоумение предположение, что «ток проходит в соединительном проводе батареи от цинка к меди».

Стр. 183. Соединительный провод — провод, по которому проходит ток.

Стр. 184. Перпендикулярном — вертикальном.

Стр. 189. В вопросе о вращении магнита и провода вокруг их оси Фарадей, повидимому, не прав, и дело объясняется только недостаточностью фактов, бывших в его распоряжении. ♦ Ампер — см. примечание к п. 2 (т. I).

Стр. 190. Простым случаем магнитного движения... — Этой и предмудшей фразой Фарадей хочет сказать, что считает действие токов на токи сложным явлением, которое распадается на два простейших: 1) образование магнитного поля вокруг первого тока и 2) действие этого поля на второй ток, как это мы теперь излагаем в учебниках. ♦ Повидимому, Воластон первый употребил выражение «магнетизм имеет вид вихря».

Стр. 190. На оси катушки... — вернее: внутри контура витков катушки; вне контура складываются силы противоположных знаков; внутри контура все силы имеют одно направление («стремятся перенести полюс в одну точку»).

Стр. 190. Сила сконцентрирована на конце катушки. . . — Мы теперь сказали бы, что там сосредоточена кажущаяся магнитная масса катушки. В этом смысле Фарадей позже всегда употребляет слово «сила».

Стр. 192. Два провода в противоположных состояниях — с антипараллельными токами.

Стр. 193. Перпендикулярный — вертикальный.

Стр. 194. Два неодинаковых провода — с противоположным направлением токов в них.

Стр. 194. См. предыдущее примечание.

Стр. 196. Одинаковые силы отталкивают. — Здесь «сила» означает заряд, полюс. «Полюс батареи» ошибочно вместо «магнита».

Стр. 197. Противоположные стороны проводящих проволок — следует понимать: противоположные стороны контура. «Батареи» — ошибочно вместо «магнита».

Стр. 197. Простейшим случаем магнитного действия. . . — Здесь Фарадей хочет сказать, что отдельные витки катушки действуют независимо друг от друга; обращенные друг к другу стороны отдельных витков почти нейтрализуют друг друга; остаются действия двух конечных витков. ♦ Магнитное состояние — полюс, образуемый витком. ♦ Если силы одинаковы — если полюсы одинаковы.

Стр. 197. Наэлектризованы одинаково — обтекаются током в одном направлении.

Стр. 197. Провода не одинаковы — в проводах направление токов противоположно.

Стр. 199. Перпендикулярно вращается — вращается в нормальной к нему плоскости.

Стр. 199. Утверждение, что в центре витка сила максимальна, — не правильно: наоборот, там магнитная напряженность проходит через минимум.

Стр. 200. Силы полюса — его магнитная масса.

Стр. 201. Во всей внутренности длинного соленоида величина магнитной напряженности будет, напротив, одинакова.

Стр. 209. Токов, которые существуют в магнитах перпендикулярно к их осям — в плоскостях, нормальных к осям.

Прибор для электромагнитного вращения

Стр. 211. Ньюмен — механик, упоминаемый Фарадеем также в п. 1133 (т. I).

Заметка о новых электромагнитных движениях

Стр. 218. Утверждение, что действие происходит в плоскости, почти перпендикулярной проводу, конечно, не верно. Мы теперь точно опре-

деляем действие силы как нормальное к плоскости, проходящей через данный элемент тока и через полюс.

Стр. 218. Те же соображения относятся и к случаю движения в земном поле: сила направлена нормально к плоскости, проведенной через элемент провода и направление «стрелки наклона» в месте элемента. В дальнейшем Фарадей дает совершенно верное направление действующих сил.

Стр. 224. Фарадей указывает здесь явления, получившие впоследствии название «электрокапиллярных» и положенных в основу известного в свое время электрометра Липпмана.

Действие холода на магнитные стрелки

Стр. 227. Де Санктис (De Sanctis Bartolomeo, 1781—1830) занимался наукой как частное лицо в Риме, Париже и Лондоне. ♦ Эллис (Ellis Robert, 1817—1859) — математик и физик в Кембридже.

Электрические свойства (и место) оксалата извести

Стр. 234. Оксалат извести — шавелевокислый кальций. О нем как о веществе, электризующемся весьма положительно, вскользь упоминается в п. 2107 серии XVIII (стр. 167 настоящего тома).

Об электродвижущей силе магнетизма

Стр. 235. Краткое изложение истории повторения работы Фарадея итальянскими учеными Нобили и Антинори см. в примечании к п. 139 (т. I). Здесь этому инциденту посвящены настоящая работа и две последующие. ♦ Нобили и Антинори — см. в первом томе прим. ред. к п. 139; Гашетт — то же, к п. 60.

Стр. 236. Араго — см. прим. ред. к п. 2 (т. I).

Стр. 237. Об электротоническом состоянии см. т. I, в особенности стр. 31—41 и примечание к п. 60.

Стр. 239. Нобили пользуется здесь и далее термином «термомагнетизм». Дело идет о термоэлектрическом токе с гальванометром для наблюдения последнего. Так назвал свое открытие Зеебек.

Стр. 239. Способ измерения магнитного потока его индукционными действиями, здесь предлагаемый, действительно был впоследствии осуществлен в Германии Вебером, а у нас — Лепцем.

Стр. 241. Бэкер (Baker Henry, 1698—1774) — натуралист, изобрел способ обучения глухонемых. На завещанный им капитал учреждено одно из почетнейших в Англии чтений на научные темы; вторая серия (т. I «Исследований») представляет собой такое чтение памяти Бэкера, порученное Фарадею.

Стр. 242. Форбс (Forbes James David, 1809—1868) — профессор физики в Эдинбурге. Писал по разным вопросам, в том числе и по магнетизму. Упомянутая здесь работа напечатана в «Edinburgh Philosophical Transactions», 1834.

Стр. 249. Замечательно, что Нобили пользуется термином «гальванизм», а не «вольтаизм».

Стр. 250—253. Вместе с Фарадеем (см. его примечание) приходится признать, что Нобили и его сотрудник неправильно представляют себе направление возникающих в диске токов (см. последующее письмо Фарадея к Гей-Люссаку). Вследствие этого все дальнейшие их рассуждения совершенно ошибочны.

Стр. 250. Интересно, что на стр. 249 итальянские авторы отрицали особую пользу гальванометра, полагая, что самым чувствительным гальваноскопом является препарированная лягушечья лапка. Здесь же они высшим судьей своих разногласий с Фарадеем считают именно гальванометр и его показания.

Стр. 251. Ошибка Нобили и Антинори заключается в том, что они частным случаем приближения магнита к катушке и удаления от нее придали слишком общее значение. Глубокая мысль Фарадея о необходимости перерезывания провода магнитными линиями не была усвоена итальянскими учеными.

Ошибки Нобили и Антинори относительно электрической индукции

Стр. 267. Если в действие замешан элемент времени... — Мы бы теперь сказали: если действие происходит с запаздыванием фазы.

Стр. 273. Ввиду потребного времени — вследствие запаздывания фазы; вследствие необходимости известного времени — то же. См. также стр. 275, 276.

Стр. 279. Вправо или влево — надо разуметь: от направления движения, которое само происходит вправо или влево.

Новые опыты, относящиеся к действию магнетизма на электродинамические катушки...

Стр. 282. Даль-Неро (Dal Negro Salvatore, 1768—1839) — профессор в Падуе.

Стр. 283. Действие земного магнетизма на электродинамические катушки впервые было наблюдено двумя знаменитыми итальянскими учеными Нобили и Антинори. — Из этой фразы видно, что Фарадей справедливо опасался попыток фальсификации истории его открытия.

Стр. 284. Непонятное «правило», что южный полюс производит более слабое действие, в дальнейшем разъясняется Фарадеем.

Стр. 284. Совершенно не понятна аналогия со столкновением твердых тел.

Стр. 285. Так как северный полюс в наших широтах более активен, чем южный. — См. примечание Фарадея.

О магнито-электрической искре и ударе...

Стр. 288. Филлипс (Phillips Richard, 1778—1851) — химик, работал, между прочим, и с Фарадеем. Был редактором «Philosophical Magazine».

Стр. 289. Дженкинс — о нем получить биографические сведения не удалось.

Стр. 290. Источник тока — так здесь переведено фарадеевское выражение «electromotor», слишком непривычное для нас в этом смысле. См. т. I.

Стр. 291. Превращение количества в напряжение; количество — сила тока; напряжение — э. д. с. Здесь Фарадей впервые в истории науки говорит о трансформации токов.

Стр. 293. Предположение о некоторого рода количестве движения, которое электричество приобретает... — Здесь Фарадей впервые высказывает мысль о «кажущейся массе» электрического заряда. В дальнейшем он уточняет это представление, связывая его с магнитным полем около проводника и в железе.

Ответ на «Замечания о некоторых утверждениях г. Фарадея, содержащихся в его „Исследованиях по электричеству“» д-ра Джона Дэви

Стр. 297. Джемсон (Jameson Robert, 1774—1854) — минералог, профессор в Эдинбурге. Основал там новый научный журнал.

Стр. 300. Тернер (Turner Edward, 1796—1837) — химик, профессор в Лондоне. Книга, на которую ссылается Фарадей, вышла в свет в 1827 г.

Стр. 302. Бренд (Brande William Thomas, 1788—1866) — химик, работал вместе с Фарадеем в Королевском институте. Упоминаемая здесь книга относится к 1813 г.

Стр. 302. Юр (Ure Andrew, 1778—1858) — врач и профессор химии в Глазго. Его «Химический словарь» напечатан в 1821 г.

Стр. 302 прим. Придо — о нем данных нами не обнаружено.

Стр. 303. Цитируемые здесь имена см. в прим. ред. к первому тому: Гротгус — к п. 481; Риффо и Шомпре — к п. 485; Савари — к п. 289. ♦ Пикте — здесь разумеется Marc Auguste Pictet (1752—1825), — женеvский ученый, родственник более известного Рауля Пикте.

Стр. 304. Отношения Фарадея с Г. Дэви весьма обострились в связи с избранием первого членом Королевского общества, чему Дэви весьма противился.

Об общих магнитных соотношениях и свойствах металлов

Стр. 305. В качестве магнитных металлов у Фарадея фигурируют только два: железо и никель.

Стр. 306. В качестве метода охлаждения фигурирует особо холодная погода зимой.

Стр. 306. Кобальт у Фарадея постоянно оказывается немагнитным.

Стр. 310. Эме (Aimé Georges, 1813—1846) — профессор физики в Алжире; работал по земному магнетизму, метеорологии и пр.

Заметка о магнитном действии марганца при низких температурах, установленном г. Бертье

Стр. 311. Бертье (Berthier Pierre, 1782—1861) — горный инженер; его книга о сухих методах анализа вышла в 1833 г.

Стр. 312. Как ныне известно, марганец, входя в состав ряда сплавов (так называемых Гейслеровских), делает их ферромагнитными.

*Об общих магнитных соотношениях и свойствах металлов
(дополнительные данные)*

Стр. 312. Тилорье (Thilorier Jean Charles, 1750—1818) — механик; известен ранними работами по достижению низких температур.

Стр. 313. Эверетт (Everett) в справочниках не найден.

Стр. 314—315. Протоксида свинца, сурьмы, висмута — низшие окислы указанных металлов. ♦ Белый мышьяк — по всей вероятности окись; галенит, реальгар — As_2S_2 ; аурипигмент — As_2S_3 ; протосульфид железа — Fe_2S_3 .

О предполагаемом новом сернистом соединении и окисле сурьмы

Стр. 316. Розе (Rose Heinrich, 1795—1864) — химик, ученик Берцелиуса, профессор и академик в Берлине; один из создателей аналитической химии. ♦ Солли (Solli Edward, 1819—1886), если это то лицо, о котором говорит Фарадей, был химиком при Королевском институте с 1838 г. (в 1836 г. ему было 17 лет).

Стр. 317. Вопрос имеет большое значение для электрохимических взглядов Фарадея — см. прим. ред. к п. 1822, а также в т. I, стр. 754, предпоследний абзац.

Стр. 318. Предложенный им закон выполняется лишь постольку... — Повидимому, Берцелиус отмечает здесь различную валентность ионов в разных соединениях одного и того же элемента. Во всяком случае ясно скептическое отношение ко «второму закону Фарадея».

Об истории сгущения газов, в ответ д-ру Дэви

Стр. 229. Мы выше (прим. к стр. 304) упоминали, как между Фарадеем и Б. Дэви возникли враждебные отношения, отголоском которых и является ряд выступлений д-ра Дэви против Фарадея.

Стр. 321. Об инциденте Волластон — Фарадей в связи с открытием электромагнитных вращений см., например, в биографии Фарадея, написанной М. И. Радовским (серия «Жизнь замечательных людей»), стр. 49—58.

Стр. 324. Пэрис (Paris John Ayrton, 1785—1856) — врач, автор жизнеописания Г. Дэви.

Об особом гальваническом состоянии железа...

Стр. 327. Шенбейн (см. прим. ред. к п. 1742) описывает здесь явления, которые ныне широко известны под названием явлений «пассивности» металлов. О его приоритете см. далее, стр. 345.

Стр. 328. Здесь излагаются методы «анодного пассивирования».

Стр. 329. Если имеется какой-нибудь пример химического средства... — Здесь Шенбейн явно становится на точку зрения Фарадея о передаче током химической силы. См. т. I, п. 918.

Стр. 333. Химического электричества — мы теперь сказали бы «электрохимии».

Стр. 338. Фарадей не согласен с объяснением пассивности непроводимостью образующейся на железе пленки; образование пленки он, как видно далее (стр. 340), признает.

Письмо г-на Фарадея к г-ну Брейли

Стр. 345. Брейли — см. прим. ред. к п. 358 (т. I). ♦ Дж. Гершель — см. прим. ред. к п. 80.

Стр. 346. Бергман — по всей вероятности Bergman Torbern Olof (1735—1784) — профессор химии в Упсале. — Кейр (Keir James) — собственник химических фабрик; писал по вопросу о пассивности железа в 1790 г. ♦ Вестлар — обнаружить данных о нем не удалось. ♦ Браконно (Brasconnot Henri, 1781—1855) — профессор в Нанси; писал о пассивности в 1833 г.

Письмо профессору Фарадею о некоторых теоретических взглядах, от Р. Гейра

Стр. 348. О Гейре¹ — см. прим. ред. к п. 897 (т. I). В первом томе Фарадей подробно говорит об устроенной им новой батарее, а также

¹ В примечаниях к этой и следующей работам наряду со страницами указываются и параграфы.

ссылается на его работы об «униполярности» разряда (т. е. о различии явлений на положительном и отрицательном электродах при газовом разряде). В настоящем томе Фарадей пользуется «калоримотором» Гейра (см. стр. 183).

Стр. 349, п. 4. В статье редактора, помещенной в I т., отмечалось, что Фарадей *пока* понимает под *смежными ближайшими* частицы, как бы далеко друг от друга они ни находились. Слабые стороны этого воззрения здесь ясно уловлены Гейром.

Стр. 350, п. 5. Необходимо согласиться с Гейром, что в п. 1375 (т. I) Фарадей не особенно удачно объясняет независимость «индуктивного действия» от разрежения газа. Он находится под влиянием убеждения, что для всех газов «удельная индуктивная способность» равна единице.

Стр. 350, п. 6. Впоследствии Моссотти и Клаузиус дали свою известную теорию диэлектриков, по которой $\frac{\epsilon-1}{\epsilon+2}$ пропорционально коэффициенту заполнения пространства молекулами газа, что оправдывает сомнения Гейра.

Стр. 350, п. 8. Индукция по кривым линиям — не имеет ничего общего с вопросом о строении диэлектрика. См. в т. I статью редактора, стр. 763—764.

Стр. 352, п. 11. «Количество» и «напряжение» для Гейра столь же трудные понятия, как для Фарадея; о последнем см. в т. I статью редактора, стр. 734.

Стр. 352, п. 12. Совсем непонятно, что Гейр подразумевает под «частицами» электрической индукции. — Моссотти — см. прим. ред. к п. 1667 (т. I).

Стр. 353, п. 13. Гейр здесь пользуется выражением «сила» в том же смысле, как Фарадей: сила = заряд.

Стр. 354, п. 15. Состояние сил — распределение зарядов.

Стр. 354, п. 16. Этот и следующие пункты возражения показывают, что Гейру ясна слабость рассуждений, посредством которых Фарадей старается отождествить проводимость и изоляцию. См. т. I, стр. 772.

Стр. 355, п. 18. Здесь упоминается об опыте Уитстона, послужившем прототипом опытам Физо и Фуко. См. т. I, п. 853 и прим. ред. к этому параграфу.

Стр. 356, п. 21. Здесь «силы» — заряды.

Стр. 357, п. 24. Повидимому, Гейр не может увязать представлений, с одной стороны, энергии, находящейся в диэлектрике, с другой — «разряда» ее через проводник. — Противоположные силы — противоположные заряды. — Концентрация сил — зарядов.

Стр. 360, п. 31. Подсчеты, о которых здесь говорится, сделаны Фарадеем в пп. 361—379 (т. I).

Стр. 362, п. 36. Конец параграфа представляет курьезную гипотезу о существовании «количества» и «напряжения».

Ответ на письмо д-ра Гейра...

Стр. 364, п. II. Возбужденное состояние силы — электричества; расположение силы — расположение заряда; величина силы — величина заряда.

Стр. 364, п. V. Состояния — заряды.

Стр. 366, п. VIII. Сумма положительной силы — общий положительный заряд.

Стр. 366, п. IX. Сумма положительных сил — см. п. VIII.

Стр. 366, п. X. Положительная сила — положительный заряд.

Стр. 367, п. XIII. Положительная сила — заряд.

Стр. 368, п. XV. Как известно, теория Моссоги (1850 г., т. е. через 10 лет) связывает именно с «пространственным заполнением» величину

$$\frac{\epsilon-1}{\epsilon+2}$$

Стр. 370, п. XXI. В настоящее время конечно *не* принимается, что физическая сущность процессов излучения и теплопроводности одинакова.

Стр. 371, п. XXV. Количество силы — заряд.

Стр. 372, п. XXVII. Количество другой электрической силы — другого заряда.

Стр. 373, п. XXVIII. Белли (Belli Giuseppe, 1791—1860) — профессор в Павии. ◀ Упоминаемая здесь статья называется «Sul residuo delle scariche della bocca di Leida».

Стр. 373, п. XXIX. Две противоположные силы — два противоположных заряда. Трудность заключается в том, что дальше говорится о направлении этих сил друг к другу. Термин «сила» сбивал самого Фарадея вследствие двойного смысла, в котором он этим термином пользуется.

Стр. 374, п. XXX. Сила находится — заряд.

Стр. 376, п. XXXIII. Действительно, еще Торричелли должен был писать длинный трактат о «легкости»; его научный подвиг заключался в доказательстве того, что газ (воздух) подчинен силе тяжести, и в измерении этой тяжести.

Стр. 377, XXXVI. Конечно мы теперь никак не можем согласиться с мнением Фарадея и приписываем проводимость и диэлектрические свойства действию различных механизмов.

О статическом электрическом индуктивном действии

Стр. 336. Описываемый здесь опыт с мороженицей вполне аналогичен опыту, который Фарадей описывал в письме к Гейру (см. стр. 365, п. VIII этого тома), но в отличие от последнего имеет количественный характер.

Стр. 387. Количество силы остается тем же. . . — Теперь мы сказали бы, оставаясь в духе Фарадея: силовой поток, попадающий на внутреннюю поверхность *A*, остается неизменным. Вся совокупность опытов на этой и на следующих страницах превосходно иллюстрирует известную теорему Гаусса.

Стр. 390. Удельная индуктивная способность — мы оставили здесь, как и в первом томе, фарадеевский термин вместо нашего обычного «диэлектрическая постоянная».

Стр. 390. Величина силы; электрическая сила — и в том и в другом случае «сила» означает заряд. То же дальше: соединить силы, нейтрализовать силу; состояние силы; статической электрической силы.

Стр. 391. Поверхность шара окажется заряженной силой — количеством электричества. ◀ Сумме всех сил — всех зарядов.

Размышления об электрической проводимости и о природе материи

Стр. 395. Атомное число — атомный вес.

Стр. 397. Окись и гидрат калия не являются проводниками — разумеется, конечно, в твердом, не растворенном виде. ◀ Каждый атом калия соединяется с одним атомом кислорода — Фарадей принимает для окиси калия формулу KO , для воды HO . ◀ Атомный вес гидрата кали — молекулярный вес. По Фарадею, состав гидрата кали KHO_2 ; молекулярный вес должен быть $40 + 1 + 2 \times 8 = 57$; по нашим представлениям он имеет состав KNO и молекулярный вес тоже 57.

Стр. 397. Недоумения Фарадея относительно объема металлов и их соединений с современной точки зрения объясняются, с одной стороны, различием в молекулярных объемах ионов и атомов, а с другой стороны — присутствием в металле свободных (обобществленных) электронов.

Стр. 399. Об атоме Босковича см. статью редактора в настоящем томе: Боскович (1711—1787) — итальянский ученый, иезуит, хорват по происхождению. Считается создателем «динамической теории вещества».

Стр. 399. Атмосфера сил — нужно помнить, что «сила» в представлении Фарадея имеет гораздо более материальный характер, чем в наших; так, например, как мы видели, он и заряд называет «силой».

Стр. 400. Рассуждения Фарадея об относительном значении атомов материи и «сил» вокруг этого атома предвосхищают современное представление о «кажущейся» массе энергии.

Стр. 401. Каньяр де ля Тур — см. прим. ред. к п. 441 (т. I).

Стр. 402. «Силы» могут циркулировать вокруг атома по экватору Это — предвосхищение модели Резефорда — Бора.

Стр. 403. Каждый атом распространяется, так сказать, на всю солнечную систему — удивительное приближение к современным представлениям о «частицах» и «поле».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ТРУДОВ МИХАИЛА ФАРАДЕЯ И ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ О ЕГО ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Библиографический указатель состоит из четырех разделов: 1. Печатные труды М. Фарадея; 2. Посмертные публикации писем и дневников; 3. Основная биографическая литература о М. Фарадее; 4. Перечень изданий, содержащих библиографию М. Фарадея.

Первые издания работ Фарадея, их перепечатки и рефераты перечислены в первом разделе. Здесь же помещены подробные описания основных изданий «Экспериментальных исследований по электричеству» и данные о лекциях М. Фарадея, опубликованных в печати.

Посмертные публикации писем и дневников М. Фарадея составляют второй раздел библиографии; письма, опубликованные при его жизни, помещены в первом разделе.

Третий раздел содержит данные об основной биографической литературе, посвященной М. Фарадею. Общие курсы физики, работы по истории физики, руководства и другие пособия, в которых имеются указания о деятельности М. Фарадея наряду с другими материалами, не учитывались. Исключение допущено для следующих книг: 1. Энгельс, Ф. Диалектика природы; 2. Кудрявцев, П. С. История физики. Т. I; 3. Шателен, М. А. Русские электротехники второй половины XIX века; 4. Дарретап, F. Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung. Bd. IV. См. №№ 315, 398, 400, 290.

В пределах каждого раздела материал расположен в хронологическом порядке (по году опубликования работы в печати).

К библиографическому указателю приложены: 1. Сведения о лекциях, прочитанных М. Фарадеем; 2. Список использованных журналов.

Библиография подготовлена на основе книжных фондов Библиотеки Академии Наук СССР и крупнейших научных библиотек Ленинграда. Кроме того были использованы следующие библиографические источники: 1. Catalogue of scientific papers of the Royal society of London; 2. P o g g e n-

dorff's biographisch-literarisches Handwörterbuch; 3. Mottelay, P. F. Bibliographical history of electricity and magnetism. См. №№ 402, 401, 289. Источником для составления перечня лекций, прочитанных М. Фарадеем, послужили следующие материалы: 1. List of members of the Royal institution (1849, 1852—1853, 1858—1863); 2. Jones, B. The life and letters of Faraday. London. 1870. Сведения о переводах, изданиях трудов М. Фарадея и биографических материалах на иностранных языках не являются исчерпывающими.

Все библиографические описания составлены в результате непосредственного просмотра книг и статей. Исключение составляют работы М. Фарадея, напечатанные в «Quarterly journal of science», и некоторые книги и статьи, помещенные в журналах, отсутствующих в крупнейших библиотеках Ленинграда. Эти описания отмечены знаком *. В соответствии с широко установившейся практикой библиографических описаний слова в названиях английских, американских и французских журналов набраны строчными буквами.

Библиографический указатель составлен в Библиографическом отделе Библиотеки Академии Наук СССР А. М. Лукомской под редакцией К. И. Шафрановского.

1. Печатные труды М. Фарадея

1816

1. Analysis of native caustic lime. On the native caustic lime of Tuscany. — Quarterly journal of science, 1816, v. I, pp. 260—261.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 1—5. См. № 205.

1817

2. An account of some experiments on the escape of gases through capillary tubes. — Quarterly journal of science, 1817, v. III, pp. 354—355.

То же. — Journ. für die Chem. u. Phys. (Schweigger), 1818, Bd. XXIV, SS. 91—93.

То же. — Ann. de chim., 1817, t. V, pp. 298—301.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 5—6. См. № 205.

3. Notice of some experiments on flame made by sir Humphry Davy. — Quarterly journal of science, 1817, v. II, pp. 463—464.

4. Report on some experiments made with compressed oxygen and hydrogen in the laboratory of the Royal institution. — Quarterly journal of science, 1817, v. II, pp. 461—462.

То же. — Journ. für die Chem. u. Phys. (Schweigger), 1816, Bd. XVIII, SS. 337—339.

5. Some accounts of the *Alstenia teiformis*, or Tea of Bogotà. — Quarterly journal of science, 1817, v. II, pp. 92—94.

6. Some experiments and observations on a new acid substance [formed from ether]. — Quarterly journal of science, 1817, v. III, pp. 77—81.

То же. — Journ. für die Chem. u. Phys. (Schweigger), 1817, Bd. XX, SS. 183—189.

7. On the wire-gauze safety lamps. — Quarterly journal of science, 1817, v. II, pp. 464—465.

1818

8. Combustion of the diamond. — Quarterly journal of science, 1818, v. IV, p. 155.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. P. 11. См. № 205.

9. [Извлечения из лекции «Observations on the inertia of the mind». Lecture, delivered at the City Philosophical society on July 1, 1818]. — В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. I. Pp. 230—244. См. № 249.

10. On the solution of silver in ammonia. — Quarterly journal of science, 1818, v. IV, pp. 268—273.

То же. — Ann. de chim., 1818, t. IX, pp. 107—110.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 13—18. См. № 205.

11. On some combinations of ammonia with chlorides. — Quarterly journal of science, 1818, v. V, pp. 74—77.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 18—21. См. № 205.

12. On the sounds produced by flame in tubes... — Quarterly journal of science, 1818, v. V, pp. 274—280.

То же. — Ann. de chim., 1818, t. VIII, pp. 363—372.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 21—27. См. № 205.

13. On the sulphuret of phosphorus. — Quarterly journal of science, 1818, v. IV, pp. 361—362.

То же. — Ann. de chim., 1817, t. VII, pp. 71—72.

1819

14. An analysis of Wootz or Indian steel. — Quarterly journal of science, 1819, v. VII, pp. 288—290.

То же. [В изложении Гильберта]. — Ann. d. Phys. (Gilbert), 1820, Bd. LXVI, SS. 171—174.

То же. — В кн.: Hadfield, R. A. Faraday and his metallurgical researches. 1931. Pp. 81—83. См. № 327.

15. Boracic acid, action on Turmeric. — Quarterly journal of science, 1819, v. VI, p. 152.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. P. 27. См. № 205.

16. On carburetted hydrogen. — Quarterly journal of science, 1819, v. VI, pp. 358—360.

17. [Извлечения из лекции «On the forms of matter». Lecture, delivered at the City Philosophical society in 1819]. — В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. I. 1870. Pp. 265—273. См. № 249.

18. On nitrous oxide. — Quarterly journal of science, 1819, v. VI, pp. 360—361.

19. Observations on gallic acid, tannin... — Quarterly journal of science, 1819, v. VI, pp. 154—156.

20. Separation of manganese from iron. — Quarterly journal of science, 1819, v. VI, pp. 357—358.

21. On Sirium or Vestium. — Quarterly journal of science, 1819, v. VI, pp. 112—115; v. VII, pp. 291—293.

То же. — Ann. d. Phys. (Gilbert), 1819, Bd. LXII, SS. 80—83.

22. Some experimental observations on the passage of gases through tubes. — Quarterly journal of science, 1819, v. VII, pp. 106—110.

То же. — Ann. de chim., 1819, t. X, pp. 388—395.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 6—10. См. № 205.

1820

23. On the decomposition of chloride of silver by hydrogen and by zinc. — Quarterly journal of science, 1820, v. VIII, pp. 374—375.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 31—33. См. № 205.

24. Description of a new apparatus for the combustion of the diamond. — Quarterly journal of science, 1820, v. IX, pp. 264—265.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 11—13. См. № 205.

25. Experiments on the alloys of steel made with a view to its improvements. [In collaboration with J. Stodart]. — Quarterly journal of science, 1820, v. IX, pp. 319—330.

То же. — Philos. mag. (Tilloch), 1820, v. LVI, pp. 26—35.

То же. — Edinb. philos. journ., 1820, v. III, pp. 308—315.

То же. — Ann. d. Phys. (Gilbert), 1822, Bd. LXXII, SS. 225—246.

То же. — Mag. für Naturvidenskaberne, 1823, v. II, pp. 216—229.

То же. — Ann. de chim., 1820, t. XV, pp. 127—144.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 57—81. См. № 205.

Реф.: 1. *Archiv für die gesammte Naturlehre* (K. W. G. Kastner), 1824, Bd. II, SS. 36—38. То же. Пер. на русск. яз. — Горный журнал, 1825, кн. 5, стр. 162—164.

26. *Lettre au prof. De la Rive sur les alliages qui forme l'acier avec différent métaux*. — *Bibliothèque universelle de Genève*, 1820, t. XIV, pp. 209—215.

То же. — *Ann. d. Phys.* (Gilbert), 1820, Bd. LXVI, SS. 174—181.

27. *Sur le vin de Palmier*. — *Ann. génér. de sciences physiques et naturelles*, 1820, t. III, pp. 82—83.

То же. — *Journ. für die Chem. u. Phys.* (Schweigger), 1820, Bd. XXX, SS. 240—241.

1821

28. *Dissection of crystals*. — *Quarterly journal of science*, 1821, v. XI, p. 202.

То же. — *Ann. de chim.*, 1821, t. XVI, pp. 429—430.

* 29. *Historical sketch of electro-magnetism*. — *Annals of philosophy*, new series, 1821, v. II, pp. 195—209, 274—290; 1822, v. III, pp. 107—117.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektricität*. Bd. II. 1889—1891. SS. 265—297. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Опыт истории электромагнетизма. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 9—53. См. № 223.

Письмо Фарадея, подтверждающее его авторство в отношении этой работы. См.: *Annals of philosophy*, new series, 1823, v. VI, p. 67.

30. *On a new compound of chlorine and carbon*. [In collaboration with R. Phillips]. — *Philos. trans.*, 1821, part 1, pp. 392—397.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 53—57. См. № 205.

Реф.: 1. *Abstracts of the papers printed in the Philos. trans.*, 1815 to 1830, v. II, p. 153; 2. *Ann. de chim.*, 1821, t. XVIII, pp. 269—272.

31. *Singular property of boracic acid*. — *Quarterly journal of science*, 1821, v. XI, pp. 403—404.

То же. — В кн.: — *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 27—29. См. № 205.

32. *On two new compounds of chlorine and carbon, and on a new compound of iodine, carbon and hydrogen*. [1820]. — *Philos. trans.*, 1821, part 1, pp. 47—74.

To же. — Ann. of philos. (Thomson), 1821, v. II, pp. 104—120.

To же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 33—53. См. № 205.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1815 to 1830, v. II, pp. 138—139; 2. Journ. für die Chem. u. Phys. (Schweigger), 1821, Bd. XXXI, SS. 488—491; 3. Ann. d. Phys. (Gilbert), 1823, Bd. LXXV, SS. 335—338; 4. Ann. de chim., 1821, t. XVI, pp. 85—89; t. XVIII, pp. 48—57; 5. Ann. génér. de sciences physiques et naturelles, 1820, t. VI, pp. 392—394.

33. On the vapour of mercury at common temperatures. — Quarterly journal of science, 1821, v. X, pp. 354—355.

To же. — Ann. de chim., 1821, t. XVI, pp. 77—78.

To же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. P. 57. См. № 205.

1822

34. On the alloys of steel. [In collaboration with J. Stodart]. — Philos. trans., 1822, part 2, pp. 253—270.

To же. — Edinb. philos. journ., 1822, v. VII, pp. 350—363.

To же. — Ann. de chim., 1822, t. XXI, pp. 62—74.

Реф.: Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1815 to 1830, v. II, pp. 169—170.

35. On the changing of vegetable colours as an alkaline property, and on some bodies possessing it. — Quarterly journal of science, 1822, v. XIII, pp. 315—317.

To же. — Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep), 1823, Bd. III, kol. 49—51.

To же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 29—31. См. № 205.

36. Contact in voltaic electricity. — Quarterly journal of science, 1822, v. XII, p. 185.

To же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen in Elektrizität. Bd. II. 1889—1891. S. 298. См. № 122.

37. Description of an electro-magnetical apparatus for the exhibition of rotatory motion. — Quarterly journal of science, 1822, v. XII, pp. 283—285.

To же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. II. 1844. Pp. 148—151. См. № 122.

Реф.: Edinb. philos. journ., 1822, v. VI, pp. 178—179 with fig.

38. Electro-magnetic rotation apparatus. — Quarterly journal of science, 1822, v. XII, p. 186.

To же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 147—148. См. № 122.

39. On hydriodide of carbon. — *Quarterly journal of science*, 1822, v. XIII, p. 429.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. P. 81. См. № 205.

40. Note on new electro-magnetical motions. — *Quarterly journal of science*, 1822, v. XII, pp. 416—421.

To же. [Frei dargestellt von Gilbert]. — *Ann. d. Phys. (Gilbert)*, 1822, Bd. LXXII, SS. 113—129.

To же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 151—158. См. № 122.

41. On some new electro-magnetical motions, and on the theory of magnetism. — *Quarterly journal of science*, 1822, v. XII, pp. 74—96.

To же. — Mit Anmerkungen von einem Freunde des Hrn. Ampère. Frei bearbeitet und mit einigen Erläuterungen von Gilbert. — *Ann. d. Phys. (Gilbert)*, 1822, Bd. LXXI, SS. 124—171.

To же. — Notizen aus dem Gebiete der Natur und Heilkunde (Froriep), 1823, Bd. III, kol. 49—51.

To же. — *Ann. de chim.*, 1821, t. XVIII, pp. 337—370. [Notes relatives au mémoire de Faraday], pp. 370—379.

To же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 127—147. См. № 122.

1823

42. Action of gunpowder on lead. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XVI, p. 163.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. P. 142. См. № 205.

43. Action of salts on turmeric paper. — *Quarterly journal of science*, v. XVI, p. 234.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. P. 31. См. № 205.

44. Change of musket balls in shrapnell shells. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XVI, p. 163.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. P. 141. См. № 205.

Ред.: *Ann. of philos.*, new series, 1823, v. VI, pp. 396—397.

45. On the condensations of several gases into liquids. — *Philos. trans.*, 1823, part 2, pp. 189—198.

To же. — Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep), 1824, Bd. VI, kol. 225—230, 244—246.

То же. — *Ann. de chim.*, 1823, t. XXIV, pp. 403—414.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 89—95. См. № 205.

То же. — В кн.: *The liquefaction of gases*. 1904. Pp. 10—18. См. № 220.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1815 to 1830, v. II, p. 192; 2. *Journ. für Chem. und Phys.* (Schweigger), 1823, Bd. XXXVIII, SS. 116—122.

То же. — Additional remarks respecting the condensation of gases. [Abstract]. — Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1844, № 60, p. 547.

46. Effect of cold on magnetic needles. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XIV, p. 435.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 158—159. См. № 122.

47. On fluid chlorine. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XV, pp. 71—74.

То же. — *Philos. trans.*, 1823, part 2, pp. 160—164.

То же. — *Ann. of philos.* (Thomson), 1824, v. VII, pp. 89—91.

То же. — *Journ. für die Chem. u. Phys.* (Schweigger), 1823, Bd. XXXVIII, SS. 301—305; 1825, Bd. XLIII, SS. 210—226.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde*, 1823, Bd. IV, kol. 260—264; 1824, Bd. VI, kol. 244—246.

То же. — *Ann. d. Phys.* (Gilbert), 1823, Bd. LXXV, SS. 335—338

То же. — *Ann. de chim.*, 1823, t. XXIV, pp. 396—401.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 85—87. См. № 205.

То же. — В кн.: *The liquefaction of gases*. 1904. Pp. 5—8. См. № 220.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1815 to 1830, v. II, p. 190; 2. *Edinb. philos. journ.*, 1823, v. IX, p. 198.

48. Historical statement respecting electromagnetic rotation. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XV, pp. 288—292.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 159—162. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Историческая заметка, касающаяся электромагнитного вращения. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 54—57. См. № 223.

49. Historical statement respecting the liquefaction of gases. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XVI, pp. 229—240.

То же. — *Journ. für die Chem. u. Phys.* (Sweigger), 1825, Bd. XLIII, SS. 210—226.

To же. — *Ann. de chim.*, 1823, t. XXII, pp. 323—326.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 124—135. См. № 205.

To же. — В кн.: *The liquefaction of gases*. 1904. Pp. 19—33, См. № 220.

50. On hydrate of chlorine. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XV, p. 71.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 81—84. См. № 205.

51. On the purple tint of plate-glass affected by light. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XVI, p. 164.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. P. 142—143. См. № 205.

52. On the temperature produced by vapour, and on the temperature of vapour. — *Quarterly journal of science*, 1823, v. XIV, pp. 439—441.

To же. — *Ann. of philos.* (Thomson), 1823, v. V, pp. 74—75.

To же. — *N. Journ. d. Pharm.* (Trommsdorff), 1824, Bd. VIII, SS. 160—171.

To же. — *Ann. de chim.*, 1822, v. XX, pp. 320—325. *Observations du rédacteur*, pp. 325—328.

1824

53. Note on the existence of a nitrate and a salt of potash in Cheltenham water. — *Quarterly journal of science*, 1824, v. XVII, pp. 178—179.

To же. — *Ann. of philos.* (Thomson), 1824, v. VII, p. 393.

1825

54. Artificial crystals of chromate of lead. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, p. 155.

55. Colour of glass as affected by light. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, pp. 341—342.

To же. — *Ann. de chim.*, 1824, t. XXV, pp. 99—100.

56. Composition of crystals of sulphate of soda. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, pp. 152—153.

To же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 153—154. См. № 205.

57. Electric powers (and place) of oxalate of lime. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, pp. 338—339.

To же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 163—164. См. № 122.

58. Electro-magnetic current (under the influence of a magnet). — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, p. 338.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 162—163. См. № 122.

59. *Experiments on the formation of ammonia*. — *Ann. of philos.* (Thomson), 1825, v. X, pp. 230—232.

60. *On fumigation*. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XVIII, pp. 92—95.

61. *On new compounds of carbon and hydrogen, and on certain other products obtained during the decomposition of oil by heat*. — *Philos. trans.*, 1825, part 2, pp. 440—466.

То же. — *Philos. mag.*, 1825, v. LXVI, pp. 180—196.

То же. — *Ann. of philos.* (Thomson), 1826, v. XI, pp. 44—50, 95—104.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1825, Bd. V (LXXXI), SS. 303—334.

То же. [С некоторыми сокращениями]. — *Journ. für die Chem. u. Phys.* (Schweigger), 1826, Bd. XLVII, SS. 340—354, 441—459.

То же. — *Ann. de chim.*, 1825, t. XXX, pp. 269—291.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 154—174. См. № 205.

То же. [Предварительное сообщение]. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1825, Bd. IV(LXXX), SS. 469—473.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1815 to 1830, v. II, pp. 248—249; 2. *Edinb. journ. of science*, 1825, v. III, pp. 373—374.

62. *On some cases of the formation of ammonia, and on the means of testing the presence of minute portions of nitrogen in certain states*. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, pp. 16—26.

То же. — *Giornale di fisica, chimica e storia naturale* (Brugnatelli), 1825, t. VIII, pp. 333—336.

То же. — *Ann. d. Phys. und Chem.* (Poggendorff), 1825, Bd. III(LXXIX), SS. 455—470.

То же. — *Journ. für die Chem. u. Phys.* (Schweigger), 1825, Bd. XLIV, SS. 341—347.

То же. — *N. Journ. d. Pharm.* (Trommsdorff), 1825, Bd. XI, SS. 64—71.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 143—152. См. № 205.

Реф.: *Ann. de chim.*, 1825, t. XXVIII, pp. 435—440.

63. *On the substitution of tubes for bottles, in the preservation of certain fluids, such as chloride of sulphur, protochlorides of phosphorus and carbon, etc*. — *Quarterly journal of science*, 1825, v. XIX, p. 149.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 152—153. См. № 205.

1826

64. Bisulphuret of copper. — Quarterly journal of science, 1826, v. XXI, p. 183.

65. On the existence of a limit to vaporization. — Philos. trans., 1826, part 3, pp. 484—493.

То же. — Ann. of philos. (Thomson), 1826, v. XII, pp. 437—441.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1827, Bd. IX(LXXXVI), SS. 1—12.

То же. — Zeitschr. f. Phys. (Baumgartner), 1827, Bd. II, SS. 226—235.

То же. — Ann. de chim., 1827, t. XXXV, pp. 188—192.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 199—205. См. № 205.

Реф.: Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1815 to 1830, v. II, pp. 286—287.

66. Fluidity of sulphur at common temperatures. — Quarterly journal of science, 1826, v. XXI, p. 392.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 212—213. См. № 122.

67. On the mutual action of sulphuric acid and naphthaline, and on a new acid produced. — Philos. trans., 1826, part 1, pp. 140—162.

То же. — Ann. of philos., new series, 1826, v. XII, pp. 201—215.

То же. — Journ. f. die Chem. u. Phys. (Schweigger), 1826, Bd. XXXVII, SS. 355—365, 459—475.

То же. — Ann. de chim., 1827, t. XXXIV, pp. 164—167.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 182—198. См. № 205.

Реф.: Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1815 to 1830, v. II, p. 265.

68. On pure caoutchouc, and the substances, by which it is accompanied in the state of sap or juice. — Quarterly journal of science, 1826, v. XXI, pp. 19—28.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 174—182. См. № 205.

69. On sulpho-naphthalic acid. — Quarterly journal of science, 1826, v. XXI, pp. 181—183.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1826, Bd. VII, SS. 104—112.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: О новой кислоте Фарадея [Фарадея]. — Горный журнал, 1828, кн. 2, стр. 36—40.

Реф.: 1. Edinb. Journ. of science, 1826, v. IV, p. 378; 2. Нов. магазин естеств.-ист., физ., хим. и сведений экономических, 1827, ч. III, № 1, стр. 261—262.

1827

70. Chemical manipulations. 1827.

То же. Пер. на франц. яз. под загл.: Manipulations chimiques. Traduit par Maiseau et revu pour la partie technique par Bussy. Paris. 1827.

Т. I. 428 pp. avec ill.

Т. II. 364 pp. avec ill.

То же. Chemical manipulations being instructions to students in chemistry on the methods of performing experiments of demonstration or research, with accuracy and success. 3d edition. London. 1842. XIII, 664 pp.

Первое издание в ленинградских библиотеках не обнаружено.

Описание составлено по французскому переводу и третьему английскому изданию.

71. On the confinement of dry gases over mercury. — Quarterly journal of science, 1827, v. XXII, pp. 220—221.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1826, Bd. VIII (LXXXIV), SS. 124—129.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 217—219. См. № 205.

72. Experiments on the nature of La Barraque's disinfecting soda liquid. — Quarterly journal of science, 1827, v. XXIV, pp. 84—92.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 222—230. См. № 205.

Реф.: Edinb. Journ. of science, 1828, v. VIII, pp. 371—372.

73. On the fluidity of sulphur and phosphorus at common temperatures. — Quarterly journal of science, 1827, v. XXIV, pp. 469—470.

То же. — Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep), 1828, Bd. XX, kol. 105—106.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 213—215. См. № 205.

74. On a peculiar perspective appearance of aërial light and shade. — Quarterly journal of science, 1827, v. XXII, pp. 81—83.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 215—217. См. № 205.

75. On the probable decomposition of certain gaseous compounds of carbon and hydrogen during sudden expansion. — Quarterly journal of science, 1827, v. XXIII, p. 204.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 219—221. См. № 205.

76. Transference of heat by change of capacity in gas. — Quarterly journal of science, 1827, v. XXIII, p. 474.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 221—222. См. № 205.

1828

77. Anhydrous crystals of sulphate of soda. — Quarterly journal of science, 1828, v. XXV, pp. 223—224.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 230—231. См. № 205.

78. On the relation of water to hot polished surfaces. — Quarterly journal of science, 1828, v. I, pp. 221—222.

1830

79. Experiments on flint-glass for achromatic experiments. [Abstract]. — Edinb. journ. of science, 1830, v. II, p. 181.

80. On the limits of vaporization. — Journ. of the Royal Institution, 1830, v. I, pp. 70—76.

То же. — Amer. journ. of science (Silliman), 1831, v. XX, pp. 189—190; 1832, v. XXI, pp. 151—153.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 205—212. См. № 205.

81. On the manufacture of glass for optical purposes. [Bakerian lecture 1829]. — Philos. trans., 1830, part I, pp. 1—57 with fig.

То же. — Journ. f. techn. Chem. (Erdmann), 1830, Bd. IX, SS. 56—114.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1830, Bd. XVIII (XCIV), SS. 515—578.

То же. — Ann. de chim., 1830, t. XLV, pp. 85—100, 158—190, 225—270.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 231—291. См. № 205.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1815 to 1830, v. II, pp. 383—385; 2. Edinb. philos. journ. of science, new series, 1830, v. II, p. 369—370; 3. Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep), 1830, Bd. XXVII, kol. 116—119.

1831

82. On a peculiar class of acoustical figures, and on certain forms assumed by groups of particles upon vibrating elastic surfaces. — Philos. trans., 1831, pp. 299—340 with fig.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1832, Bd. XXVI (CII), SS. 193—219, 220—251.

То же. — Ann. de chim., 1832, t. XLIX, pp. 46—111.

То же. — В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 314—358. См. № 205.

Реф.: Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1830 to 1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1830—1831, № 4, pp. 49—51.

83. On a peculiar class of optical deceptions. — *Journ. of the Royal Institution*, 1831, v. II, pp. 205—223. Additional note. Pp. 334—336.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1831, Bd. XXII (XCVIII) SS. 601—606.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep)*, 1831, Bd. XXX', kol. 1—10, 17—29.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 291—309, 309—311. См. № 205

То же. Пер. на русск. яз. под. загл.: Об одном особенном разряде оптических обманов. — В кн.: *Стробокопические явления. Сборник основных работ*. СПб. 1911. Стр. 13—41 с рис.

84. On Mr. Trevelyan's recent experiments on the production of sound during the conduction of heat. — *Journ. of the Royal Institution*, 1891, v. II, pp. 119—122.

То же — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 311—314. См. № 205.

1832

85. *Experimental researches in electricity. First series.* § 1. On the induction of electric currents. § 2. On the evolution of electricity from magnetism. § 3. On a new electrical condition of matter. § 4. On Arago's magnetic phenomena. [1831]. [С примечаниями, касающимися опытов Нобили и приоритета в этом вопросе Фарадея]. — *Philos. trans.*, 1832, part 1, pp. 125—162 with fig.

То же. — *Amer. Journ. of science (Silliman)*, 1832, v. XXII, pp. 386—387, 409—415.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1832, Bd. XXV (CI), SS. 91—142.

То же. — *Ann. de chim.*, 1832, t. L, pp. 5—69, 113—162.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. I.* 1839. Pp. 1—41. См. № 122.

То же — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. I und II Reihe.* 1896. SS. 3—47. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Об индукции электрических токов. — В кн.: *Избранные работы по электричеству.* 1939. Стр. 62—110. См. № 223.

То же. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству.* Т. I. 1947. Стр. 11—66. См. № 122.

То же. [Краткое изложение в письме к Филлипсу]. — В кн.: Jones, B. *The life and letters of Faraday*. V. II. 1870. Pp. 6—10. См. № 249.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Письмо к Филлипсу об открытии электромагнитной индукции. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 58—61. См. № 223.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1831—1832, № 8, pp. 91—93; № 9, pp. 113—119; 2. *Philos. mag.*, 1832, July—December, v. I, pp. 61—67. Подписано: S. H. Christie and J. Bostock.

86. Experimental researches in electricity. Second series. § 5. Terrestrial magneto-electric induction. § 6. Force and direction of magneto-electric induction generally. [Bakerian lecture. 1831]. — *Philos. trans.*, 1832, part I, pp. 163—194 with fig.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1832, Bd. XXV(CI), SS. 142—186.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 42—75. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. I und II Reihe*. 1896. SS. 48—85. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству*. Т. I. 1947. Стр. 67—100. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1831—1832, № 8, pp. 95—97; 2. В кн.: Jones, B. *The life and letters of Faraday*. V. II. London. 1870. Pp. 12—15. [Составил Тиндаль].

87. New experiments relative to the action of magnetism on electrodynamic spirals and a description of a new electro-motive battery. By Salvatore dal Negro with notes by M. Faraday. — *Philos. mag.*, 1832, v. I, pp. 45—49.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 200—204. См. № 122.

88. Nobili and Antinori's errors in magneto-electric induction. [In a letter to Gay-Lussac]. — *Ann. de chim.*, 1832, t. LI, p. 404.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 179—200. См. № 122.

89. Notes on Signor Nobili and Antinori's paper «On the electro-motive force of magnetism». — *Philos. mag. or annals...*, 1832, v. XI, pp. 401—413.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 164—179. См. № 122.

90. [Sur les phénomènes électromagnétiques]. Lettre à Gay-Lussac. — *Ann. de chim.*, 1832, v. LI, pp. 404—434.

То же. Под загл.: On magneto-electric induction. — *Philos. mag.*, 1840, v. XVII, pp. 281—289, 356—366.

91. Ueber die Mittheilung des volta-elektrischen und magneto-elektrischen Zustandes. [Auszug]. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep)*, 1832, Bd. XXXIII, kol. 289—290.

Реф.: *Zeitschr. für Phys. und verwandte Wissenschaften*, 1832, Bd. I, SS. 180—181.

1833

92. On the combination of carbonic acid with lime. [Abstract]. — *Edinb. new philos. Journ.*, 1833, v. XV, pp. 397—398.

A notice read at a meeting of the Royal society of London, May 3, 1833.

93. Experimental researches in electricity. Third series. § 7. Identity of electricities derived from different sources. § 8. [С примечанием, касающимся опыта Ампера с индукцией электрических токов]. Relation by measure of common and voltaic electricity. — *Philos. trans.*, 1833, part 1, pp. 23—54 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1833. 23—54 pp. with fig.

То же. — *Philos. mag.*, 1833; v. III, pp. 161—171, 214—248, 253—262, 353—362 with fig.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1833, v. XXX(CV), SS. 274—304, 365—380.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. I.* 1839. Pp. 76—109. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. III bis V Reihe.* 1897. SS. 3—38. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I.* 1947. Стр. 110—154. См. № 122.

То же. [§ 7]. Пер. на русск. яз. под загл.: Идентичность электричеств, получаемых из различных источников. — В кн.: *Избранные работы по электричеству.* 1939. Стр. 111—143. См. № 223.

То же. [§ 8]. Пер. на русск. яз. под загл.: Количественное соотношение между обыкновенным и вольтовым электричеством. — В кн.: *Избранные работы по электричеству.* 1939. Стр. 144—151. См. № 223.

То же. Relation by measure of common and voltaic electricity. [Извлечение из 5-й и 7-й серий «Экспериментальных исследований» с добавлением статьи под указанным выше названием и краткой биографии Фарадея]. — В кн.: *The fundamental laws of electrolytic conduction. Memoirs by Faraday, Hittorf and F. Kohlrausch.* New-York and London. 1899. Pp. 1—46.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1832—1833, № 11, p. 161—163; № 13, pp. 191—194; 2. Philos. mag., 1833, v. II, p. 312; v. III, pp. 38—40; 3. В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 22—23. [Составил Тиндаль]. См. № 249. 94. Experimental researches in electricity. Fourth series. § 9. On a new law of electric conduction. § 10. On conducting power generally. — Philos. trans., 1833, part 2, pp. 507—522.

То же. Отд. оттиск. London. 1833. 507—522 pp.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1834, Bd. XXXI, SS. 225—245.

То же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. I. 1839. Pp. 110—126. См. № 122.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. III bis V Reihe. 1897. SS. 39—55. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I. 1947. Стр. 155—175. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1832—1833, № 13, pp. 198—199; 2. Philos. mag., 1833, v. III, pp. 449—450; 3. В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 27—28. [Составил Тиндаль]. См. № 249.

95. Experimental researches in electricity. Fifth series. § 11. On electrochemical decomposition. — Philos. trans., 1833, part 2, pp. 675—710 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1833. 675—713 pp. with fig.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1834, Bd. XXXII, SS. 401—453.

То же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. I. 1839. Pp. 127—164. См. № 122.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. III bis V Reihe. 1897. SS. 56—99. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I. 1947. Стр. 176—226. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1832—1833, № 13, p. 211; 2. Philos. mag., 1833, v. III, pp. 460—461; 3. Report of the Brit. assoc. for advancement of science, 1834, pp. 393—399. 4. В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 31—34. См. № 249.

96. Notice of a means of preparing the organs of respiration, so as considerably to extend the time of holding the breath; with remarks on

its application, in cases in which it is required to enter an irrespirable atmosphere, and on the precautions necessary to be observed in such cases. — *Philos. mag.*, 1833, v. III, pp. 241—244.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 358—362. См. № 205.

97. On the Planariae. — *Edinb. new philos. Journ.*, 1833, v. XIV, pp. 183—185.

98. On the practical prevention of dry rot. [Abstract]. — *Philos. mag.*, 1833, v. II, pp. 313—314.

1834

99. Experimental researches in electricity. Sixth series. § 12. On the power of metals and other solids to induce [the combination of gaseous bodies. [1833]. — *Philos. trans.*, 1834, part 1, pp. 55—75.

То же. Отд. оттиск. London. 1834. 55—75 pp.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1834, Bd. XXXIII, SS. 149—189.

То же. — *Ann. d. Chem. (Liebig)*, 1835, Bd. XIV, SS. 1—10.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 165—194. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. VI bis VIII Reihe. 1897. SS. 3—35. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству*. Т. I. 1947. Стр. 227—264. См. № 122.

Реф.: Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1830 to 1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1833—1834, № 15, pp. 259—260.

100. Experimental researches in electricity. Seventh series. § 11. On electrochemical decomposition (continued). § 13. On the absolute quantity of electricity associated with the particles or atoms of matter. [1833]. — *Philos. trans.*, 1834, part 1, pp. 77—122 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1834. 77—122 pp. with fig.

То же. — *Philos. mag.*, 1834, v. V, pp. 161—181, 252—264, 334—344, 424—439.

То же. — *Ann. of electricity (Sturgeon)*, 1836—1837, v. I, pp. 305—326, 331—367.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1834, Bd. XXXIII, SS. 301—331, 433—451, 481—520.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 195—258. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. VI bis VIII Reihe. 1897. SS. 36—106. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I. 1947. Стр. 265—346. См. № 122.

То же. [§ 11]. Пер. на русск. яз. под загл.: Об электрохимическом разложении. — В кн.: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 152—177. См. № 223.

То же. [§ 13]. Пер. на русск. яз. под загл.: Об абсолютном количестве электричества, соединенного с частицами или атомами материи. — В кн.: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 178—184. См. № 223.

Read January 23, February 6 and 13, 1834.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1830 to 1937, v. III, proceedings of the Royal society, 1833—1834, № 15, pp. 261—263; 2. 6 and 7 series. — Philos. mag., 1834, v. IV, pp. 291—295.

101. Experimental researches in electricity. Eighth series. § 14. On the electricity of the voltaic pile; its source, quantity, intensity, and general characters. — Philos. trans., 1834, part 2, pp. 425—470.

То же. Отд. оттиск. London. 1834. 425—470 pp. with fig.

То же. — Philos. mag., 1835, v. VI, pp. 34—45, 125—133, 171—182, 272—279, 334—348, 410—415.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1835, Bd. XXXV, SS. 1—45, 222—260.

То же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. I. 1839. Pp. 259—321. См. № 122.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. VI bis VIII Reihe. 1897. SS. 107—169. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I. 1947. Стр. 347—428. См. № 122.

Read June 5, 1834.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans., 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1833—1834, № 17, pp. 288—291; 2. Records of general science (Thomson), 1835, v. I, pp. 232—236, 304—306.

102. On the magneto-electric spark and shock, and on a peculiar condition of electric and magneto-electric induction. A letter to Richard Phillips: 1834, October 17. — Philos. mag., 1834, v. V, pp. 349—354.

То же. Отд. оттиск. London. 6 pp.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1835, Bd. XXXIV, SS. 292—300.

То же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. II. 1844. Pp. 204—210. См. № 122.

То же. — Additional observations respecting the magneto-electric spark

and shock. A letter to Richard Phillips. 1834, November 20. — *Philos. mag.*, 1834, v. V, pp. 444—445.

То же. Отд. оттиск. [London]. 1834. 444—445 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 210—211. См. № 122.

Исправление ошибок, имеющихя в письме к Р. Филлипсу от 17 октября 1834 г.

1835

103. An account of the water of the well Zem-Zem. [Abstract]. — Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1834—1835, № 20, pp. 333—334.

104. *Experimental researches in electricity*. Ninth series. § 15. On the influence by induction of an electric current on itself and on the inductive action of electric currents generally. [1834]. — *Philos. trans.*, 1835, part 1, pp. 41—56.

То же. Отд. оттиск. London. 1835. 41—56 pp.

То же. — *Philos. mag.*, 1835, v. VI, pp. 34—45, 125—133, 171—182, 272—279, 334—348, 410—415.

То же. — *Ann. of electricity* (Sturgeon), 1836—1837, v. I, pp. 160—162, 169—186.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1835, Bd. XXXV, SS. 413—444.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 322—343. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. IX bis XI Reihe. 1901. SS. 3—27. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству*. Т. I. 1947. Стр. 429—456. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1830—1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1833—1834, № 17, pp. 318—319; 2. *Records of general science* (R. D. Thomson), 1835, v. II, pp. 465—466.

105. *Experimental researches in electricity*. Tenth series. § 16. On an improved form of the voltaic battery. § 17. Some practical results respecting the construction and use of the voltaic battery. — *Philos. trans.*, 1835, part 2, pp. 263—274 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1835. 263—274 pp. with fig.

То же. — *Philos. mag.*, 1836, v. VIII, pp. 114—128.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1835, Pd. XXXVI, SS. 505—525.

То же. — *Ann. d. Pharm.* (Liebig), 1836, Bd. XVII, SS. 7—28.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 344—359. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. IX bis XI Reihe. 1901. SS. 28—44. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству*. Т. I. 1947. Стр. 458—476. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837, v. III, proceedings of the Royal society, 1834—1835, № 21, pp. 343—344; 2. *Philos. mag.*, 1835, v. VII, pp. 411—412; 3. *Records of general science* (R. D. Thomson), 1836, v. III, pp. 147—149.

106. *Manufacture of pens*. — *Records of general science* (R. D. Thomson), 1835, v. I, pp. 397—399.

107. Reply to dr. John Davy's «Remarks on certain statements of mr. Faraday, contained in his „Researches in electricity“». A letter to R. Phillips. — *Philos. mag.*, 1835, v. VII, pp. 337—342.

То же. Отд. оттиск. [London. 1835]. 337—342 pp.

То же. — *Edinb. new philos. journ.*, 1836, v. XX, pp. 37—42.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 212—217. См. № 122.

108. *On sound*. [Abstract]. — *Records of general science* (R. D. Thomson), 1835, v. II, pp. 71—72.

1836

109. *On the general magnetic relations and characters of the metals*. — *Philos. mag.*, 1836, v. VIII, pp. 177—180.

То же. Отд. оттиск. 1836. 177—180 pp.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1836, Bd. XXXVII, SS. 423—429; 1839, Bd. XLVII, SS. 218—220.

То же. — *Ann. d. Pharm.* (Liebig), 1836, Bd. XX, SS. 127—131.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 217—221. См. № 122.

Реф.: *Bibliothèque universelle de Genève, nouvelle série*, 1836, t. II, pp. 374—376.

То же. *Additional facts*. — *Philos. mag.*, 3 series, 1839, v. XIV, pp. 161—163.

То же. Отд. оттиск. [London]. 1839. 161—163 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 223—225. См. № 122.

110. *On the history of the condensation of the gases in reply to dr. Davy, introduced by some remarks on that of electro-magnetic rotation*. A letter to R. Phillips. — *Philos. mag.*, 1836, v. VIII, pp. 521—529.

То же. Отд. оттиск. [London]. 1836. 521—529 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 229—234. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 135—141. См. № 205.

111. Notice of the magnetic action of manganese as stated by M. Berthier. A letter to the editors. — *Philos. mag.*, 1836, v. IX, pp. 65—66.

То же. Отд. оттиск. [London]. 1836. 65—66 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 222. См. № 122.

112. On a peculiar voltaic condition of iron by professor Schoenbein of Bâle; in a letter to Mr. Faraday: with further experiments on the same subject by Mr. Faraday, communicated in letters to Mr. Phillips and Mr. Brayley. — *Philos. mag.*, 1836, v. IX, pp. 57—65, 121—122.

То же. Отд. оттиск. [London]. 57—65, 121—127 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 234—250. См. № 122.

Ответ на письмо Шенбейна и описание опытов Фарадея в письмах Филлипсу и Брейли.

113. On silicified fossils. [Abstract]. — *Records of general science* (R. D. Thomson), 1836, v. III, pp. 155—156.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde* (Froberg), 1836, Bd. XLVIII, kol. 245—247.

114. On a supposed new sulphate and oxide of antimony. A letter to the editors. — *Philos. mag.*, 1836, v. VIII, pp. 476—478.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. II. 1844. Pp. 225—229. См. № 122.

Ответ Берцеллиусу.

1837

115. Note to Richard Taylor [on the causes of the neutrality of iron in nitric acid]. — *Philos. mag.*, 1837, v. XX, pp. 175—176.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. II. 1889—1891. SS. 222—224. (Anmerkung). См. № 122.

1838

116. *Experimental researches in electricity*. Eleventh series. § 18. On induction. [1837]. — *Philos. trans.*, 1838, part 1, pp. 1—40 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1838. 1—40 pp. with fig.

То же. — *Philos. mag.*, 1838, v. XIII, pp. 281—299, 355—367, 412—430.

То же. — *Ann. of electricity* (Sturgeon), 1839—1840, v. IV, pp. 1—25, 81—104.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1839, Bd. XLVI, SS. 1—27, 537—585.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève*, 1838, v. XVII, pp. 178—181.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 360—416. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. IX bis XI Reihe. 1901. SS. 45—104. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству*. Т. I. 1947. Стр. 477—548. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837 to 1843, v. IV, pp. 37—42; 2. *Philos. mag.*, 1839, v. XIV, pp. 132—133; 3. В кн.: Jones, B. *The life and letters of Faraday*. V. II. 1870. Pp. 77—84. [Составил Тиндаль]. См. № 249; 4. *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 1840, Bd. XXXVI, SS. 137—140.

То же. Supplementary note to *Experimental researches in electricity*. Eleventh series. — *Philos. trans.*, 1838, part 1, pp. 79—81.

То же. — *Philos. mag.*, 1839, v. XIV, pp. 34—37.

То же. — *Ann. of electricity* (Sturgeon), 1839—1840, v. IV, pp. 229—231.

Реф.: *Philos. mag.*, 1838, v. XIII, p. 147.

117. *Experimental researches in electricity*. Twelfth series. § 18. On induction (continued). — *Philos. trans.*, 1838, part 1, pp. 83—123.

То же. — *Ann. of electricity* (Sturgeon), 1840, v. V, pp. 81—104, 161—186.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1839, Bd. XLVII, SS. 33—54, 271—289, 529—562.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 417—472. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. XII und XIII Reihe. 1901. SS. 3—63. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству*. Т. I. 1947. Стр. 549—620. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837—1843, v. IV, pp. 49—52; 2. *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 1840, Bd. XXXVI, SS. 140—142.

118. *Experimental researches in electricity*. Thirteenth series. § 18. On induction (continued). § 19. Nature of the electrical current. — *Philos. trans.*, 1838, part 1, pp. 125—168.

То же. — *Ann. of electricity* (Sturgeon), 1840, v. V, pp. 255—284, 320—336.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1839, Bd. XLVIII, SS. 269—287, 424—461, 513—539.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. I. 1839. Pp. 473—532. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XII und XIII Reihe.* 1901. SS. 64—129. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I.* 1947. Стр. 621—698. См. № 122.

То же. *Experimental researches in electricity. (Twelfth and thirteenth series).* § 18. On induction (continued). § 19. Nature of the electric current. Отд. оттиск из «*Philosophical transactions.*» 1838. Part 1. London. 1838. 79—168 pp. with fig.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I.* 1947. Стр. 549—698. См. № 122.

То же. (Т. I. Серии XI, XII, XIII § 18). Пер. на русск. яз. под загл.: *Об индукции.* — В кн.: *Избранные работы по электричеству. 1939.* Стр. 185—194. См. № 223.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837 to 1843, v. IV, pp. 54—56; 2. *Bibliothèque universelle de Genève*, 1838, t. XVII, pp. 178—181; 3. *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 1840, Bd. XXXVI, SS. 142—144. На XI и XII серию: 1. *Athenaeum*, 1838, February 17 and March 3, pp. 125—127, 168—169; 2. *Bibliothèque universelle de Genève*, 1838, t. XIII, pp. 412—415.

119. *Experimental researches in electricity. Fourteenth series.* § 20. Nature of the electric force or forces. § 21. Relation of the electric and magnetic forces. § 22. Note on electrical excitation. — *Philos. trans.*, 1838, pp. 265—282.

То же. — *Ann. of electricity (Sturgeon)*, 1840, v. V, pp. 407—426.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1842, (Ergänzungsband nach Bd. LI), SS. 249—281.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. I.* 1839. Pp. 553—556. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XIV und XV Reihe.* 1902. SS. 3—29. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: *Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I.* 1947. Стр. 699—732. См. № 122.

То же. § 20. Пер. на русск. яз. под загл.: *Природа электрической силы или сил.* — В кн.: *Избранные работы по электричеству. 1939.* Стр. 195—199. См. № 223.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837—1843, v. IV, pp. 77—78; 2. *Philos. mag.*, 1838, v. XIII, pp. 462—463; 3. *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 1840, Bd. XXXVI, SS. 144—145.

1839

120. *Chemical account of the Cold Bokkeveld meteoric stone. A letter to J. F. W. Herschel.* — *Philos. trans.*, 1839, part 1, pp. 86—87

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in *Philos. trans.*, 1837 to 1843, v. IV, p. 134; 2. *Philos. mag.*, 1839, v. XIV, p. 368.

121. Experimental researches in electricity. Fifteenth series. § 23. Notice of the character and direction of the electric force of the *Gymnotus*. [1838]. — *Philos. trans.*, 1839, part 1, pp. 1—12.

То же. Отд. оттиск. London. 1839. 1—12 pp.

То же. — *Philos. mag.*, 1839, v. XV, pp. 358—372.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1842, (Ergänzungsband nach Bd. LI), SS. 385—405.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde* (Frorlep), 1839, Bd. XII, kol. 257—264, 273—280.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. XIV und XV Reihe. 1902. SS. 30—46. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837—1843, v. IV, pp. 111—112; 2. *Philos. mag.*, 1839, v. XIV, pp. 211—212; 3. *Bibliothèque universelle de Genève*, 1839, t. XXIV, pp. 387—390.

122. Experimental researches in electricity. Ed. by R. and J. E. Taylor. London. 1839—1855.

V. I. Reprinted from the *Philosophical transactions* of 1831—1838. 1839. VIII, 574 pp. with VIII plates. [Contents: Preface (pp. III—VI). Series I—XIV (pp. 1—556)].

V. II. Reprinted from the *Philosophical transactions* of 1838—1843. With other electrical papers from the *Quarterly journal of science and Philosophical magazine*. 1844. VIII, 302 pp. with fig. and V plates. [Contents: Preface (pp. V—VI). Series XV—XVIII (pp. 1—126). On some new electro-magnetical motions and on the theory of magnetism (pp. 127—147). Electro-magnetic rotation apparatus (pp. 147—148). Description of an electro-magnetical apparatus for the exhibition of rotatory motion (pp. 148—151). Note on new electro-magnetical motions (pp. 151—158). Effect of cold on magnetic needles (pp. 158—159). Historical statement respecting electro-magnetic rotation (pp. 159—162). Electro-magnetic current (under the influence of a magnet) (pp. 162—163). Electric powers (and place) of oxalate of lime (pp. 163—164). On the electro-motive force of magnetism. By Nobili and Antinori, with notes by M. Faraday (pp. 164—179). Nobili and Antinori's errors in magneto-electric induction. In a letter to Gay-Lussac (pp. 179—200). New experiments relative to the action of magnetism on electro-dynamic spirals and a description of a new electro-motive battery. By Salvatore del Negro. With notes by M. Faraday (pp. 200—204). On the magneto-electric spark and shock and on a peculiar condition of electric and magneto-electric induction.

[A letter] to Richard Phillips (pp. 204—210). Additional observations respecting the magneto-electric spark and shock. [A letter] to Richard Phillips (pp. 210—211). Reply to John Davy's «Remarks on certain statements of Mr. Faraday contained in his «Researches in electricity». [A letter] to Richard Phillips (pp. 211—217). On the general magnetic relations and characters of the metals (pp. 217—221). Notice of the magnetic action of manganese at low temperatures as stated by M. Berthier. [A letter] to the editors of the Philosophical magazine and journal (p. 222). On the general magnetic relations and characters of the metals: additional facts (pp. 223—225). On a supposed new sulphuret and oxide of antimony. [A letter] to the editors of the Philosophical magazine and journal (pp. 225—229). On the history of the condensation of the gases, in reply to Dr. Davy, introduced by some remarks on that of electromagnetic rotation. [A letter to Richard Phillips] (pp. 229—234). On a peculiar voltaic condition of iron, by professor Schoenbein of Bâle, in a letter to Mr. Faraday: with further experiments on the same subject by Mr. Faraday, communicated in letters to Mr. Phillips and Mr. Brayley (pp. 234—250). A letter to prof. Faraday, on certain theoretical opinions. By R. Hare, professor of chemistry in the University of Pennsylvania (pp. 251—261). An answer to dr. Hare's letter on certain theoretical opinions (pp. 262—274). On dr. Hare's second letter and on the chemical and contact theories of the voltaic battery. [A letter] to R. Taylor (pp. 274—276). On some supposed forms of lightning. [A letter] to the editors of the Philosophical magazine and journal (pp. 277—279). On static electrical inductive action. [A letter] to R. Phillips (pp. 279—284). A speculation touching electric conduction and the nature of matter (pp. 284—293)].

V. III. Reprinted from the Philosophical transactions of 1846—1852 with other electrical papers from the Proceedings of the Royal institution and Philosophical magazine. 1855. VIII, 588 pp with fig. and IV plates. [Contents: Preface (pp. V—VI). Series XIX—XXIX (pp. 1—437). On the physical lines of magnetic force (pp. 438—443). On the magnetic relations and characters of the metals (pp. 444—446). Thoughts on ray-vibrations. A letter to Richard Phillips (pp. 447—452). On the magnetic affection of light and on the distinction between the ferromagnetic and diamagnetic conditions of matter (pp. 453—465). On the diamagnetic conditions of flame and gases. A letter to Richard Taylor (pp. 467—490). On the motions presented by flame when under the electro-magnetic influence (pp. 490—493). On the use of gutta-percha in electrical insulation (pp. 494—496). Observations on the magnetic force (pp. 497—507). On electric induction—associated

cases of current and static effects (pp. 508—520). On subterranean electro-telegraph wires. A letter to the editors of the Philosophical magazine and journal (pp. 521—523). On magnetic hypotheses (pp. 524—527). On some points of magnetic philosophy (pp. 528—565, 566—574). Further observations on associated cases in electric induction of current and static effects (pp. 575—579)].

To же. Facsimile reprint. 3 vv. 1882. См. также № 221.

To же. Deutsche Uebersetzung von S. Kalischer. 3 BB. Berlin. 1889—1891.

Bd. I. 515 SS. mit Abbildungen, Tafeln und Faraday's Bildniss. [Inhalt: Vorwort des Uebersetzers (S. III). Vorwort des Verfassers (SS. IV—VI). I—XIV Reihe. (SS. 1—515)].

Bd. II. 298 SS. mit Abbildungen und Tafeln. [Inhalt: Vorbemerkung des Uebersetzers (S. III). Vorwort des Verfassers (S. IV). XV—XVIII Reihe. Добавления сравнительно с т. II английского издания 1844 г.: Ein Brief an den Herausgeber des «Philos. magazine» (SS. 222—224. Anmerkung). Entwurf einer Geschichte des Elektromagnetismus (SS. 265—297). Kontakt für volta'sche Elektrizität (S. 298)].

Bd. III. 646 SS. [Inhalt: Vorbemerkung des Uebersetzers (SS. III—IV). Vorwort des Verfassers (SS. V—VI). XIX—XXIX Reihe (SS. 1—365). Добавления сравнительно с т. III английского издания 1855 г.: Ueber den physikalischen Charakter der magnetischen Kraftlinien (SS. 371—400). Ueber die physischen Magnetkraftlinien (SS. 401—406). XXX Reihe (SS. 534—560). Ueber den Einfluss des Magnetismus auf das Licht und auf andere als magnetische Körper. (Aus einem Briefe Faraday's an A. De la Rive) (SS. 561—564). Ueber neue Beziehungen zwischen Elektrizität, Licht und Magnetismus. (Aus einem Briefe Faraday's an Dumas) (SS. 564—566). Ueber die Erscheinungen im magnetischen Felde. (Aus einem Briefe Faraday's an A. De la Rive) (SS. 566—568). Gleichzeitige statische und dynamische Wirkungen der Elektrizität. (Aus einem Briefe an A. De la Rive) (SS. 568—569). Ueber elektrodynamische Induktion in Flüssigkeiten. (Ein Brief an A. De la Rive) (SS. 570—573). Ueber elektrische Leitung (SS. 574—583). Ueber Ruhmkorff's Induktionsapparat (SS. 584—587). Ueber Wirkung nichtleitender Körper bei der elektrischen Induktion. (Von Faraday und P. Riess) (SS. 588—606). Ueber gewisse magnetische Vorgänge und Wirkungen (SS. 607—610). Ueber die Dauererscheinung des Blitzes (SS. 611—612). Bemerkungen über statische Induktion (SS. 613—618). Ueber Wheatstone's elektrischen Telegraph in Beziehung zur Wissenschaft. (Eine Begründung der Forderung, die Naturwissenschaften als einen Unterrichtsweig voll anzuerkennen) (SS. 619—625). Ueber die Erleuchtung von Leuchttürmen. Das elektrische Licht (SS. 626—629). Ueber den elektrischen Seiden-

Webstuhl (SS. 630—633). Ueber den Zusammenhang zwischen den magnetischen Variationen und den Sonnenflecken (SS. 634—635). Bemerkungen über Magnetismus (SS. 636—638). Register (SS. 638—646)].

То же. Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Leipzig. 1896—1903. (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. №№ 81, 86, 87, 126, 128, 131, 134, 136, 140).

I u. II Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1832). 1896. 96 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 81). [Примечания: Краткие биографические данные о Фарадее, письмо Фарадея к Пэрису (J. A. Paris) о первом его знакомстве с Г. Дэви].

III bis V Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1833). 1897. 103 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 86).

VI bis VIII Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1834). 1897. 179 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 87).

IX bis XI Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1835). 1901. 106 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 126).

XII und XIII Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1838). 1901. 133 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 128).

XIV und XV Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1838). 1902. 48 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 131).

XVI und XVII Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1840). 1902. 102 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 134).

XVIII und XIX Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1843 u. 1846). 1903. 58 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 136). [Приложение: Drehung der Polarisationssebene des Lichts bei mehrfachen Reflexionen (SS. 52—56)].

XX bis XXIII Reihe. (Aus den Philos. Trans. f. 1846, 1849 u. 1850). 1903. 173 SS. mit Fig. (Ostwald's Klassiker, № 140). (Приложение: 1. Извлечение из статьи «On the magnetic affection of light, and on the distinction between the ferromagnetic and diamagnetic conditions of matter». 2. Ueber die diamagnetischen Eigenschaften der Flamme und der Gase (SS. 71—95)].

То же. Пер. на русск. яз.: Экспериментальные исследования по электричеству. Пер. с англ. Е. А. Чернышевой и Я. Р. Шмидт-Чернышевой. Коммент. и ред. чл.-корр. Акад. Наук СССР проф. Т. П. Кравца. Т. I. М. 1947. 848 стр. с илл., 2 л. портр. (Акад. Наук СССР. Классики науки).

Содержание: М. Фарадей. Предисловие (стр. 7—10). Экспериментальные исследования по электричеству. Серии I—XIV (стр. 11—729). Приложения: 1. Т. П. Кравец. М. Фарадей и его «Экспериментальные исследования по электричеству» (стр. 733—780). 2. Примечания редактора (стр. 781—805). 3. Таблица перевода мер (стр. 806—

808). 4. Таблица химических обозначений элементов и соединений, упоминаемых Фарадеем (стр. 809). 5. Указатель именной (стр. 810—811). 6. Указатель предметный (стр. 812—844). Портреты М. Фарадея (репродукции: с портрета работы Т. Филиппа — против стр. 736, с портрета работы А. Блэкли — против стр. 752).

Рец.: 1. Савостьянова, М. — Вестн. Акад. Наук СССР, 1948, № 5, стр. 116—117; 2. Шателен, М. А. — Электричество, 1948, № 6, стр. 94—95.

On the general magnetic relations and characters of the metals. Additional facts. См. № 109.

1840

123. An answer to Dr. Hare's letter on certain theoretical opinions [on static induction]. — Amer. Journ. of science and arts (Silliman), 1840, v. XXXIX, pp. 108—120.

То же. — Ann. of electricity (Sturgeon), 1840, v. V, pp. 110—120.

То же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. II. 1844. Pp. 262—274. См. № 122.

Письмо Гейра (R. Hare). См.: Amer. Journ. of science and arts, 1840, v. XXXVIII, pp. 1—11.

124. Experimental researches in electricity. Sixteenth and seventeenth series. § 24. On the source of power in the voltaic pile. [1839]. — Philos. trans., 1840, part 1, pp. 61—91, 93—127.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1841, Bd. LII, SS. 149—177, 547—573; Bd. LIII, SS. 316—335, 479—498, 548—572.

То же. — Archives de l'électricité, suppl. à la Bibliothèque universelle de Genève, 1841, t. I, pp. 93—136, 342—400.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XVI und XVII Reihe. 1902. SS. 3—99. См. № 122.

То же. [Извлечение из серии XVII, § 24]. Пер. на русск. яз. под загл.: Невероятность гипотезы контактной силы. — В кн.: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 201—204. См. № 223.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the Philos. trans. 1837 to 1843, v. IV, pp. 200—202, 213—216; 2. Philos. mag., 1840, v. XVI, pp. 329—330, 336—338; 3. Bibliothèque universelle de Genève, 1840, t. XXVII, pp. 192—195. Подписано: A. De la Rive; 4. В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 102—103. [Составил Тиндаль]. См. № 249.

1841

125. On some supposed forms of lightning. A letter to the editors of the Philos. mag. — Philos. mag., 1841, v. XIX, pp. 104—106.

То же. — Ann. of electricity (Sturgeon), 1841, v. VII, pp. 228—230.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1841, Bd. LIV, SS. 98—100.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. II. 1844.* Pp. 277—279. См. № 122.

1843

126. [Analysis of sea-water]. A letter. — Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1843, № 58, p. 476.

127. On the chemical and contact theories of the voltaic battery. — *Philos. mag.*, 1843, v. XXII, pp. 477—480.

То же. — *Archives d'électricité, suppl. à la Bibliothèque universelle de Genève*, 1843, t. III, pp. 623—644.

128. Experimental researches in electricity. Eighteenth series. § 25. On the electricity evolved by the friction of water and steam against other bodies. — *Philos. trans.*, 1843, part 1, pp. 17—32 with fig.

То же. — Отд. оттиск. London. 1843. 17—32 pp. with fig.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1843, Bd. LX, SS. 321—347.

То же. — *Ann. de chim.*, 1844, t. X, pp. 88—105.

То же. — *Archives de l'électricité, suppl. à la Bibliothèque universelle de Genève*, 1843, t. III, pp. 369—395.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XVIII und XIX Reihe. 1903. SS. 3—24.* См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers printed in the *Philos. trans.*, 1837 и 1843, v. IV, pp. 437—438.

129. On dr. Hare's second letter and on the chemical and contact theories of the voltaic battery. A letter to R. Taylor. — *Philos. mag.*, 1843, v. XXII, pp. 268—269.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. II. 1844.* Pp. 274—276. См. № 122.

Второе письмо Гейра (R. Hare). См.: *Philos. mag.*, 1841, v. XVIII, pp. 465—477.

130. On static electrical inductive action. A letter to R. Phillips. — *Philos. mag.*, 1843, v. XXII, pp. 200—204.

То же. Отд. оттиск. [London]. 1843. 4 pp.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1843, Bd. LVIII, SS. 603—608.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. II. 1844.* Pp. 279—284. См. № 122.

131. Lecture on electricity. [Delivered at the Royal institution, Jan. 20, 1843]. — *Repertory of patent inventions, enlarged series*, 1843, v. I, pp. 165—184.

Реф.: On some phenomena of electric induction.—Literary gazette, 1843, pp. 55—56.

132. Lecture on the electricity of steam. [Delivered at the Royal institution, June 9, 1842].—Repertory on patent inventions, enlarged series, 1843, v. II, pp. 49—55, 114—122.

133. Lecture on light and ventilation. [Delivered at the Royal institution, April 7, 1843].—Repertory on patent inventions, enlarged series, 1843, v. II, pp. 174—181, 238—250.

Реф.: On the ventilation of oil and gas lamps.—Literary gazette, 1843, pp. 259—260.

134. De la ventilation des lampes à huile et à gaz.—Bibliothèque universelle de Genève, 1843, t. XLVI, pp. 337—341.

То же. Под загл.: On the ventilation of lighthouse lamps; the points necessary to be observed, and the manner in which these have been or may be attained.—Proceedings of the Institute of civil engineers, 1843, p. 206.

То же.—В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 362—366. См. № 205.

1844

Experimental researches in electricity. V. II. 1844. См. № 122.

135. A speculation touching electric conduction and the nature of matter. (A letter to R. Taylor).—Philos. mag., 1844, v. XXIV, pp. 136—144.

То же.—Bibliothèque universelle de Genève, 1844, t. LI, pp. 359—370.

То же.—В кн.: Experimental researches in electricity. V. II. 1844. Pp. 284—293. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Гипотеза об электропроводности и природе материи.—Под знаменем марксизма, 1938, № 1, стр. 107—113. См. также: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 205—215. См. № 223.

1845

* 136. Azione del magnetismo sulla luce polarizzata.—Ann. fis. chim. (Majocchi), 1845, t. XX, pp. 294—297; 1846, t. XXI, pp. 225—238.

137. Identity of light, heat and electricity. [Abstract].—Athenaeum, 1845, № 941, p. 1080.

То же.—Amer. journ. of science and arts (Silliman), 2 series, 1846, v. I, pp. 146—147.

138. Lettre à Dumas sur la liquéfaction des gaz.—Ann. de chim., 1845, t. XIII, pp. 120—124.

То же.—Bibliothèque universelle de Genève, 1844, t. LIV, pp. 189—192.

То же.—Journ. f. prakt. Chem. (Erdmann), 1845, Bd. XXXV, SS. 24—27.

139. On the liquefaction and solidification of bodies generally existing as gases. — *Philos. trans.*, 1845, part 1, pp. 155—177.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1845, Bd. LXIV, SS. 467—471; 1848 (Ergänzungsband nach Bd. LXXII), SS. 193—218, 219—227.

То же. — *Ann. de chim.*, 1845, t. XIII, pp. 257—290.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève*, 1845, t. LIX, pp. 138—169.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 96—124. См. № 205.

То же. — В кн.: *The liquefaction of gases*. 1904. Pp. 33—68. См. № 220.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1844, № 60, pp. 540—542; 2. *Edinb. philos. journ.*, 1845, v. XXXIX, pp. 201—202; 3. *Neue Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde* (Froriep), 1845, Bd. XXIII, kol. 292—293.

То же. Additional remarks respecting the condensation of gases. [Abstract]. — *Proceedings of the Royal society*, 1843—1850, v. V, Febr. 20, 1845, p. 547.

140. On the magnetic relations and characters of the metals. — *Philos. mag.*, 1845, v. XXVII, pp. 1—3.

То же. — *Journ. f. prakt. Chem.* (Erdmann), 1845, Bd. XXXVI, SS. 50—52.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem.* (Poggendorff), 1845, Bd. LXV, SS. 643—646.

То же. — *Archives de l'électricité*, suppl. à la *Bibliothèque universelle de Genève*, 1845, t. V, pp. 333—336.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 444—446. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 407—409. См. № 122.

141. Report from Faraday and Lyell to James Graham, secretary of state for the home department, on the subject of the explosion at the Haswell collieries, and on the means of preventing similar accidents. A letter. — *Philos. mag.*, 1845, v. XXVI, pp. 16—35.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève*, 1845, t. LV, pp. 321—332.

142. On the ventilation of the coal-mine goaf. A letter. — *Philos. mag.*, 1845, v. XXVI, pp. 169—170.

143. The ventilation of mines, and the means of preventing explosion from fire-damp. A lecture delivered at the Royal institution, January 17, 1845. — *Repertory on patent inventions, enlarged series*, 1845, v. V, pp. 191—211.

1846

144. Experimental researches in electricity. Nineteenth series. § 26. On the magnetization of light and the illumination of magnetic lines of force. [1845]. — *Philos. trans.*, 1846, pp. 1—20.

То же. — *Philos. mag.*, 1846, v. XXVIII, pp. 294—317, 396—406, 455—468.

То же. — *Electrical mag. (Walker)*, 1846, v. II, pp. 259—261.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1846, Bd. LXVIII, SS. 105—136.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep)*, 1846, Bd. XXXIX, kol. 257—262.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1846, t. I, pp. 385—416.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XVIII und XIX Reihe*. 1903. SS. 25—56. См. № 122.

То же. — В кн.: *The effects of a magnetic field on radiation. Memoirs by Faraday, Kerr and Zeeman*. New York. 1900. Pp. 3—18.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: *О магнетизации света и освещении магнитных силовых линий*. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 223—227. См. № 223.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1845, № 62, pp. 567—569; 2. *Philos. mag.*, 1846, v. XXVIII, pp. 64—66; 3. *Repertory on patent inventions, enlarged series*, 1846, v. VII, pp. 118—121; 4. *Journ. für prakt. Chem. (Erdmann)*, 1846, Bd. XXXVIII, SS. 257—266; 5. Сенковский, О. И. О новейших открытиях Фарадея. — В кн.: Сенковский, О. И. *Собрание сочинений*. Т. IX. СПб. 1859. Стр. 47—52.

145. Experimental researches in electricity. Twentieth and twenty-first series. § 27. On new magnetic actions, and on the magnetic condition of all matter. [1845]. — *Philos. trans.*, 1846, part 1, pp. 21—40, 41—62.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1846, Bd. LXIX, SS. 289—320; 1847, Bd. LXX, SS. 24—59.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete für Natur- und Heilkunde*, 1846, Bd. XXXVII, kol. 87—88.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XX bis XXIII Reihe*. 1903. SS. 3—60. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: *О новых магнитных действиях и о магнитном состоянии всякой материи*. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 228—238. См. № 223.

То же. [Заключительная часть]. — *Amer. journ. of science (Silliman)*, 2 series, 1846, v. II, pp. 233—245.

То же. (Nineteenth, twentieth, and twenty-first series). Отд. отт. из «Philosophical transactions». 1846. Part 1. London. 1846. 62 p.

Read November 20, 1845 (19 series); December 18, 1845 (20 series); January 8, 1846 (21 series).

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1845, № 62, pp. 592—595; 2. Philos. mag., 1846, v. XXVIII, pp. 147—150; 3. Athenaeum, 1846, № 953, p. 123; 4. Amer. journ. of science (Silliman), 2 series, 1846, v. I, pp. 421—425; 5. Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1846, t. II, pp. 42—55, 145—164. [Extrait par A. De la Rive].

146. Lettres à De la Rive et à Dumas relatives à l'influence du magnétisme sur la lumière et sur les corps autres que les corps magnétiques. — Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1846, t. I, pp. 70—79.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 561—564. См. № 122.

147. Sur de nouvelles relations entre l'électricité, la lumière et le magnétisme. (Extrait d'une lettre à Dumas). — Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 1846, t. XXII, pp. 113—115.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 564—566. См. № 122.

148. On the magnetic affection of light, and on the distinction between the ferromagnetic and diamagnetic conditions of matter. — Philos. mag., 1846, v. XXIX, pp. 153—156, 249—258.

То же. — Amer. Journ. of science (Silliman), 2 series, 1846, v. II, pp. 233—245.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1847, Bd. LXX, SS. 283—300.

То же. — Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep), 846, Bd. XXXVII, kol. 6—8.

То же. — Ann. de chim., 1846, t. XVII, pp. 359—392.

То же. — В кн.: Experimental researches in electricity. V. III. 1855. Pp. 453—466. См. № 122.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 416—428. См. № 122.

То же. — В кн.: The effects of a magnetic field in radiation. Memoirs by Faraday, Kerr and Zeeman. New York. 1900. Pp. 19—24.

Реф.: 1. Amer. Journ. of science (Silliman), 2 series, 1846, v. I, pp. 425—426; 2. Athenaeum, 1846, Jan. 31, № 953, p. 126; 3. Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1846, t. III, pp. 338—344.

149. Thoughts on ray-vibrations. A letter to R. Phillips. — *Philos. mag.*, 1846, v. XXVIII, pp. 345—350.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 447—452. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 366—372. См. № 205.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 410—415. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Мысли о колебаниях в луче. — Телеграфия и телефония без проводов, 1919, № 5, стр. 24—26.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Мысли о лучевых вибрациях. — Под знаменем марксизма, 1938, № 1, стр. 114—118. См. также: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 216—222. См. № 223.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Мысли о лучевых колебаниях. — В кн.: Из предистории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Составил С. М. Рытов. М.—Л. 1948. Стр. 53—57. (50 лет радио. Вып. 1).

Реф.: 1. *Amer. Journ. of Science* (Silliman), 2 series, 1846, v. II, pp. 401—405; 2. *Neue Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde* (Froier), 1846, Bd. XXIX, kol. 257—262; 3. *Discussion entre M. Faraday et Airy sur la nature de la lumière*. — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1846, t. III, pp. 224—231.

О статьях Фарадея «Thoughts on ray-vibrations» и Эри (Airy) «Remarks on Faraday's paper on ray-vibrations». См.: *Philos. mag.*, 1846, v. XXVIII, pp. 345—350, 532—537.

1847

150. On Mr. Barry's mode of warming and ventilating the new House of Lords. — *Athenaeum*, 1847, April 3, № 1014, pp. 366—367.

Реф.: *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde* (Froier), 3 Reihe, 1847, Bd. III, kol. 301—303.

151. Congélation du mercure en trois secondes, en vertu de l'état sphéroïdal, dans un creuset incandescent. [Extrait d'une lettre de Faraday à Boutigny]. — *Ann. de chim.*, 1847, t. XIX, p. 383.

То же. — *Amer. Journ. of Science* (Silliman), 2 series, 1847, v. IV, p. 101.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1847, t. IV, p. 303.

152. On the diamagnetic conditions of flame and gases. A letter to R. Taylor. — *Philos. mag.*, 1847, v. XXXI, pp. 401—421.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1848, Bd. LXXIII, SS. 256—286.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. III. 1855.* Pp. 467—490. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891.* SS. 429—449. См. № 122.

То же. Сокращ. изложение под заглавием: *On the magnetic characters and relations of oxygen and nitrogen.* — *Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1853, v. I, 1853, January 24,* pp. 1—3.

Реф.: 1. *Amer. journ. of science (Silliman)*, 2 series, 1848, v. V, pp. 254—258; 2. *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep)*, 3 Reihe, 1848, Bd. VI, kol. 145—154.

153. *Discourse on the magnetic condition of matter. [Abstract].* — *Report of the Brit. assoc. for the advancement of science, 1847, notices and abstracts,* pp. 20—21 (2 пагин.).

1848

154. *On gunpowder.* — *Journ. of natur. hist., Calcutta, 1848, v. VIII,* pp. 113—118.

155. *On the use of gutta-percha in electrical insulation. A letter to R. Phillips.* — *Edinb. new philos. journ., 1848, v. XLIV,* pp. 295—297.

То же. — *Philos. mag., 1848, v. XXXII,* pp. 165—167.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1849, Bd. LXXIV, SS. 154—159.

То же. — *Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde (Froriep)*, 3 Reihe, 1848, Bd. VI, kol. 344—346.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity. V. III. 1855.* Pp. 494—496. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891.* SS. 454—456. См. № 122.

Реф.: 1. *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1854, t. XXV, pp. 169—170. 2. *Журн. Мин. народн. просвещ., 1854, ч. LXXXII, май, указатель открытий и наблюдений*, стр. 39—40.

1849

156. *Experimental researches in electricity. Twenty-second series. § 28. On the cristalline polarity of bismuth and other bodies, and on its relation to the magnetic and electric form of force. [1848].* — *Philos. trans., 1849, part 1,* pp. 1—41 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1849. 41 pp. with fig.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1849, Bd. LXXVI, SS. 144—149.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1849, t. XII, pp. 89—121.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XX bis XXXIII Reihe*. 1903. SS. 96—148. См. № 122.

То же. (Серия XXII, § 28, V.) Пер. на русск. яз. под загл.: О природе магнитокристаллической силы и общие соображения. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 239—243. См. № 223.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1848, № 72, pp. 780—783; 2. *Philos. mag.*, 1849, v. XXXIV, pp. 75—78; 3. *Amer. Journ. of science (Silliman)*, 2 series, 1849, v. VII, pp. 425—427; 4. В кн.: Jones, B. *The life and letters of Faraday*. V. II. 1870. Pp. 233—236. [Составил Тиндаль]. См. № 249; 5. *Ann. de chim.*, 1852, t. XXXVI, pp. 247—254; 6. *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1849, t. XX, pp. 225—227. Подписано: A. d. I. R. [A. De la Rive].

1850

157. On certain conditions of freezing water. [Abstract of a discourse at the Royal institution, Friday evening, June 7, 1850]. — *Athenaeum*, 1850, June 15, № 1181, pp. 640—641.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 372—374. См. № 205.

158. *Experimental researches in electricity. Twenty-third series. § 29. On the polar or other condition of diamagnetic bodies*. [1849]. — *Philos. trans.*, 1850, part 1, pp. 171—188.

То же. Отд. оттиск. London. 1850. 171—188 pp.

То же. — *Philos. mag.*, 1850, v. XXXVII, pp. 88—108.

То же. — *Amer. Journ. of science (Silliman)*, 2 series, 1850, v. X, pp. 188—206.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1851, Bd. LXXXII, SS. 75—89, 232, 245.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. XX bis XXXIII Reihe*. 1903. SS. 149—171. См. № 122.

Реф.: 1. Abstracts of the papers, communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1849, № 75, pp. 929—930; 2. *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1851, t. XVI, pp. 89—111.

1851

159. Artificial production of the ruby. [A brief verbal notice of the results obtained by Ebelman of the Sèvre].—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1851, May 23, pp. 83—84.

160. Electric currents in plants. A brief verbal notice of the results obtained by Becquerel in his researches.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1851, May 16, pp. 75—76.

161. Experimental researches in electricity. Twenty-fourth series. § 30. On the possible relation of gravity to electricity. [1850].—Philos. trans., 1851, part 1, pp. 1—6.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: О возможной связи тяготения и электричества.—В кн.: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 244—250. См. № 223.

Реф.: Abstracts of the papers, communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1849, № 75, pp. 994—995.

162. Experimental researches in electricity. Twenty-fifth series. § 31. On the magnetic and diamagnetic condition of bodies. [1850].—Philos. trans. 1851, part 1, pp. 7—28 with fig.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1855, v. V, proceedings of the Royal society, 1849, № 50, pp. 995—997; 2. Philos. mag., 1850, v. XXXVII, pp. 545—546.

163. Experimental researches in electricity. Twenty-sixth series. § 32. Magnetic conducting power. § 33. Atmospheric magnetism. [1850].—Philos. trans., 1851, pp. 29—84 with fig.

То же.—Edinb. new philos. Journ., 1851, v. LI, pp. 61—66.

То же.—Amer. Journ. of science (Silliman), 2 series, 1851, v. XII pp. 69—72.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1849, № 75, pp. 998—1000; 2. Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1851, April 11, pp. 56—60; 3. Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1851, t. XVI, pp. 132—137.

164. Experimental researches in electricity. Twenty-seventh series. § 33. On atmospheric magnetism (continued). [1850].—Philos. trans., 1851, part 1, pp. 85—122 with fig. and tables.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1843—1850, v. V, proceedings of the Royal society, 1849, № 75, pp. 1000—1001.

165. Experimental researches in electricity. (Twenty-fourth series). § 30. On the possible relation of gravity to electricity. (Twenty-fifth series). § 31. On the magnetic and diamagnetic condition of bodies. (Twenty-sixth series). § 32. Magnetic conducting power. Atmospheric magnetism. (Twenty-seventh series). § 33. Atmospheric magnetism (continued). Отд. отт. из «Philosophical transactions». 1851. Part 1. London. 1851. 122 p.

Read November 28, 1850.

Реф.: Philos. mag., 1851, v. i, pp. 68—75.

On the magnetic characters and relations of oxygen and nitrogen. См. № 152.

166. Des phénomènes qui ont lieu dans le champ magnétique. (Extrait d'une lettre, adressée à A. De la Rive). — Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1851, t. XVI, pp. 129—132.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 566—568. См. № 122.

Полный текст этого письма от 4 февраля 1851 г. См. в кн.:

Jones, B. Life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 252—256. См. № 249.

167. On Schönbein's ozone. — Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1851, June 13, pp. 94—97.

Изложение сообщения Фарадея.

1852

168. Experimental researches in electricity. Twenty-eighth series. § 36. On lines of magnetic force; their definite character; and their distribution within a magnet and through space. [1851]. — Philos. trans., 1850, part 1, pp. 25—56.

То же. Отд. оттиск. London. 1852. 32 pp.

То же. — Philos. mag., 1852, v. III, pp. 67—71.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1853, Bd. LXXXVIII, SS. 557—570.

Read November 27 and December 11, 1851.

Реф.: Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1854, v. VI, proceedings of the Royal society, pp. 128—132.

169. Experimental researches in electricity. Twenty-ninth series. § 35. On the employment of the induced magneto-electric current as a test and measure of magnetic forces. [1851]. — Philos. trans., 1852, part 1, pp. 137—159 with fig.

То же. Отд. оттиск. London. 1852. 137—152 pp. with fig.

То же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1853, (Ergänzungsband), SS. 1—27, 28—63, 64—72, 73—107, 108—145, 187—231, 481—534, 535—541, 542—545.

Read: March 25 and April 1, 1852.

Реф.: 1. Abstracts of the papers communicated to the Royal society of London, 1854, v. VI, proceedings of the Royal society pp. 165—168; 2. Philos. mag., 1852, v. III, pp. 309—311; 3. Nouvelles recherches sur les lignes de force magnétique.—Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1852, t. XX, pp. 141—144.

170. On the lines of magnetic force.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1852, January 23, pp. 105—109.

То же.—В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 366—370. См. № 122.

171. On the physical lines of magnetic force.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1852, June 11, pp. 216—220.

То же.—В кн.: Experimental researches in electricity. V. III. 1855. Pp. 438—443. См. № 122.

То же.—В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 401—406. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: О физических линиях магнитной силы.—В кн.: Из предистории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Составил С. М. Рытов. М.—Л. 1948. Стр. 58—62. (50 лет радио. Вып. 1).

172. On the physical character of the lines of magnetic force.—Philos. mag., 1852, v. III, pp. 401—428 with fig.

То же. Отд. оттиск. 401—428 pp. with fig.

То же.—В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 371—400. См. № 122.

Реф.: Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1852, t. XIX, pp. 54—57. Подписано: A. d I R. [A. De la Rive].

173. On a specimen of dark glass which was found to be melted after being placed outside the eye-piece of a telescope.—Report of the Brit. assoc. for advancement of science, 1852, pp. 22—23 (2 пагинация).

1853

174. Boussingault, Frémy, Becquerel, etc. On oxygen. [A brief verbal notice of the results of their experiments].—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1853, June 10, pp. 337—339.

175. Experimental investigation of table-moving.—Athenaeum, 1853, July 2, № 1340, pp. 801—803.

То же.—В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859 Pp. 385—391. См. № 205.

176. Observation on the magnetic force.— Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—54, v. I, 1853, January 21, pp. 229—238.

То же.— Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1853, Bd. LXXXVIII, SS. 557—570.

То же.— Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1853, t. XXIII, pp. 105—120.

То же.— В кн.: Experimental researches in electricity. V. III. 1855. Pp. 497—507. См. № 122.

То же.— В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III 1889—1891. SS. 457—466. См. № 122.

Реф.: Philos. mag., 1853, v. V, pp. 218—227.

177. The subject matter of a course of six lectures on the non-metallic elements. Delivered before the members of the Royal institution, in the spring and summer of 1852. Arranged by permission, from the lecturer's notes by J. Scoffern. London. 1853. VIII, 293 pp. with ill.

* 178. On table-turning. A letter to the editor of the Times.— Times, June 30, 1853.

То же.— В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 382—385. См. № 205.

1854

179. Sur le développement des courants induits dans les liquides. Lettre à De la Rive.— Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1854, t. XXV, pp. 267—274.

То же.— Ann. de chim., 1854, t. XLVI, pp. 196—198.

То же. Под загл.: On electro-dynamic induction in liquids.— Philos. mag., 4 series, 1854, v. VII, pp. 265—268.

То же.— Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1854, Bd. XCII, SS. 299—304.

То же.— В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 570—573. См. № 122.

180. On electric induction:—associated cases of current and static effects.— Notices of the proceedings of the Royal institution, 1851—1854, v. I, 1854, January 20, pp. 345—355.

То же.— Philos. mag., 1854, v. VII, pp. 197—208.

То же.— Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1854, Bd. XCII, SS. 152—168.

То же.— Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1854, t. XXV, pp. 209—228.

То же.— В кн.: Experimental researches in electricity. V. III. 1855. Pp. 508—520. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 467—478. См. № 122.

Реф.: A verbal copy of an abstract of a lecture given at the Royal institution on Jan. 20, 1854. — *Amer. Journ. of science* (Silliman), 2 series, 1854, v. XVIII, pp. 84—94.

181. On magnetic hypotheses. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1851—1854, v. I, 1854, June 9, pp. 457—459.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 524—527. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 482—485. См. № 122.

182. Propriétés électriques remarquables des fils de cuivre recouverts de gutta-percha. (Extrait d'une lettre à De la Rive). — *Bibliothèque universelle de Genève*, archives des sciences physiques et naturelles, 1854, v. XXV, pp. 169—170.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 568—569. См. № 122.

Полный текст письма от 28 января 1854 г. См.: в кн.: Jones, B. *Life and letters of Faraday*. V. II. 1870. Pp. 317—319. См. № 249.

183. On subterraneous electro-telegraph wires. A letter to the editors. — *Philos. mag.*, 1854, v. VII, pp. 396—398.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 521—523. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 479—481. См. № 122.

1855

184. On electric conduction. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1855, May 25, pp. 123—132 with fig.

То же. Отд. оттиск. [London.] 9 pp. with fig.

То же. — *Philos. mag.*, 1855, v. X, pp. 98—107.

То же. — *Amer. Journ. of science* (Silliman), 2 series, 1856, v. XXI, pp. 368—377.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 574—583. См. № 122.

Реф.: *Bibliothèque universelle de Genève*, archives des sciences physiques et naturelles, 1855, t. XXX, pp. 153—156. Подписано: A. d. I. R. [A. De la Rive].

Experimental researches in electricity. V. III. 1855. См. № 122.

185. Further observations on associated cases, in electric induction, of current and static effects. — *Philos. mag.*, 1855, v. IX, pp. 161—165.

То же. — *Journ. de pharm.*, 1855, v. XXVII, pp. 60—63.

То же. — *Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff)*, 1855, Bd. XCVI, SS. 488—494.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1855, t. XXVIII, pp. 328—330.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 575—579. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 529—533. См. № 122.

186. On gravity. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1855, January 19, pp. 10—13.

187. Magnetic remarks. A letter to Tyndall. — *Philos. mag.*, 1855, v. IX, pp. 253—255.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 636—638. См. № 122.

188. Observations on mental education. [A lecture delivered at the Royal institution on the 6th of May, 1854]. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 463—491. См. № 205.

189. On Ruhmkorff's induction apparatus. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1855, June 8, pp. 139—142.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 584—587. См. № 122.

190. On some points of magnetic philosophy. — *Philos. mag.*, 1855, v. IX, pp. 81—113.

То же. Отд. оттиск. 33 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 528—565. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 486—520. См. № 122.

191. On some points of magnetic philosophy. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1855, January 19, pp. 6—10.

То же. Отд. оттиск. 7 pp.

То же. — В кн.: *Experimental researches in electricity*. V. III. 1855. Pp. 566—574. См. № 122.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 521—528. См. № 122.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: О некоторых пунктах теории магнетизма. — В кн.: *Избранные работы по электричеству*. 1939. Стр. 258—259. См. № 223.

1856

192. On the action of non-conducting bodies in electric induction. Letters by M. Faraday and P. Riess. — *Philos. mag.*, 1856, v. XI, pp. 1—17.

To же.—Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1856, Bd. XCVII, SS. 415—441.

To же.—Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1856, t. XXXI, pp. 48—74.

To же.—В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 588—606. См. № 122.

193. On certain magnetic actions and affections.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1854—1858, v. II, 1856, February 22, pp. 196—198.

To же.—Philos. mag., 1856, v. XI, pp. 322—324.

To же.—Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1856, t. XXXII, pp. 55—58.

To же.—В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 607—610. См. № 122.

194. Experimental researches in electricity. Thirtieth series. § 38. Constancy of differential magnecrystalline force in different media. § 39. Action of heat on magnecrystals. § 40. Effect of heat upon the absolute magnetic force of bodies. [1855].—Philos. trans., 1856, v. CXLVI, pp. 159—180.

To же. Отд. отиск. [London. 1855]. 159—180 pp.

To же.—Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1857, Bd. C, SS. 111—127, 439—459.

To же.—В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III. 1889—1891. SS. 534—560. См. № 122.

Read November 15 and 22, 1855.

Реф.: 1. Proceedings of the Royal society of London, 1856, v. VII, pp. 524—526; 2. Philos. mag., 1856, v. XI, pp. 475—477.

195. On Petitjean's process for silvering glass. [A brief description of this process].—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1854—1858, v. II, 1856, June 13, pp. 308—310.

To же.—Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1857, Bd. CI, SS. 313—316.

196. Some observations on divided gold.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1854—1858, v. II, 1856, June 13, pp. 310—312.

To же.—Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1857, Bd. CI, SS. 316—320.

См. также № 200.

1857

197. On the conservation of force.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1854—1858, v. III, 1857, February 27, pp. 352—365.

To же.—Philos. mag., 1857, v. XIII, pp. 225—239; 1859, v. XVII, pp. 116—169.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 443—463. См. № 205.

198. *Experimental relations of gold (and other metals) to light*. (Bakerian lecture). — *Philos. trans.*, 1857, pp. 145—181.

То же. — *Philos. mag.*, 1857, v. XIV, pp. 401—417, 512—539.

То же. — *Ann. de chim.*, 1858, t. LIII, pp. 60—68.

То же. — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1858, t. I, pp. 33—47.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 391—443. См. № 205.

Реф.: *Proceedings of the Royal society of London*, 1857, v. VIII, pp. 356—361.

199. On the persistent appearance of the lightning flash. — *Philos. mag.*, 1857, v. XIII, p. 506.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 611—612. См. № 122.

200. On the relations of gold to light. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1857, June 12, pp. 444—446.

201. Twinkling of the stars. — *Philos. mag.*, 1857, v. XIII, p. 301.

1858

202. [On the irregular fusibility of ice]. A letter to Tyndall. — *Philos. trans.*, 1858, pp. 228—229.

То же. — *Philos. mag.*, 1858, v. XVI, pp. 354—356.

То же. — В кн.: *Experimental researches in chemistry and physics*. 1859. Pp. 374—377. См. № 205.

203. Remarks on static induction. — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1858, February 12, pp. 470—475.

Добавление. — Там же, 1858, March 22, pp. 490—491.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 613—618. См. № 122.

204. On Wheatstone's electric telegraph in relation to science (being an argument in favour of the full recognition of science as a branch of education). — *Notices of the proceedings of the Royal institution*, 1854—1858, v. II, 1858, June 7, pp. 555—560.

То же. — В кн.: *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität*. Bd. III. 1889—1891. SS. 619—625. См. № 122.

1859

205. *Experimental researches in chemistry and physics*. London. R. Taylor a. W. Francis. 1859. VIII, 496 pp. with fig. «Reprinted from the *Philosophical transactions of 1821—1857*, *The Journal of the Royal institution*, *The Philosophical magazine*, and other publications».

Contents: Analysis of native caustic lime (pp. 1—5). On the escape of gases through capillary tubes (pp. 5—6). Experimental observations on the passage of gases through tubes (pp. 6—10). Combustion of the diamond (p. 11). Description of a new apparatus for the combustion of the diamond (pp. 11—13). On the solution of silver in ammonia (pp. 13—18). Combinations of ammonia with chlorides (pp. 18—21). On the sounds produced by flame in tubes, etc. (pp. 21—27). Boracic acid, action on Turmeric (p. 27). Boracic acid (pp. 27—29). On the changing of vegetable colours as an alkaline property and on some bodies possessing it (pp. 29—31). Action of salts on turmeric paper (p. 31). On the decomposition of chloride of silver by hydrogen and by zinc (pp. 31—33). On two new compounds of chlorine and carbon and on a new compound of iodine, carbon and hydrogen (pp. 33—53). On a new compound of chlorine and carbon. [In collaboration with Phillips] (pp. 53—57). On the vapour of mercury at common temperatures (p. 57). Experiments on the alloys of steel, made with a view to its improvement. [In collaboration with Stodart] (pp. 57—81). On hydriodide of carbon (p. 81). On hydrate of chlorine (pp. 81—84). On fluid chlorine (pp. 85—87). Note on the condensation of muriatic acid gas into the liquid form. By H. Davy (pp. 88—89). On the condensation of several gases into liquids (pp. 89—95). On the liquefaction and solidification of bodies generally existing as gases (pp. 97—124). Historical statement respecting the liquefaction of gases (pp. 124—135). On the history of the condensation of gases in reply to dr. Davy, introduced by some remarks on that of electromagnetic rotation (pp. 135—141). Change of musket balls in shrapnell shells (p. 141). Action of gunpowder on lead (p. 142). Purple tint of plate-glass affected by light (pp. 142—143). On some cases of the formation of ammonia and on the means of testing the presence of minute portions of nitrogen in certain states (pp. 143—152). On the substitution of tubes for bottles in the preservation of certain fluids such as chloride of sulphur, protochlorides of phosphorus and carbon, etc. (pp. 152—153). Composition of crystals of sulphate of soda (pp. 153—154). On new compounds of carbon and hydrogen, and on certain other products obtained during the decomposition by heat (pp. 154—174). On pure caoutchouc and the substances by which it is accompanied in the state of sap or juice (pp. 174—182). On the mutual action of sulphuric acid and naphthaline (pp. 182—198). On the existence of a limit to vaporization (pp. 199—205). On the limits of vaporization (pp. 205—212). Fluidity of sulphur at common temperatures (pp. 212—213). On the fluidity of sulphur and phosphorus at common temperatures (pp. 213—215). On a peculiar perspective appearance of aerial

light and shade (pp. 215—217). On the confinement of dry gases over mercury (pp. 217—219). On the probable decomposition of certain gaseous compounds of carbon and hydrogen during sudden expansion (pp. 219—221). Transference of heat by change of capacity in gas (pp. 221—222). Experiments on the nature of Labarràque's desinfecting soda liquid (pp. 222—230). Anhydrous crystals of sulphate of soda. The Bakerian lecture (pp. 230—231). On the manufacture of glass for optical purposes (pp. 231—291). On a peculiar class of optical deceptions (pp. 291—309). Additional note (pp. 309—311). Trevelyan's experiments on the production of sound during the conduction of heat (pp. 311—314). On a peculiar class of acoustical figures and on certain forms assumed by groups of particles upon vibrating elastic surfaces (pp. 314—358). Notice of a means of preparing the organs of respiration, so as considerably to extend the time of holding the breath with remarks on its application in cases in which it is required to enter an irrespirable atmosphere and on the precautions necessary to be observed in such cases. A letter to the editors of the Philosophical magazine and journal (pp. 358—362). On the ventilation of lighthouse lamps; the points necessary to be observed and the manner in which these have been or may be attained (pp. 362—366). Thoughts on ray-vibrations. A letter to R. Phillips (pp. 366—372). On certain conditions of freezing water. A discourse etc. (pp. 372—374). On ice of irregular fusibility. A letter to Tyndall (pp. 374—377). On regelation (pp. 377—382). On table-turning. To the editor of the Times (pp. 382—385). Experimental investigation of table-moving (pp. 385—391). Experimental relations of gold (and other metals) to light. Bakerian lecture (pp. 391—443). On the conservation of force (pp. 443—463). Observations on mental education (pp. 463—491).

206. On phosphorescence, fluorescence etc. — Notices of the proceedings of the Royal institution, 1858—1862, v. III, 1859, June 10, pp. 159—163.

To же. — Photogr. soc. Journ., 1860, v. VI, pp. 42—45.

207. On regelation. — Proceedings of the Royal society, 1859—1860, v. X, pp. 440—450.

To же. — Philos. mag., 1859, v. XVII, pp. 162—166.

To же. — Journ. of the Franklin institute, 1860, v. XXXIX, pp. 270—274.

To же. — Amer. Journ. of science (Silliman), 2 series, 1861, v. XXXI, pp. 414—415.

To же. — Ann. d. Phys. u. Chem. (Poggendorff), 1860, Bd. CXI, SS. 647—659.

To же. — Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1859, t. IV, pp. 269—272; 1860, t. IX, pp. 222—235.

208. On Schönbein's ozone and antozone.— Notices of the proceedings of the Royal institution, 1858—1862, v. III, 1859, February 25, pp. 70—71.

1860

* 209. Account of a mode of purifying water contaminated by lead.— Royal engineers papers, 1860, v. IX, pp. 47—48.‡

210. A course of six lectures (adapted to a juvenile auditory), consisting of illustrations of the various forces of matter, i. e. of such as are called the physical or inorganic forces — including an account of their relations to each other.— Chem. news (W. Crookes), 1860, v. I.

Lecture 1 (Dec. 31, 1859). The force of gravitation (pp. 52—55 with fig.).

Lecture 2 (Jan. 3, 1860). Gravitation—Cohesion (pp. 65—68 with fig.).

Lecture 3 (Jan. 4, 1860). Cohesion — Chemical affinity (pp. 77—80 with fig.).

Lecture 4 (Jan. 5, 1860). Chemical affinity — Heat (pp. 88—91 with fig.).

Lecture 5 (Jan. 6, 1860). Magnetism — Electricity (pp. 100—103 with fig.).

Lecture 6 (Jan. 7, 1860). The correlation of physical forces (pp. 126—129 with fig.).

То же. A course of six lectures on the various forms of matter and their relations to each other. Ed. by W. Crookes. 3d ed. London. 1861. 179 pp. with fig.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Силы природы и их соотношения. Курс, чит. ауд. детей в Корол. инст. Великобритании. Пер. с англ. 3-го изд. В. Лугинина. СПб. 1865. VIII, 130 стр. с 59 илл. [Напеч. в Берлине].

Содержание: Из предисловия В. Крукса, издателя английского оригинала этого курса (стр. V—VI). 1. Сила тяготения (стр. 1—23). 2. Тяготение. Сила сцепления (стр. 24—44). 3. Сцепление. Химическое сродство (стр. 44—62). 4. Химическое сродство. Теплота (стр. 63—79). 5. Магнетизм. Электричество (стр. 80—97). 6. Соотношение физических сил (стр. 98—113). Приложение: Лекция об освещении маяков и электрическом свете. (Читана в Королевском институте 9 марта 1860 г. Стр. 114—126). Примечания (стр. 127—130).‡

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Силы материи и их взаимоотношения. Со вступ. ст. [«Михаил Фарадей», стр. 3—22] и прим. З. Цейтлина. М. 1940. 112 стр. с илл. Библиогр.: 7 назв. [Настоящее издание является переработкой выпущенного в 1865 г. В. Лугининым перевода книги Фарадея под неточным названием «Силы природы и их соотношения»].

То же. Пер. на русск. яз. шестой лекции под загл.: О соотношении физических сил. — В кн.: Избранные работы по электричеству. 1939. Стр. 270—280. См. № 223.

То же. Пер. на немецк. яз. под загл.: Die verschiedenen Kräfte der Materie und ihre Beziehungen zu einander. 6 Vorlesungen für die Jugend. Uebersetzt von H. Schröder. Berlin. 165 SS. mit Fig.

Рец. (на русск. изд. 1940 г.): Муравьев, А. Популярная книга о силах материи. — Что читать, 1941, № 5, стр. 31—32.

211. On the electric silk-loom. — Notices of the proceedings of the Royal institution of Great Britain, 1858—1862, v. III, 1860, June 8, pp. 271—274.

То же. — Chem. news (W. Crookes), 1860, v. II, pp. 235—236.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III, 1889—1891. SS. 630—633. См. № 122.

212. On lighthouse illumination — the electric light. — Notices of the proceedings of the Royal institution, 1853—1862, v. III, 1860, March 9, pp. 220—223.

То же. — Philos. mag., 1860, v. XIX, pp. 320—323.

То же. — Chem. news (W. Crookes), 1860, v. I, pp. 171—174.

То же. — В кн.: Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Bd. III, 1889—1891. SS. 626—629. См. № 122.

Реф.: Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles, 1860, t. VIII, pp. 234—235.

1861

213. A course of six lectures (adapted to a juvenile auditory), on the chemical history of a candle. — Chem. news (W. Crookes), 1861, v. III.

Lecture 1 (Dec. 27, 1860). A candle. The flame — its sources — structure — mobility — brightness (pp. 6—10 with fig.).

Lecture 2 (Dec. 29, 1860). A candle. Brightness of the flame — air necessary for combustion — production of water (pp. 24—27 with fig.).

Lecture 3 (Jan. 1, 1861). Products. Water from the combustion — nature of water — a compound — hydrogen (pp. 42—46 with fig.).

Lecture 4 (Jan. 3, 1861). Products. Water from the combustion — nature of water — a compound — hydrogen (pp. 57—60 with fig.).

Lecture 5 (Jan. 5, 1861). Oxygen present in the air — nature of the atmosphere — its properties — other products from the candle — carbonic acid — its properties (pp. 72—76 with fig.).

Lecture 6 (Jan. 8, 1861). Carbon or charcoal — coal gas — respiration and its analogy to the burning of a candle — conclusion (pp. 84—88 with fig.).

То же. A course of six lectures on the chemical history of a candle: to which is added a lecture on platinum. Delivered before a juvenile auditory at the Royal institution of Great Britain during the Christmas holidays of 1860—1861. Ed. by William Crookes. London. 1861. VIII, 208 pp. with fig.

То же. [1881]. 226 pp. with fig.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: История свечки. С прибавлением лекции о платине. Пер. под ред. Н. Бекетова. Харьков. 1866. [4], 191 стр. с илл. [Напеч. в Киеве].

То же. С биогр. оч. и прим. г. Сент-Клер-Девилья. Пер. Б. Зайцева. СПб. — М. М. О. Вольф. 1866. [6], 152 стр. с илл.

То же. С прим. и биогр. оч. Сент-Клер-Девилья. С франц. пер. и доп. П. Федорова. СПб. 1898. [2], III, [2], 167 стр. с рис.

То же. Под. загл.: Химическая история свечи. Пер. М. П. Дукельского с биографией автора, составленной переводчиком. СПб. 1911. 146 стр. с рис., 1 л. портр. (Популярная естественно-научная библиотека. № 11).

То же. 2-е изд. Пг. 1920. 95 стр. с рис., 1 л. портр. [Предисловие проф. Л. Чугаева].

То же. Пер. Б. Зайцева. СПб. 1912. (Бесплатное приложение к журналу «Задушевное слово»).

То же. 3-е, испр. и дополн. изд. с биографическим очерком и предисловием Р. Вехтера. СПб. 1913. 159 стр. с рис. и 2 портр.

То же. С портретом и биографией Фарадея. Одесса. 1923. 80 стр. с рис., портр. (Общедоступная библиотека. № 12).

То же. Под. общ. ред. А. Максимова. Проверка текста, биогр. оч. и прим. З. Цейтлина. М. 1936. 126, [2] стр. с илл. Библиогр.: (5 назв.).

То же. [Для неполн. ср. и ср. шк.]. М.—Л. 1937. 85, 2 стр. с илл. (Школьная библиотека).

То же. М.—Л. 1946. 79 стр. с рис. (Беседы. Для старшего возраста).

То же. М.—Л. 1947. 80 стр. с рис. (Для старшего возраста).

То же. Пер. на немецк. яз. под загл.: Naturgeschichte einer Kerze. 6 Vorlesungen für die Jugend. 4. Aufl. Dresden. 1905. 194 SS. mit 1 Bildnis Faraday's und Fig.

То же. Пер. на франц. яз. под загл.: Histoire d'une chandelle. Par Faraday. [Trad. par W. Hughes]. Avec une notice biogr. et des notes complémentaires... par m. Henri Sainte-Claire Deville. 7 éd. Paris. Y. Hetzel, [186.] [4], 310 pp. avec fig.

214. Note on regelation. — Philos. mag., 1861, v. XXI, pp. 146—153.

То же. В кн.: Experimental researches in chemistry and physics. 1859. Pp. 377—382. См. № 205.

Read April 26, 1860.

215. On platinum.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1858—1862, v. III, 1861, February 22, pp. 321—322.

To же.—Chem. news (W. Crookes), 1861, v. III, pp. 136—141 with fig.

216. On the solar eclipse of July 18, 1860.—Chem. news (W. Crookes), 1861, v. III, pp. 334—338.

217. On Mr. Warren De la Rue's photographic eclipse results.—Notices of the proceedings of the Royal institution, 1858—62, v. III, 1861, May 3, pp. 362—366.

1862

218. On gas-furnaces.—Notices of the proceedings of the Royal institution of Great Britain, 1858—1862, v. III, 1862, June 20, pp. 536—539.

To же.—Philos. mag., 1862, v. XXIV, pp. 162—165.

To же.—Chem. news (W. Crookes), 1862, v. VI, pp. 53—55.

1873

219. [On scientific lecturing]. — Nature, 1873, v. VIII, pp. 524—526.

Извлечения из писем Фарадея.

1889

Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Deutsche Uebersetzung von S. Kalischer. Bd. I—III. 1889—1891. См. № 122.

1896

Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften). 1896—1903. См. № 122.

1904

220. The liquefaction of gases. Papers by Michael Faraday. (1823—1845). With an appendix consisting of papers by Thomas Northmore «On the compression of gases» (1805—1806). Edinburgh. 1904. 79 pp. with fig. (Alembic club reprints, № 12).

Contents: I. On fluid chlorine (pp. 5—8). Note on the condensation of muriatic acid gas into the liquid form. By H. Davy (pp. 9—10). II. On the condensation of several gases into liquids (pp. 10—18). III. Historical statement respecting the liquefaction of gases (pp. 19—33) IV. On the liquefaction and solidification of bodies generally existing as gases (pp. 33—68). Appendix. Mr. Northmore's papers on the compression of gases (pp. 69—79).

1912

221. Experimental researches in electricity. Faraday's select researches in electricity. With an appreciation by professor Tyndall. London. [1912]. XXII, 336 pp. Bibliogr.: (19 num.). (Everyman's library ed. by E. Rhys. Science. № 576).

Contents: Experimental researches in electricity. Series III—VIII, XVI, XVII. On a peculiar voltaic condition of iron (Schoenbein). On a peculiar voltaic condition of iron (Faraday). Предисловие является извлечением из книги: Tyndall, J. Faraday as a discoverer. 1869. См. № 246.

1924

* 222. Evolution of the universe; or, creation according to science (transmitted from M. Faraday). 1924. 15, 176 pp.

1939

223. Избранные работы по электричеству. Пер. под. ред., с биогр. очерком [стр. 281—304] и прим. З. А. Цейлина. М.—Л. 1939. 304 стр. с илл. и черт., 1 вкл. л. портр. (Классики естествознания).

Содержание: 1. Опыт истории электромагнетизма (стр. 9—53). 2. Историческая заметка, касающаяся электромагнитного вращения (стр. 54—57). 3. Письмо к Филлипсу об открытии электромагнитной индукции (стр. 58—61). 4. Об индукции электрических токов (стр. 62—110). 5. Идентичность электричеств, получаемых из различных источников (стр. 111—143). 6. Количественное соотношение между обыкновенным и вольтовым электричествами (стр. 144—151). 7. Об электрохимическом разложении (стр. 152—177). 8. Об абсолютном количестве электричества, соединенного с частицами или атомами материи (стр. 178—184). 9. Об индукции. VI. Общие выводы относительно индукции (стр. 185—194). 10. Природа электрической силы или сил (стр. 195—199). 11. Невероятность гипотезы контактной силы (стр. 200—204). 12. Гипотеза об электропроводности и о природе материи (стр. 205—215). 13. Мысли о лучевых вибрациях (стр. 216—222). 14. О магнетизации света и освещении магнитных силовых линий (стр. 223—227). 15. О новых магнитных действиях и о магнитном состоянии всякой материи (стр. 228—238). 16. О природе магнито-электрической силы и общие соображения (стр. 239—243). 17. О возможной связи тяготения и электричества (стр. 244—250). 18. О физических линиях магнитной силы (стр. 251—257). 19. О некоторых пунктах теории магнетизма (стр. 258—269). 20. О соотношения физических сил (стр. 270—280). Приложение: З. Цейлин. Биография М. Фарадея (стр. 283—304).

Рец.: Попов, К. К. — Электричество, 1940, № 1, стр. 78—79.

1947

Экспериментальные исследования по электричеству. Т. I. 1947. (Академия Наук СССР. Классики науки). См. № 122.

1948

224. Экспериментальные исследования по электричеству. [Извлечения из XI, XII, XIII, XIV и XIX серий]. — В кн.: Из предистории радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Составил С. М. Рытов. М. — Л. 1948. (50 лет радио. Вып. 1). Стр. 35—52.

2. Письма и дневники М. Фарадея, опубликованные в печати после 1867 г.

225. Journal of a walking tour in Wales [in 1819]. — В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. I. 1870. Pp. 251—265. См. № 249.

226. The Swiss journal [in 1841]. — В кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 127—142, 144—152, 154—160. См. № 249.

[Abstracts from Faraday's letters]. См. № 249.

[A letter to M. Somerville. 1859]. См. № 255.

227. The letters of Faraday and Schoenbein. 1836—1862. With notes, comments and references to contemporary letters. Ed. by G. W. A. Kahlbaum and F. V. Darbishire. Bale and London. 1899. XI, 376 pp. with 2 portr. of Faraday and Schoenbein.

228. Faraday's diary, being the various philosophical notes of experimental investigation made by Michael Faraday during the years 1820—1862 and bequeathed by him to the Royal institution of Great Britain. Published under the editorial supervision of Thomas Martin with a foreword by William Bragg. V. I—VII. London. 1932—1936.

V. I. September 1820—June 11, 1832. London. 1932. 430 pp. with fig. and 2 plates [frontispiece—portrait and facsimile—the entry, recording the first successful experiment in electromagnetic induction, August 29, 1831].

V. II. Aug. 25, 1832—Febr. 29, 1836. London. 1932. 467 pp. with fig. and 2 plates [frontispiece—the Royal institution of Great Britain, from a watercolour by T. Hosmer Shepherd and facsimile—the letter, written by Whewell to Faraday on May 6, 1834, advising the use of the terms «anode» and «cathode»].

V. III. May 26, 1836—Nov. 9, 1839. London. 1933. 466 pp. with fig. and 2 plates [portrait by H. W. Pickersgill and photograph of the specific inductive apparatus].

V. IV. Nov. 12, 1839—June 26, 1847. London. 1933. 448 pp. with fig. and 2 plates [Faraday's great electro-magnet and facsimile—the entry, recording the discovery of an effect of magnetism on light].

V. V. Sept. 6, 1847—Oct. 17, 1851. London. 1934. 456 pp. with fig. and 2 plates [frontispiece—Faraday in his laboratory at the Royal institution, 1852 and facsimile—§ 10061, Aug. 25, 1849, regarding a relation between gravity and electricity].

V. VI. Nov. 11, 1851—Nov. 5, 1855. London. 1935. 495 pp. with fig. and 7 plates [frontispiece—Faraday lecturing at the Royal institution and 6 plates—lines of force delineated by iron filings].

V. VII. Nov. 24, 1855—Mar. 12, 1862. London. 1936. 465 pp. with fig. and 2 plates [frontispiece—portrait and 1 plate—the bound volumes of Faraday's diary].

Рец.: 1. Примаковский, А. П.—Электричество, 1934, № 7, стр. 61; 1935, № 10, стр. 45; Фронт науки и техники, 1937, № 4, стр. 160—163; История техники, 1937, вып. 6, стр. 218—221; 2. Martin, Th.—Nature, 1930, v. CXXVI, pp. 812—814; 3. Bragg, W. H.—Rev. of mod. phys., 1931, v. III, pp. 449—463, with fig., 2 portr.; 4. Ferguson, A.—Nature, 1932, v. CXXX, pp. 828—830; 5. Sarton, G.—Isis, 1934, v. XX, pp. 472—474; 1934—1935, v. XXII, pp. 252—253; 6. Paneth, F.—Naturwiss., 1933, Jg. XXI, SS. 749—751; 7. Robinson, H. R.—Proceedings of the Physic. soc. of London, 1933, v. XLV, pp. 358—359.

229. Oesper, R. E., and Speter, M. Faraday—Whewell correspondence concerning electro-chemical terms.—Scient. monthly, 1937, v. XLV, pp. 535—546.

Приведены письма Фарадея к Уэвеллу от 24 апреля, 3 и 15 мая 1834 г. и ответные письма Уэвелла, а также факсимиле извлечений из писем Фарадея.

* 230. Hartmann, L. Michael Faraday und Justus Liebig. Unbekannter Briefwechsel.—Sudhoff's Archiv f. Geschichte d. Med. u. d. Naturwiss., 1940, Bd. XXXII, № 6, SS. 371—398.

231. Sarton, G. Faraday to Tyndall.—Isis, 1940, v. XXXI, № 2, pp. 303—304.

Письмо Фарадея Тиндалю от 6 октября 1855 г.

232. Кузнецов, Б. Г. Патриотизм русских естествоиспытателей и их вклад в науку. 1949. 229 стр. (Московское общество испытателей природы).

Письмо Фарадея Якоби от 17 августа 1839 г. (стр. 67).

3. Основная биографическая литература о М. Фарадее

1838

233. [Сенковский, О. И.] О. И. С. Гальваническая терминология Фараде [Фарадея]. — В кн.: Энциклопедический лексикон. СПб. Т. XIII. 1838. Стр. 143—145.

То же. — В кн.: Сенковский, О. И. Собрание сочинений. Т. IX. СПб. 1859. Стр. 217—222.

Из первых упоминаний о Фарадее в русской справочной литературе. См. также № 234.

234. [Сенковский, О. И.] О. И. С. Гальванические столбы. — В кн.: Энциклопедический лексикон. Т. XIII. СПб. 1838. Стр. 140—143.

«Фарадеев столб» (стр. 142).

1856

235. *Babinet. Faraday, M.* — В кн.: *Nouvelle biographie générale*. Т. XVII. Paris. 1856. Col. 90—93.

1857

236. *Faraday, Michael.* — В кн.: *Men of the time. Biographical sketches of eminent living characters*. London. 1857. Pp. 270—272.

1864

237. [Фарадей, М.] Фараде, Михаил. — В кн.: *Настольный словарь для справок по всем отраслям знания*. Т. III. СПб. 1864. Стр. 802.

1867

238. *Radau, R. Michel Faraday.* — *Revue des deux mondes*, 1867, t. LXXI, pp. 1014—1034.

239. *De la Rive, A. Notice sur Michel Faraday, sa vie et ses travaux.* — *Bibliothèque universelle de Genève, archives des sciences physiques et naturelles*, 1867, t. XXX, pp. 131—176.

То же. Отд. оттиск. Genève. 1867. 48 pp.

То же. — *Philos. mag.*, 1867, v. XXXIV, pp. 409—437.

То же. Сокр. пер. — *Annual report of the Smithsonian institution*, 1868, pp. 226—245.

240. *M. Faraday. [Obituary].* — *Proceedings of the Royal society of Edinburgh*, 1866—1869, v. VI, pp. 192—196.

241. *Faraday. [Obituary].* — *Chem. news, (W. Crookes)*, 1867, v. XVI, pp. 110—111.

242. *Michael Faraday. [Obituary].* — *Athenaeum*, 1867, № 2079, p. 273.

1868

243. Биография Фарадея. — Математический сборник, 1868, т. III, вып. 1, стр. 2, 17—39.

Источниками при составлении этой биографии служили: Tundall.

Faraday as a discoverer и Radau. Michel Faraday. См. №№ 238 и 245.

244. [Jones, H. B.]. Michael Faraday. Obituary. — Proceedings of the Royal society of London, 1868—1869, v. XVII, pp. I—LXVIII.

245. Tundall, J. On Faraday as a discoverer. [1868, January 17 and 24]. — Notices of the proceedings of the Royal institution of Great Britain, 1866—1869, v. V, pp. 199—273.

То же. В сокращенном изложении. — Amer. Journ. of science (Silliman), 2 series, 1868, v. XLVI, pp. 34—51, 180—201.

246. Tundall, J. Faraday as a discoverer. London. 1868. 171 pp. with 2 portr.

То же. 5th ed. London. 1894. 199 pp. with 2 portr.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Фарадей и его открытия. Воспоминания Джона Тиндалля. С портр. Фарадея и прибавлениями Г. Гельмгольца. СПб. 1871. III, 200 стр. с 1 л. портр. [Прибавления Г. Гельмгольца: 1. [Биографические примечания] (стр. 156—179). 2. Об открытии электромагнитных вращений. [Письмо к Де ла Риву (De la Rive)] (стр. 180—186). 3. Некоторые события из дальнейшей жизни Фарадея (стр. 187—200). Портрет М. Фарадея, гравированный Эдларом (H. Adlard) с фотографии].

То же. Пер. на немецк. яз. под загл.: Faraday und seine Entdeckungen. Eine Gedenkschrift. Autorisierte deutsche Übersetzung. Herausgegeben durch H. Helmholtz. Braunschweig. 1870. XIV, 210 SS. [Добавления биографического характера (стр. 163—210)].

То же. Пер. на франц. яз. под загл.: Faraday inventeur. Traduit de l'anglais par m. l'abbé Moigno. Paris. 1868. VIII, 162 pp.

1869

247. Cap, P. A. Michel Faraday. Étude biographique. Anvers. 1869. 42 p. (Extrait du Journal de pharmacie d'Anvers. Février—Mars. 1869).

1870

248. Dumas, J. B. Éloge historique de Michel Faraday lu dans la séance publique annuelle de l'Académie des sciences du 18 mai 1868. — Mémoires de l'Acad. des sciences de France, 1870, t. XXXVI, pp. VII—LXIV.

То же. — В кн.: Dumas, J. B. Discours et éloges académiques. T. I. Paris. 1885. Pp. 51—124.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Михаил Фарадей. М. 1897. 58 стр. с 1 портр. (Из истории физики XIX столетия. Очерки трудов ее выдающихся деятелей).

249. Jones, B. The life and letters of Faraday. 2d ed., rev. Vol. I—II. London. 1870. 384, 491 pp. with 1 portr. and ill.

Кроме многочисленных писем Фарадея и его корреспондентов, приведены дневники Фарадея, написанные им во время поездок в Уэльс в 1819 г. и в Швейцарию в 1841 г., а также извлечения из прочитанных им лекций.

Отзыв. — В кн.: Tyndall, J. Fragments of science. London. 1899. V. I (pp. 399—421).

250. M. Faraday. Obituary. — Edinburgh review, 1870, v. CXXXII, pp. 176—208.

В основу данного биографического очерка положены биографии Фарадея, составленные Джонсом, Тиндалем и Дюма. См. №№ 244, 245 и 248.

1872

251. Gladstone, J. H. Michael Faraday. London. 1872. VI, 176 pp. [Appendix: List of learned societies, to which Michael Faraday belonged (pp. 170—172)].

То же. Пер. на немецк. яз. Glogau. 1872. 206 SS. mit 1 Portr.

252. Faraday, M. — В кн.: Larousse, P. Grand dictionnaire universel. T. VIII. Paris. [1872]. P. 99.

1873

253. Maxwell, J. C. Scientific worthies. 1. Faraday. (September 22, 1791—August 25, 1867). — Nature, 1873, v. VIII, pp. 397—399.

То же. — В кн.: Maxwell, J. C. The scientific papers. V. II. Cambridge. 1890. Pp. 355—360 with 1 portr.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: Максвелл, Д. К. Речи и статьи. М.—Л. 1940. Стр. 71—77 с 1 портр.

254. Michael Faraday. [Obituary]. — Proceedings of the Amer. Acad. of arts and sciences, 1873, v. VIII, pp. 31—38.

1874

255. Somerville, M. Personal recollections from early life to old age of Mary Somerville with selections from her correspondence by her daughter Marta Somerville. London. 1874. 377 pp. with 1 portr.

М. Фарадей (стр. 291—293). Письмо Фарадея к М. Сомервилль (стр. 292—293).

1878

256. [Фарадей, М.] Фараде, Михаил. — В кн.: Русский энциклопедический словарь, издаваемый И. Н. Березиным. Отд. 4. Т. III. СПб. 1878. Стр. 155.

1881

257. Helmholtz, H. H. On the modern development of Faraday's conception of electricity. (The Faraday lecture, delivered before the fellows of the Chemical society in the theatre of the Royal institution on April 5, 1881). — *Electrician*, 1881, v. VII, pp. 76—77, 93—94, 107—108, 123—125, 140—141 with fig.

То же. — В кн.: Helmholtz, H. H. Vorträge und Reden. Braunschweig. 1896. Bd. II. SS. 251—291. Anhang. SS. 407—410.

То же. Пер. на русск. яз. под загл.: Фарадеевская речь. Современное развитие Фарадеевых воззрений на электричество. СПб. 1898. 50 стр. (Приложение к журналу «Научное обозрение», СПб., 1898, № 9).

1886

258. Joannis, A. Faraday, M. — В кн.: La grande encyclopédie. [1886—1903]. Т. XVII. [S. a.]. Paris. Pp. 3—4.

1887

259. Michael Faraday. [Biography]. — *Electrician*, 1887, v. XIX, pp. 140—141 with 1 portr.

1891

260. Dewar, J. The chemical works of Faraday in relation to modern science. [Adress delivered at the Faraday centenary meeting of the Royal institution on June 26, 1891]. См. № 263.

* 261. Jerrold, W. Michael Faraday. Man of science. London. 1891

262. [Rayleigh, J. W. S.] The Faraday centenary. — *Electrician*, 1891, v. XXVII, pp. 194—196 with fig.

Лекция, прочитанная Рейлеем (Rayleigh) в Королевском институте в связи со столетием со дня рождения Фарадея. См. также № 263.

263. The Faraday centenary. — Notices of the proceedings of the Royal institution of Great Britain, 1890—1892, v. XIII, 1891, June 17 and 26, pp. 462—480, 481—488.

Изложение содержания докладов Рейлея (Rayleigh) и Дьюара (Dewar) о научной деятельности М. Фарадея (стр. 463—468, 481—484).

264. The Faraday centenary. — *Electrician*, 1891, v. XXVII, pp. 186—187.

Памяти Фарадея, в связи со столетием со дня рождения.

1892

265. Абрамов, Я. В. М. Фарадей, его жизнь и научная деятельность. Биографический очерк. СПб. 1892. 78 стр. с 1 портр. (Жизнь замечательных людей. Биографическая библиотека Ф. Павленкова).

1898

266. Rosenberger, F. Faraday und seine Umgestaltung der elektrischen Fundamente. — В кн.: Rosenberger, F. Die moderne Entwicklung der elektrischen Prinzipien. Leipzig. 1898. SS. 75—101.

267. Thompson, S. P. Michael Faraday, his life and work. London. 1898. 308 pp. with 1 portr, ill. (The century science series).

Рец.: Academy, London, 1899, March 18, pp. 324—325.

1899

268. Уманец, Л. Фарадей. — Общедоступный техник, 1899, № 12, стр. 1—12, с 1 портр.

Краткий биографический очерк.

269. [M. Faraday]. — В кн.: Memoirs by Faraday, Hittorf and F. Kohlrausch. New York and London. 1899. Pp. 44—46.

1900

270. [M. Faraday]. — В кн.: The effect of a magnetic field in radiation. Memoirs by Faraday, Kerr and Zeeman. New York. [1900]. Pp. 24—25.

1901

271. Фарадей, Михаил. — В кн.: Энциклопедический словарь. Под ред. М. М. Филиппова, Т. III. СПб. 1901. Стлб. 3724—3725.

1902

272. Фарадей, Михаил. — В кн.: Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Т. XXXV. СПб. 1902. Стр. 299—301. Литер.: (10 назв.).

1904

273. Фарадей, Михаил. — В кн.: Большая энциклопедия. СПб. 1904. Стр. 123. Литер.: (12 назв.).

274. Kurt, A. Allerlei vom grossen Faraday. — Prometheus, 1904, Jg. XVI, H. 2, № 781, SS. 5—8; № 782, SS. 17—19 mit Fig.

275. Faraday, Michael. — В кн.: Meyers grosses Konversations-Lexikon. Bd. VI. Leipzig u. Wien. 1904. SS. 313—314.

1905

276. Анненская, А. Н. Михаил Фарадей. 2-е изд. СПб. 1905. 132 стр. с рис.

1907

277. [Рюмин, В.] Р. Михаил Фарадей. 1791—1867. (К сорокалетию со дня кончины). — Физик-любитель, 1907, т. IV, № 1 (41), стлб. 5—10.

1908

278. Faraday, M. — В кн.: Chambers's encyclopaedia. A dictionary of universal knowledge. New ed. V. IV. London and Edinburgh. 1908. Pp. 548—549.

То же. 1935. Pp. 573—574. Liter.: (6 num.).

1910

279. Ostwald, W. Grosse Männer. 3. u 4. Aufl. Leipzig. 1910. 424 SS.

То же. Пер. на русск. яз. СПб. 1910. XI, 398, IV стр.

М. Фарадей (немецк. изд., стр. 101—153; русск. изд., стр. 96—144).

То же. Отд. оттиск главы о Фарадее под загл.: Michael Faraday. Eine psychographische Studie. Mit einem farbigen Umschlagbild von W. Plank. Leipzig, Stuttgart u. Zürich. 62 SS. (Aus Natur und Technik. Eine Volksbücherei herausgegeben von H. Günther).

То же. Пер. на русск. яз. Пг. 1919. 62 стр. (Биографическая библиотека).

1913

280. Katscher, L. Michael Faraday, ein Pfadfinder der Elektrizität. — Himmel u. Erde, 1913, Jg. XXV, SS. 553—560.

281. Faraday, Michael. — В кн.: Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. III. Jena. 1913. S. 828. Liter.: (5 num.).

То же. 2. Aufl. Bd. III. S. 959.

1915

282. Бачинский, А. И. Фарадей, Михаил. — В кн.: Энциклопедический словарь Русского библиографического института Гранат. 1-е изд. Т. XLIII. М. [1915]. Стлб. 15—19. Литер.: (5 назв.).

1917

283—284. Лебединский, В. К. Михаил Фарадей. 10 сентября 1791 года — 13 августа 1867 года. — Природа, 1917, стлб. 1057—1068 с рис.

285. Engelhardt, V. Faraday's Stellung in der Geschichte der Physik. — Naturwiss. Wochenschr., neue Folge, 1917, Bd. XVI, SS. 465—472.

286. Schulze, F. A. Grosse Physiker. 2. Aufl. Leipzig—Berlin. 1917. 115 SS. mit 6 Bildnissen.

М. Фарадей (стр. 62—79).

287. Faraday. 1791—1867. — Electrician, 1917, v. LXXIX, p. 313.

1921

288. Tyndall, J. Michael Faraday. — В кн.: Dictionary of national biography. V. VI. London. 1921—1922. Pp. 1054—1066.

1922

289. Mottelay, P. F. Bibliographical history of electricity and magnetism. London. 1922. XX, 673 pp.

М. Фарадей (стр. 483—499; см. также именной указатель).

1923

290. Dannemann, F. Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange. 2. Aufl. Bd. IV. Leipzig. 1923. 630 SS. mit Fig. Liter.: SS. 549—592.

М. Фарадей (стр. 79—110, 269, 438—464).

1924

291. Randell, W. L. Michael Faraday. (1791—1867). London. 1924. 192 p. with 1 portr. (The roadmaker series).

1925

292. Armstrong, H. E. The Faraday benzene centenary. — Nature, 1925, v. CXV, special benzene supplement, pp. 1010—1013.

293. Cohen, E. Faraday and his contemporaries. — Nature, 1925, v. CXV, special benzene supplement, pp. 1014—1016.

294. Pope, W. J. Faraday as a chemist. — Nature, 1925, v. CXV, special benzene supplement, pp. 1002—1009.

295. The centenary of the discovery of benzene. Michael Faraday. — Nature, 1925, v. CXV, special benzene supplement, p. 1001.

1926

* 296. Newell, L. C. Faraday's discovery of benzene. — Journ. of chem. education, 1926, v. III, pp. 1248—1253.

1927

297. Шарвин, В. В. Столетний юбилей бензола. (Памяти Фарадея и Кекуле). Речь, произнесенная в соединенном засед. Общ. любит. естествозн., антропол. и этногр., его Отд. химии и Научно-исследов. инст. химии при I МГУ, организов. 25 ноября 1926 г. по поводу исполнившегося столетия открытия бензола. — Техничко-экон. вестн., 1927, т. VII, вып. 2, стр. 73—82.

1928

* 298. Рауеск, Н. Michael Faraday, das Leben und Schaffen eines Forschers. — Schriften vor Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, Wien, 1928, Bd. LXIX, SS. 69—110.

1929

299. Фарадей, М. — В кн.: Блох, М. А. Биографический справочник. Выдающиеся химики и ученые XIX и XX столетий, работавшие в смежных с химией областях науки. I. Л. 1929. Стр. 192—193. Литер.: (13 назв.).

300. Leonard, Ph. Grosse Naturforscher. Eine Geschichte der Naturforschung in Lebensbeschreibungen. München. 1929. 324 SS. mit 67 Bildnissen.

То же. Под загл.: Great men of science. A history of scientific progress. London, 1950. 389 pp. with ill.

М. Фарадей (изд. 1929 г., стр. 211—222; изд. 1950 г., стр. 247—263).

301. [Maxwell, J. C.] Faraday, Michael. — В кн.: Encyclopaedia Britannica. 14th ed. V. IX. London—New York. 1929. Pp. 70—71.

То же. — В кн.: Maxwell, J. C. Scientific papers. V. II. Cambridge. 1890. Pp. 786—793.

То же. Пер. на русск. яз. — В кн.: Максвелл, Д. К. Речи и статьи. М.—Л. 1940. Стр. 210—218.

302. Ostwald, W. Faraday. — В кн.: Das Buch der Grossen Chemiker. Bd. I. Berlin. Herausgegeben von G. Bugge. 1929. SS. 417—427 mit 2 portr.

1930

303. Bragg, W. H. The contribution of count Rumford and Michael Faraday to the modern museum of science. Address given on May 27, 1930. — Science, 1930, v. LXXII, pp. 19—21.

304. Faraday, M. — В кн.: Der grosse Brockhaus. Bd. VI. Leipzig. 1930. S. 57.

1931

305. Вавилов, С. И. Михаил Фарадей. [К 100-летию открытия электромагнитной индукции]. — Социалистич. реконстр. и наука, 1931, № 1, стр. 211—212.

306. Воеводин, П. И. Михаил Фарадей. [К столетию открытия закона электромагнитной индукции]. (1831—1931). М.—Л. 1931. 50, [5] стр. с рис. Перед тит. л. 2 стр. текста и илл. Литер.: (10 назв.).

307. Кржижановский, Г. М. Учение Фарадея в свете классовой борьбы и строительства социализма в СССР. — *Электричество*, 1931, № 23/24, стр. 1319—1321.

308. Лебединский, В. К. Михаил Фарадей. (1791—1867). — *Электричество*, 1931, № 17, стр. 928—930.

309. Лебединский, В. К. Столетие открытия индукции. — *Вестн. электротехн.*, 1931, № 8, стр. 231—234.

310. Лобко, И. А. Михаил Фарадей. Столетие открытия электромагнитной индукции. (1831—1931). — *Физ., хим., матем., техн. в сов. школе*, 1931, № 6/7, стр. 17—26.

311. Миткевич, В. Ф. Работы Фарадея в области электромагнитной индукции в связи с его общими физическими воззрениями. (Речь, произнесенная 22 ноября 1931 г. в Академии Наук СССР на торжественном заседании, посвященном столетию открытия электромагнитной индукции). — *Природа*, 1931, № 12, стлб. 1155—1170.

То же. — В кн.: Миткевич, В. Ф. Основные физические воззрения. 3-е изд. М.—Л. 1939. Стр. 7—15.

То же. См. № 354.

312. [Миткевич, В. Ф.] Mitkewich, W. Th. Faraday and electrical science in Russia and the USSR. — *Nature*, 1931, v. CXXVIII, pp. 359—362.

313. Тамм, И. Е. Основные идеи Фарадея и их роль в развитии науки об электричестве. — *Электричество*, 1931, № 23/24, стр. 1321—1326.

314. Шенфер, К. И. История электромашиностроения в связи с открытием Фарадея. [Сокращенная стенограмма речи на торжественном заседании, посвященном столетию открытия электромагнитной индукции Фарадеем, в Доме Союзов 23 сентября 1931 г.]. — *Электричество*, 1931, № 23/24, стр. 1326—1327.

315. Энгельс, Ф. Диалектика природы. — В кн.: Маркс, К. и Энгельс, Ф. Сочинения. Т. XIV. М.—Л. 1931. Стр. 389—630.

То же. [М.]. 1948. XVI, 331 стр.

М. Фарадей (изд. 1931 г., стр. 511, 517—518, 573, 574, 576, 577, 608, 609; изд. 1948 г., стр. 86, 87, 89, 90, 113, 115, 165, 234, 235).

316. Appleyard, R. A tribute to Michael Faraday. London. 1931. XIII, 204 pp. with 21 pl.

* 317. Ashcroft, E. W. Faraday. 1931. 133 pp.

* 318. Blood, R. H. W. Die Persönlichkeit Michael Faraday. — *Chem. news*, 1931, v. CXLIII, pp. 177—180.

319. Brauner, B. The Faraday festival. — *Nature*, 1931, v. CXXVIII, pp. 352—353.

320. Brunet, P. Faraday and French physicists. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 346—348.

321. Butcher, R. W. Faraday as a botanist. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 820—821.

322. Crampton, W. Michael Faraday and some of his contemporaries. London. 1931. X, 78 p. with ill., frontispiece (portr.).

323. Gerlach, W. u. Sommerfeld, A. Zur Jahrhundertfeier Faraday — Maxwell. — Metallwirtschaft, 1931, Bd. X, SS. 767—768.

324. Guye, Ch. Eug. Faraday's connexion with Switzerland and Swiss industrial and economic development. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 349—351.

325. Gorges, H. Michael Faraday. — Elektrotechn. Zeitschr., 1931, Jg. LII, SS. 1105—1108.

326. Hadfield, R. A research on Faraday's «Steel and alloys». — Philos. trans., series A, 1931—1932, v. CCXXX, pp. 221—292 with fig., tables and plates.

327. Hadfield, R. A. Faraday and his metallurgical researches. With special reference to their bearing on the development of alloy steels. London. 1931. XX, 329 pp. with plates and tables. [Appendices: 1. Seriatim list of papers, books and special letters chiefly relating to metallurgical matters by Michael Faraday, James Stodart, Faraday and Stodart jointly. 2. Table of physical constants of the elements employed by Faraday in his experiments on «Steel and alloys»].

Фронтиспис: Фарадей в лаборатории. (Изображение, литое из стали по модели Хэллона (F. J. Halpin). Портреты Фарадея (против стр. 8, 20, 266). 17 портретов ученых — современников Фарадея.

Рец.: Звягинцев, О. — Архив истории науки и техники, 1933, вып. 2, стр. 211.

328. Hartley, S. H. Michael Faraday and the theory of electrolytic conduction. — Report of the Brit. assoc. for the advancement of science, 1931, pp. 31—50.

То же. — Journ. of the Soc. of chem. ind., 1931, v. L, pp. 807—815.

329. James, T. E. Rumford and the Royal Institution: a retrospect. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 476—481.

М. Фарадей (стр. 480—481).

330. Kennelly, A. E. The modern electric age in relation to Faraday's discovery of electromagnetic induction. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 356—359.

331. Meyer, K. Faraday and Öersted. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 337—339.

332. Minshall, T. H. Faraday and modern electrical developments. — Engineer, 1931, v. CLII, pp. 237—238.

333. Mond, R. L. Spiers memorial lecture: Michael Faraday. — Trans. of the Faraday soc., 1931, v. XXVII, pp. 341—356.

334. Przibram, K. Faraday and Austria. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 351—352.

335. Ram an, C. V. India's debt to Faraday. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 362—364.

336. Robertson, R., Ellis, B. A. Faraday's «Chemical manipulations». — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 371—372.

* 337. Schimank, H. Epochen der Naturforschung. Leonardo, Kepler, Faraday. Berlin. 1931. 320 pp.

338. Smith, E. C. Faraday and his contemporaries. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 333—336.

339. Stritzl, P. F. Die Faraday-Feier in London. — Elektrotechn. Zeitschr., 1931, Jg. LII, SS. 1307—1308 mit Abb.

340. Swan n, W. F. G. Michael Faraday. — Science, 1931, v. LXXIII, pp. 433—439, 462—468.

Речь, произнесенная 14 февраля 1931 г. в Технологическом институте, в Массачузете.

341. Thomson, E. The Faraday centenary. — Gen. electr. rev., 1931, v. XXXIV, pp. 504—506.

342. Volterra, V. Italian physicists and Faraday's researches. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 342—345. Liter.: (footnotes, 21 num.).

343. Wayling, H. C. Faraday's London friends. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 482—483.

344. Whitney, W. R. Faraday's researches and the United States. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 353—356.

345. Zeeman, P. Faraday's researches on magneto-optics and their development. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 365—368.

* 346. Faraday celebrations. 1931. Supplement of 22 pp. to the Times, London, 1931, Sept. 21, № 45933.

347. The Faraday centenary. [New York]. 1931. VI pp., facsimile. (A supplement to the Bell system technical journal. October. 1931).

Празднование столетия со дня рождения Фарадея. Приветствия от научных обществ САСШ. Факсимиле страницы из дневника Фарадея с записью об открытии электромагнитной индукции.

348. Faraday centenary exhibition. — Nature, 1931, v. CXXVIII, pp. 564—567.

349. The Faraday and British association centenaries. — Nature, 1931, v. CXXVIII, p. 328.

350. Faraday. — Engineering, 1931, v. CXXXII, pp. 347—348.

351. Faraday. — Gen. electr. rev., 1931, v. XXXIV, pp. 497—503 with 1 portr.

352. Michael Faraday. — *Elektr. Nachrichten-Technik*, 1931, Bd. VIII, SS. 369—371.

1932

353. Б л о х, М. А. Памяти Майкеля Фарадея. — *Успехи химии*, 1932, т. I, вып. 2/3, стр. 173—196. Литер.: (стр. 190—192).

354. М и т к е в и ч, В. Ф. К столетию открытия электромагнитной индукции тока. — ЛЭМИ, сборник Ленинградского электро-механического института, 1932, № 1, стр. 99—102.

355. М и т к е в и ч, В. Ф. Работы Фарадея и современное развитие приложений электрической энергии. Приложение. Работы Фарадея в области электромагнитной индукции в связи с его общими физическими воззрениями. М.—Л. 1932. 19 стр. (Доклады советских делегатов на Международном конгрессе по истории науки и техники. Лондон. 1931).

356. Т а м м, И. Руководящие идеи в творчестве Фарадея (22 сентября 1791 г.—25 августа 1867 г.). (К столетию открытия электромагнитной индукции). — *Успехи физ. наук*, 1932, т. XII, вып. 1, стр. 1—30 с 1 портр. [Гравюра Ив. Павлова]. Литер.: (7 назв.).

357. Ц е й т л и н, З. О взглядах Фарадея и Максвелла на природу электромагнитных явлений. Конспект доклада, читанного в Академии Наук и И МГУ, в связи со 100-летием со дня рождения Максвелла. — *Электричество*, 1932, № 17/18, стр. 841—846.

358. S o h n, E. Faraday und Maxwell. Berlin. 1932. 26 SS., Abb. (Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte, Jg. IV, H. 1).

359. D a v i s, T. L. The Faraday celebrations, 1931. — *Journ. of chem. education*, 1932, **IX**, pp. 1203—1218 with 1 portr. by Pickersgill and ill.

Приложен фотографический снимок статуи Фарадея, находящейся в Королевском институте.

360. E h r e n h a f t, F. Michael Faraday. — *Zeitschr. f. Phys. u. Chem.*, 1932, Bd. XXXII, SS. 1—15.

1933

361. Л е б е д и н с к и й, В. К. Д. К. Максвелл и электротехника. — *Архив истории науки и техники*, 1933, вып. 1, стр. 97—102.

Связь работ Максвелла по электричеству с работами Фарадея.

362. М и т к е в и ч, В. Ф. Фарадей «против» Фарадеевской точки зрения. — *Социалистич. реконстр. и наука*, 1933, вып. 4, стр. 47—49.

Полемика с проф. Я. Н. Шпильрейном по вопросу о признании действия на расстоянии.

363. D r u d e, E. Faraday, M. — В кн.: *Handwörterbuch der Naturwissenschaften*. 2. Aufl. Bd. III. Jena. 1933. S. 959.

364. Hutton, R. S. Faraday and his electro-chemical researches.— Trans. of electro-chem. soc., 1933, v. LXIV, pp. 13—30. Liter.: (18 num.). [Приложение: некоторые афоризмы Фарадея (стр. 29—30)].

То же. — Metal industry, 1933, v. XLIII, pp. 329—330, 379—380.

1934

365. Кузнецов, Б. Г. Исторические корни работ Фарадея. — В кн.: История техники. Сб. 2. М.—Л. 1934. Стр. 22—56. (Комиссия марксистской истории техники при КВТО ЦИК СССР).

366. Martin, Th. Faraday. London. 1934. 144 pp. Liter.: p. 144. (Great lives).

1935

367. Кокосов, В. В. Михаил Фарадей. Горький. 1935. 6 стр. (Биогр. серия «В помощь учителю»).

* 368. Windred, G. Michael Faraday. A brief account of his electrical researches. — Archeion, 1935, v. XVII, pp. 48—63.

369. Faraday, M.—В кн.: The new international encyclopaedia. 2d ed. V. VIII. New York. 1935. Pp. 306—367 with 1 portr. Liter.: (5 num.)

1936

370. Глаголева-Аркадьева, А. А. Фарадей. — В кн.: Большая медицинская энциклопедия. Т. XXXIII. М. 1936. Стр. 521—522.

371. Миткевич, В. Ф. Михаил Фарадей. — В кн.: Большая советская энциклопедия. Т. LVI. М. 1936. Стлб. 613—618. Литер.: (13 назв.).

372. Примаковский, А. П. О работе выдающихся ученых. К вопросу о методике самостоятельной работы Михаила Фарадея. — В кн.: Сборник методических материалов и работ. М. 1936. Стр. 62—73. Литер.: (12 назв.) (Всесоюзный научно-методический кабинет по горному образованию в СССР).

373. Радковский, М. И. Фарадей. М. 1936. 176 стр. с илл., 6 вкл. л. илл. и портр. (Жизнь замечательных людей. 19—20 (91—92) вып.) Литер.: (5 назв.). [Приложения: 1. Письмо к Филлипу от 29 ноября 1831 г. (стр. 157—161); 2. Первый электромагнитный генератор. (Из первой серии «Опытных исследований по электричеству», стр. 162—165); 3. Открытие электромагнитной индукции Джозефом Генри (стр. 166—174)].

Рец.: 1. Иноземцев, И. — Что читать, 1937, № 3, стр. 82—84;

2. Степанов, Б. — Что читать, 1938, № 1, стр. 75—76.

374. Faraday, Michael.—В кн.: The Encyclopedia Americana. V. XI. New York—Chicago. 1936. Pp. 16—17.

1937

375. Аптекман, М. Михайл Фарадей. — Вестн. знания, 1937, № 8, стр. 56—60.

376. Миткевич, В. Ф. и Радовский, М. И. Михайл Фарадей — великий физик-материалист. (К 70-летию со дня смерти, 1867—25 августа—1937). — Книга и пролетарская революция, 1937, № 7, стр. 110—115.

377. Цейтлин, З. Майкл Фарадей. (Краткий биографический очерк). — Наука и жизнь, 1937, № 8/9, стр. 5—12 с илл.

* 378. Andrews, P. E. Michael Faraday. 1791—1867. 1937.

379. Bragg, W. H. Faraday's first successful experiment on diamagnetism. — Nature, 1937, v. CXXVII, p. 337.

1938

380 И. А. Новый документ по истории электротехники. — Техническая книга, 1938, № 9, стр. 115.

То же. — Изв. Отд. технич. наук, 1938, № 5, стр. 122—123.

О записке Фарадея, датированной 12 марта 1832 г., об использовании магнитных сил для возбуждения электрического тока в проводнике.

381. Покровский, Ю. М. Михайл Фарадей. [1791—1867. Очерк жизни и деятельности]. — Вестн. инж. и техн., 1938, № 9, стр. 568—570.

382. Черномордик, Б. Михайл Фарадей. — Техника молодежи, 1938, № 1, стр. 55—57 с рис.

383. Darrow, F. L. Masters of science and invention. N. Y. 1938, 357 p.

Дэви и Фарадей (стр. 67—77).

1939

384. Бродский, Д. А. Дэви и Фарадей. — Хим. в школе, 1939, № 3, стр. 33—47.

М. Фарадей (стр. 41—47).

385. Гартман, Г. От Фарадея до Попова. — Радиофронт, 1939, № 15/16, стр. 62—66.

М. Фарадей (стр. 62—63).

Цейтлин, З. Биография М. Фарадея. — В кн.: Избранные работы по электричеству. Стр. 283—304. См. № 223.

1940

386. Радовский, М. И. Открытие электромагнитной индукции. — Физ. в школе, 1940, № 6, стр. 7—12.

1941

387. Gregory, R. A. British scientists. London. 1941. 45 pp. with ill. (Britain in pictures).

М. Фарадей (стр. 32—33). Приложена репродукция с портрета Фарадея работы Блэкли (Blakley).

1942

388. Crew, H. Michael Faraday. 1791—1867. — В кн.: Crew, H. Portraits of famous physicists with biographical accounts. New York. 1942. 3 pp. with 1 portr. by T. Philips, facsimile of the entry in Faraday's diary recording the discovery of an effect of magnetism on light, September 13, 1845 and a reproduction of a statue by M. Noble.

389. Martin, Th. The Royal Institution. London. 1942. 46 pp., ill. (Science in Britain series).

М. Фарадей (стр. 12—33).

1943

* 390. Holmboe, C. F. Michael Faraday. Oslo. 1943.

391. Walton, J. Six physicists. Galileo. Newton. Davy. Faraday. Calvin. Curie. London. 1943. 78 pp.

М. Фарадей (стр. 40—53).

1944

392. Dunlap, O. E. Radio's 100 men of science. New York and London. 1944. 294 pp. with ill.

М. Фарадей (стр. 41—47).

1945

393. Crowther, J. G. Michel Faraday. 1791—1867. Traduit par M.-A. Bera. Paris. 1945. 77 pp. Bibliogr.: (10 num.) (Actualités scientifiques et industrielles. 983. Science et techniques (Grande Bretagne). II).

1946

394. Вейтков, Ф. Летопись электричества. 2-е испр. изд. М.—Л. 1946. 318 стр. с рис.

М. Фарадей (стр. 114—125).

395. Радовский, М. И. Михаил Фарадей. Биографический очерк. М.—Л. 1946. 72 стр. с илл.

Рец.: Шателен, М. А. Книга о Фарадее. — Электричество, 1947, № 3, стр. 96.

396. Richeson, A. W. On Faraday's terminology in electrolysis. — Isis, 1946, v. XXXVI, № 105/106, pp. 160—162.

1947

Кравец, Т. П. М. Фарадей и его «Экспериментальные исследования по электричеству». 1947. См. № 122.

397. Фарадей, Михаил. — В кн.: Малая советская энциклопедия. Т. XI. М. 1947. Стлб. 94—95.

1948

398. Кудрявцев, П. С. История физики. Т. I. От античной физики до Менделеева. Под ред. А. К. Тимирязева. М. 1948. 535 стр. с рис. Библиогр.: Указатель литературы к I тому (стр. 530—533). (146 назв.).

М. Фарадей (стр. 402—431).

Рец.: 1. Жмудский, А. З. — Сов. книга, 1949, № 12, стр. 51—55; 2. Кедров, Б. Объективистская книга по истории физики. — Культура и жизнь, 1950, 21 февраля, № 5; 3. Кузнецов, И. Серьезные ошибки в освещении истории физики. — Большевик, 1950, № 6, стр. 70—80.

399. K a l a u s c h, C. Faraday-Gedenkblatt. Gedanken von Michael Faraday. 1791—1867. — Archiv f. Metallkunde, 1948, Jg. II, H. 4, SS. 109—110.

1949

400. Шателен, М. А. Русские электротехники второй половины XIX века. Л.—М. 1949. 378, 1 стр. с рис. и портр.

М. Фарадей (стр. 7, 12, 16—20, 22—24, 66, 285).

Рец.: Кржижановский, Г. Выдающиеся русские электротехники. — Новый мир, 1949, № 7, стр. 272—273.

4. Библиография М. Фарадея

401. P o g g e n d o r f f, J. C. Biographisch-literarisches Handwörterbuch. Leipzig. 1863—1937.

М. Фарадей (т. I, 1863, стлб. 719—722; т. III, 1898, стр. 427; т. VI, 1937, стр. 706).

402. Catalogue of scientific papers of the Royal society of London. 1867—1896.

М. Фарадей (т. II, 1868, стр. 555—560; т. VI, 1872, стр. 653; т. VII, 1877, стр. 638).

403. [Перечень рукописных и печатных материалов, составленных М. Фарадеем и переданных после его смерти в Библиотеку Королевского института]. — Notices of the proceedings of the Royal institution of Great Britain, 1866—1869, v. V, meeting on November 4, 1867, pp. 193—194.

M o t t e l a y, P. F. Bibliographical history of electricity and magnetism 1922. См. № 289.

* 404. Michael Faraday. 1791—1867. Bibliography. N. Y. 1931. (Pratt institute. Free library).

405. Что читать о жизни и трудах Михаила Фарадея, переплетчика-подмастерья, ставшего великим ученым. 1791—1867. Аннот. спис. книг. Л. 1938. 8 стр. (Ленингр. гор. библиотека).

406. Фарадей, Михаил. Библиография.— В кн.: Старосельская-Никитина, О. А., Красноухова, О. В. и Кацнельсон, Ю. Д. История естествознания. Литература, опубликованная в СССР. (1917—1947). М.—Л. 1949. Стр. 91—92. (Акад. Наук СССР. Институт истории естествознания. Фундаментальная библиотека общественных наук).

Приложение 1. Сведения о лекциях, прочитанных М. Фарадеем *

а. Лекции, прочитанные в Философском обществе

1816

Об общих свойствах материи.— О когезионном притяжении.— О химическом родстве.— О лучистой материи.— О кислороде, хлоре, иоде и фторе.— О водороде.— Об азоте.

1817

Об атмосфере.— О сере и фосфоре.— Об углероде.— О горении.— О металлах.

1818

О золоте, серебре...— О меди и железе.— Об олове, свинце и цинке.— О щелочах и [щелочных] землях.— Размышления об инертности ума. См. № 9.

1819

О формах материи.

б. Курсы лекций

Курс лекций по химической науке. [1827].

Курс из шести лекций по химии, предназначенный для юной аудитории. [1827—1828].

* В этом разделе сделаны ссылки на лекции, опубликованные в печати. Описания помещены в первом разделе библиографии.

Восемь лекций «О лабораторных операциях». [1828].

Шесть лекций по различным вопросам химической науки (Вода. Угледороды. Искусственная теплота. Искусственный свет. Безопасная лампа. Поваренная соль). [1829].

Курс из пяти лекций, читанных по субботам в июне 1832 г. (Свеча. Лампа. Печная труба. Котел. Зола).

Заметки к четвертой лекции. См. в кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. II. 1870. Pp. 124—125. См. № 249.

Курс из шести лекций по магнетизму и электричеству, читанных в мае и июне (Обычное электричество. Гальваническое электричество. Термоэлектричество. Обычный магнетизм. Электромагнетизм. Магнитоэлектричество).

Курс из шести лекций о взаимоотношении электрических и химических явлений. Май и июнь 1834 г. (Химическое действие. Электрическое действие. Взаимная связь между этими двумя способами действия в гальваническом элементе. Электрохимическое разложение. Горение как электрическое явление. Взаимоотношения химического средства, электричества, теплоты, магнетизма и других сил материи).

Курс из восьми лекций о химических и физических свойствах общеизвестных металлов: железа, золота, платины, свинца, меди, цинка, ртути, олова и серебра. Май и июнь 1835 г.

Курс из четырнадцати лекций по электричеству. [1835].

Восемь лекций по электричеству. [1838].

То же. [1843].

Восемь лекций по неметаллическим элементам. [1839].

Курс из семи лекций о силе, обычно называемой химическим средством. [1840].

Рождественские лекции по химии. [1841].

То же. [1845.]

Рождественские лекции по электричеству. [1842].

Лекции о свете и вентиляции. [1843]. См. № 133.

Курс из восьми лекций о теплоте. [1844].

Курс из восьми лекций по электричеству и магнетизму, их различиям и единству. [1846].

Курс из восьми лекций по физико-химической науке. [1847].

Курс из семи лекций о родственных явлениях химической и электрической силы. [1848].

Шесть лекций по химической истории свечи. Для юной аудитории. [1848—1849].

То же. [1860—1861].

Восемь лекций о статическом, или Франклиновом, электричестве. [1849].

То же. [1853].

То же. [1857—1858].

Шесть лекций о некоторых вопросах электричества. [1851].

Шесть лекций о силах притяжения. Для юной аудитории. [1851—1852].

То же. [1856].

То же. [1857—1858].

Курс из шести лекций по вопросам, связанным с неметаллическими элементами: кислородом, хлором, водородом, серой и углеродом. [1852]. См. № 177.

Рождественские лекции по химии. [1853].

Рождественские лекции по гальваническому электричеству. [1853].

Шесть лекций по химии горения. Для юной аудитории. [1854—1855].

Рождественские лекции о металлах. [1855].

Шесть лекций о свойствах металлов. Для юной аудитории. [1858—1859].

Шесть лекций о различных силах материи. Для юной аудитории. [1859—1860].

в. Лекции, прочитанные в Королевском институте

1826

О чистом каучуке. См. № 68.

О двигателе Брюнеля, на сжатом газе.

О литографии.

О существовании предела при испарении. См. № 65.

О сульфвинной и сульфонафталовой кислотах.

О Друммондовом свете.

О туннеле Брюнеля в Розерхайзе.

1827

О магнитных явлениях, возникающих при движении металла.

О химическом действии хлора и его соединений как дезинфицирующих средств.

О строительстве туннеля под Темзой.

1828

Объяснение новых явлений, наблюдавшихся Клеманом и производимых струей воздуха или пара.

О многократном отражении звука.

О недавнем и современном состоянии туннеля под Темзой.

1829

Об открытии Робертом Броуном активных молекул в органических и неорганических телах.

Извлечения из лекции. См. в кн.: Jones, B. The life and letters of Faraday. V. I. P. 362. См. № 249.

Об испытании действия атмосферы на строительные камни по Брарду.

О дальнейших исследованиях Уитстона по резонансу или взаимным колебаниям объемов воздуха.

О машинном оборудовании Брюнеля в Портсмуте.

О звуковых, или узловых фигурах упругих пластин.

О производстве стекла для оптических целей. Лекция памяти Бэкера. См. № 81.

1830

О предохранении людей, подвергающихся действию пламени, по методу Альдини.

О передаче музыкальных звуков через твердые проводники и их последующем многократном отражении.

О текучести песка под давлением.

О применении нового принципа конструкции музыкальных инструментов.

О законах сосуществования колебаний струн и стержней; иллюстрация этих законов с помощью калейдофона.

1831

Об одном своеобразном классе оптических обманов. См. № 83.

Об оксаламиде [амиде щавелевой кислоты], открытом Дюма.

О свете и фосфоресценции. Отчет об опытах, произведенных в Королевском институте ассистентом по химии Пизоллом.

О недавних опытах Тревельяна по получению звука при процессе теплопроводности. См. № 84.

О расположениях, принимаемых частицами на колеблющихся упругих поверхностях.

1832

Об исследованиях д-ра Джонсона о способности планарий к восстановлению. См. № 97.

Последние экспериментальные исследования вольта-электрической и магнито-электрической индукции.

Магнито-электрическая индукция и объяснение, которое она дает открытым Араго явлениям магнетизма, проявляемым движущимися мегаллами.

Образование естественного и искусственного электричества индуктив-

ным действием земного магнетизма.

О ряби на жидкостях, налитых поверх колеблющихся поверхностей.
Оборудование Мордена для производства замков Брама.

1833

О тождестве электричества, происходящего от различных источников.

О практике предупреждения сухой гнили в лесном материале. См. № 98.

Об исследовании Уитстоном скорости и природы электрической искры и света.

О новом способе строительства мостовых арок, по Брюнелю.

О взаимодействии извести, углекислоты и воды.

О новом законе электропроводности.

О способности платины и других твердых веществ возбуждать соединение газообразных тел.

1834

О принципе и действии теплового двигателя Эриксона.

Об электрохимическом разложении.

Об определенности действия электричества.

О новых применениях материалов из каучука.

1835

О последних открытиях Меллонн по лучистой теплоте.

Об индукции электрических токов.

О производстве перьев из гусиных перьев и стали, с показом оборудования Мордена.

О свойствах и работе барабанной перепонки уха. О звуке. См. № 108.

1836

Об окаменелых растениях и ископаемых.

О магнетизме металлов как некотором общем их свойстве.

О графите и о карандашах, оборудование Мордена.

Рассуждения относительно природы химических элементов.

1837

О взглядах профессора Моссотти на один общий закон, управляющий различными силами материи.

О взглядах д-ра Маршалла Холла.

О нервной системе.

О применении медного купороса к повышению производительности обычной вольтовой батареи по способу де ля Рю.

Об особом состоянии железа.

1838

- Проект Уорда выращивать растения в ящиках.
О газообразном, жидком и твердом состоянии углекислоты.
Об изоляции и проводимости.

1839

- Об электрических свойствах электрического угря и ската.
Отчет о кислородно-керосиновой лампе Герии.
Поправка Эйри к корабельным компасам.
Общие замечания о пламени.
О ситцепечатании Гулмендела.

1840

- О гальваническом осаждении, электрогипсия.
О сгущении газов.
О происхождении гальванического электричества.

1842

- О прохождении электричества в громоотводах.
О принципах и практике литотипии Гулмендела.

1843

- О некоторых явлениях электрической индукции. См. № 131.
О свете и вентиляции. См. № 133.
Об электричестве пара. См. № 132.

1844

- Об электрической проводимости и о природе материи.
О производстве и серебрении зеркал.

1845

- О вентиляции шахт и средствах предотвращения взрывов рудничного газа. См. № 143.
О сжижении и затвердевании тел обычно газообразных. См. № 139.
Об анастатическом печатании [цинкографии].
Об артезианском источнике на Трафальгарской площади.

1846

- Исследования взаимоотношений света и магнетизма. См. № 148.
О магнитных свойствах материи. См. № 153.
Об электромагнитном хроноскопе Уитстона.
О силах сцепления в воде.

1847

- О самовозгорании пороха.
- О способе вентиляции новой Палаты лордов, по Бэрри. См. № 150.
- О струе пара как о средстве вентиляции.

1848

- О диамагнитных свойствах пламени и газов.
- Об искусственном получении рубина. См. № 159.
- О превращении алмаза в кокс с помощью электрического пламени.
- О магнито-кристаллических явлениях.

1849

- Об оттапливании оптических осей кристаллов под действием магнитных полюсов, по Плюккеру.
- Об оборудовании де ля Рю для изготовления ковертов.
- О кристаллической полярности висмута и других тел и об ее отношении к магнитной силе.

1850

- Об электричестве воздуха.
- О некоторых свойствах замерзающей воды.

1851

- О магнитных свойствах и отношениях кислорода и азота.
- Об атмосферном магнетизме.
- Об озоне Шенбейна. См. № 167.

1852

- О линиях магнитной силы. См. № 170.
- О физических линиях магнитной силы. См. № 171.

1853

- Наблюдения над магнитной силой. См. № 176.
- Об опытах Буссенго, Фреми и Беккереля с кислородом.

1854

- Мысли о воспитании ума. См. № 188.
- О явлениях в электричестве тока и статическом электричестве, связанных с электрической индукцией. См. № 185.
- О магнитных гипотезах.

1855

- О некоторых вопросах теории магнетизма и о тяготении. См. №№ 186, 190, 191.

- Об электрической проводимости. См. № 184.
Об индукционном приборе Румкорфа. См. № 189.

1856

- О некоторых магнитных действиях и воздействиях. См. № 193.
О серебрении стекол по способу Птижана. Некоторые наблюдения над измельченным золотом. См. №№ 195, 196.

1857

- О сохранении силы. См. № 107.
Об отношении золота к свету. См. №№ 198, 200.

1858

- О статической индукции. См. № 203.
Об электрическом телеграфе Уитстона и его отношении к науке. См. № 204.

1859

- Об озоне Шенбейна и антозоне. См. № 208.
О фосфоресценции, флюоресценции. См. № 206.

1860

- Об освещении маяков электрическим светом. См. № 212.
Об электрическом ткацком станке для шелка. См. № 211.

1861

- О платине. См. № 215.
О результатах Варрана де ля Рю по фотографированию затмения. См. № 217.

1862

- О газовых печах. См. № 218.

Приложение 2. Перечень использованных журналов

- Abstracts of the papers printed in the Philosophical transactions of the Royal society of London. 1815—1843.
Annalen der Physik und Chemie. Leipzig. 1816—1867.
Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. Leipzig. 1877—1919.
Bibliothèque universelle de Genève. 1836—1845.
Bibliothèque universelle. Archives des sciences physiques et naturelles. Genève. 1846—1867.
Chemical news. London. 1859—1867.
Edinburgh journal of science. 1824—1830.

- Edinburgh philosophical journal. 1819—1850.
Fortschritte der Physik. Braunschweig. 1895—1918.
Isis. International review devoted to the history of science and civilization. Bruxelles. Bern. 1913—1914, 1927—1946.
Journal of the Royal institution. London. 1830—1831.
List of members of the Royal institution of Great Britain. London. 1849, 1852—1853; 1858—1863.
Notices of the proceedings of the Royal institution. London. 1851—1869.
Philosophical magazine. London. 1832—1870.
Philosophical transactions of the Royal society of London. 1821—1862.
Physikalische Berichte. Braunschweig. 1920—1940.
Records of general science. London. Ed. by R. D. Thomson. 1835—1836.
Repertorium der Physik. Berlin. 1837—1839.
Repertory of patent inventions. London. 1842—1862.
Report for the advancement of science. London. 1830—1867.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абрагам М.* стр. 417
Абрамов Я. В. стр. 495
Авогадро 1969, стр. 426
Альдини стр. 510
Ампер стр. 189—191, 197, 198, 202, 209, 210, 220, 221, 223, 226, 227, 237, 294, 323, 325, 413, 414, 427, 443, 452
Анненская А. Н. стр. 496
Антинори стр. 7, 235, 236, 241, 242, 251, 252, 254, 255—257, 259, 260, 262—264, 267—269, 281, 283, 293, 415, 416, 429, 430, 451, 461
Аптекман М. стр. 504
Араго стр. 236, 237, 250—252, 254, 257—262, 265, 266, 268—270, 272, 275, 277, 278, 284, 416, 429, 450, 510
Армстронг 2075, 2076, 2082, 2084, 2086, 2088, 2129, 2145, стр. 407, 411, 426, 497
Ашкрофт стр. 499
Бабинэ стр. 491
Барлоу стр. 307
Бачинский А. И. стр. 496
Бекетов Н. стр. 486
Беккерель 1750, 1797, 1801, 1827, 1969, 2030, 2041, 2064, 2074, стр. 423, 425, 474, 476, 513
Белли стр. 373, 435
Бера стр. 505
Бергманн стр. 346, 433
Бертье стр. 311, 312, 432, 458, 462
Берцелиус 2068, стр. 303, 316, 319 320, 349, 426, 432, 458
Био стр. 223, 303
Блох М. А. стр. 498, 502
Блуд стр. 499
Блэкли А. стр. 465, 505
Бор Н. стр. 436
Боскович стр. 399, 400, 421, 436.
Браконно стр. 347, 433
Брама стр. 511
Брард стр. 510
Браунер стр. 499
Брейли стр. 345, 348, 433, 458, 462
Бренд стр. 301, 302, 322, 323, 431
Бродский Д. А. стр. 504
Броун Р. стр. 510
Бруньятелли стр. 446
Брэдли 1754, 1755, стр. 424
Брэгг стр. 489, 490, 498, 504
Брюне стр. 500
Брюнель стр. 509—511
Буссенго стр. 476, 513
Бутиньи стр. 471
Бушарда 1797, стр. 425
Бюкер стр. 241, 429, 449, 451, 481, 483, 510
Бэрри стр. 471, 513
Бэтчер стр. 500
Бюсси стр. 448

- Вавилов С. И.* стр. 498
Варран де ля Рю стр. 487, 511, 513, 514
Вебер стр. 429
Вейтков Ф. стр. 505
Вестлар стр. 346, 347, 433
Вехтер Р. стр. 486
Воеводин П. И. стр. 499
Волластон 1797, стр. 189, 190, 209, 211, 225, 228, 229—232, 243, 303, 314, 321—323, 326, 413, 414, 425, 427, 433
Вольта 1796, 1800, 1801, 1868, 1871, 1878, 2041, 2071, 2072, стр. 303, 410, 424, 425
Вольтерра стр. 501
Галилей стр. 505
Гальвани 1750, стр. 408, 423
Гарден 1751, стр. 423
Гардини 1750, стр. 423
Гаррис 1765, стр. 424
Гартман стр. 490, 504
Гассио 1754, 1765, стр. 424
Гаусс стр. 420, 436
Гашетт стр. 235, 236, 252, 254—258, 264, 283, 429
Гейгенс стр. 411
Гей-Люссак 1750, 1771, 1775, стр. 255, 416, 423, 430, 451, 461
Гейр Р. стр. 7, 211, 220, 225, 348, 363, 369, 379—381, 386, 412, 418—420, 427, 433—435, 462, 465, 466
Гельмгольц стр. 411, 426, 492, 494
Генри стр. 503
Гёргес Н. стр. 500
Герлах стр. 500
Герни стр. 512
Гершель Джон Ф. У. стр. 345—348, 433, 460
Ги стр. 500
Гизан 1751, стр. 424
Гильберт стр. 413, 439, 443
Гитторф стр. 452, 495
Глаголева-Аркадьева А. А. стр. 503
Гледстон стр. 493
Гольмбю стр. 505
с'Гравезанд 1750, стр. 423
Грегори стр. 505
Гротгус стр. 303, 431
Грэм Дж. стр. 468
Гумбольдт А. 1750—1752, 1754, 1771, стр. 423
Гэдфилд стр. 439, 500
Гюнтер стр. 496
Даль-Негро Сальваторе стр. 282, 283, 285, 415, 416, 430, 451, 461
Даниэль 1754, 1959, 2074, стр. 242, 347, 426
Даннеман стр. 437, 497
Дарбишайр стр. 489
Де ля Рив 1797, 1799, 1801, 1804, 1816, 1823, 1853, 1871, 1877, 1914, 1926, 1958, 1959, 1969, 1993, 2010, 2016, 2030, 2041, 2043, стр. 195, 202, 205, 210, 303, 342, 414, 425, 441, 463, 465, 470, 473, 475—478, 491, 492
Джемс стр. 500
Джемсон стр. 297, 298, 431
Дженкинс Уильям стр. 289, 291, 431
Джерролд стр. 494
Джонс стр. 438—440, 451, 453, 458, 465, 473, 475, 478, 489, 492, 493, 508, 510
Джонсон стр. 510
Джул стр. 410, 426
Друде стр. 502
Дукельский М. П. стр. 486
Дьюар стр. 494

- Дэви Гемфри* 1750, 1878, 2024, 2074, стр. 191, 229, 231, 299—305, 320—325, 414, 423, 431, 433, 438, 464, 482, 487
Дэви Джон 1750, 1751, 1797, 1801, 1877, 2010, стр. 297—304, 320—326, 350, 424, 431, 457, 462, 482
Дэвис стр. 502
Дэнлоп стр. 505
Дэрроу стр. 504
Дюма 1791, стр. 424, 463, 470, 492, 493, 510
Жмудский А. З. стр. 506
Жоаннис стр. 494
Жоффруа Сент Илэр 1789, стр. 424
Зайцев Б. стр. 486
Замбони 1797, 1800, 2024, стр. 425
Звягинцев О. стр. 500
Зеебек 1790, 1813, 1814, 1830, 1915, 2054, 2062, 2064, 2071, стр. 247, 249, 424, 429
Зееман стр. 469, 470, 495, 501
Зоммерфельд стр. 500
Иновемцев И. стр. 503
Калишер стр. 463, 487
Кальбаум стр. 489
Каляух стр. 506
Камминг 2057
Каньяр де ля Тур стр. 401, 436
Кап стр. 492
Карстен 1797, 1800, стр. 425
Катчер стр. 496
Кацнельсон Ю. Д. стр. 507
Кедров Б. стр. 506
Кейр стр. 346, 348, 433
Кельвин стр. 505
Кеннелли стр. 500
Керпер стр. 463
Керр стр. 469, 470, 495
Клаузис стр. 434
Клеман 509
Клерк-Максвелл см. Максвелл
Коен стр. 497
Кокосов В. В. стр. 503
Кольрауш стр. 452, 495
Кон стр. 502
Кравец Т. П. стр. 464, 506
Красноухова О. В. стр. 507
Краузер стр. 505
Кремп стр. 500
Кржижановский Г. М. стр. 499, 506
Кристи стр. 309, 451
Крукс В. стр. 484
Крю стр. 505
Кудрявцев П. С. стр. 437, 506
Кузнецов Б. Г. стр. 490, 503
Кузнецов И. стр. 506
Курт А. стр. 495
Кэвэндиш 1750, стр. 423
Кювье стр. 424
Кюри стр. 505
Лабаррак стр. 483
Лазарев П. П. стр. 408
Лайелл стр. 468
Лаплас стр. 420
Ларусс стр. 493
Лебединский В. К. стр. 496, 499, 502
Лейбниц стр. 411
Ленард стр. 498
Ленц стр. 410, 424, 425, 429
Либиг Ю. стр. 490
Липпман стр. 429
Лобко И. А. стр. 499
Ломоносов М. стр. 411
Лорентц Г. стр. 417

- Лугинин В.* стр. 484
Лукомская А. М. стр. 438
- Маджокки** стр. 467
Майер стр. 410, 411, 426
Максвелл Д. К. стр. 416, 420, 493, 497, 502
Максимов А. стр. 486
Марианини 1797, 1798, 1800, 1803, 1806, 1827, 1868, 1878, 1883, 1898, 1905, 1918, 2010, 2069, стр. 303, 342, 424
Маркс К. стр. 499
Мартин Ш. стр. 489, 490, 503, 505
Маттеуччи 1750, 1752, 1771, 1791, 1797, стр. 423
Мезо стр. 448
Мейер стр. 500
Меллони стр. 511
Менделеев стр. 506
Миншалл стр. 500
Миткевич В. Ф. стр. 499, 502—504
Монд стр. 501
Мор 2074, стр. 426
Морден стр. 511
Москотти стр. 352, 434, 435, 511
Моттелей стр. 438, 497, 506
Муаньо стр. 492
Мунке 2043, стр. 426
Муравьев А. стр. 485
Мэррэй стр. 7
- Нернст В.** стр. 408
Никольсон стр. 425
Нобили Леопольдо стр. 7, 235, 236, 241, 242, 247, 251, 252, 254—257, 259, 260, 262—264, 267—269, 281, 283, 284, 288, 293, 415, 416, 429, 430, 450, 451, 461
Нобл стр. 505
Нордерлинг 1753, стр. 424
Нортсмор Т. стр. 487
- Ньюман* стр. 290
Ньюмэн стр. 211, 428
Ньютон стр. 411, 505
Ньюэлл стр. 497
- Ом** стр. 412, 425, 426
Оствальд стр. 422, 428, 496, 497
Оуэн 1754, стр. 424
- Павек** стр. 498
Павлов Ив. стр. 502
Панет стр. 490
Паррот 1797, стр. 303, 410, 425
Паттинсон 2145, стр. 427
Пельтье 1790, 2062, 2071, стр. 424
Пизолл стр. 510
Пиккерсгилл стр. 489
Пикте Марк Август стр. 303, 431
Пикте Рауль стр. 431
Планк В. стр. 496
Плюккер стр. 513
Поггендорф 1798, 2074, стр. 437, 506
Покровский Ю. М. стр. 504
Поп стр. 497
Попов А. С. стр. 504
Попов К. К. стр. 488
Портер 1754, стр. 424
Прево 1791, стр. 424
Придо стр. 301—303
Примаковский А. П. стр. 490, 503
Пристли 1791, стр. 299, 424
Птижан стр. 480, 514
Пуассон стр. 420
Пулье 1797, стр. 303, 425
Пфафф 1797, 1798, стр. 303, 424
Пшибрам стр. 501
Пэрис стр. 324, 433, 464
- Радау** стр. 491
Радовский М. И. стр. 414, 433, 503—505
Раман стр. 501

- Резерфорд Э.* стр. 436
Рис Е. стр. 488
Рис II. стр. 463, 479
Риттер стр. 342, 426
Ритчи 1797, стр. 242, 425
Риффо стр. 303, 413, 431
Ричерсон стр. 505
Рише 1750, стр. 423
Робертсон стр. 501
Робинсон стр. 490
Роджет 2071, стр. 381, 426
Розе стр. 316, 432
Розенбергер стр. 495
Росток стр. 451
Румкорф стр. 463, 479, 514
Рытов С. М. стр. 471, 476, 489
Рэйлей стр. 494
Рэнделл стр. 497
Рюмин В. стр. 496
- Савари* стр. 303, 431
Савостьянова М. стр. 465
Салли стр. 316, 432
Санктис де стр. 227, 429
Сартон стр. 490
Сенковский О. И. стр. 469, 490
Сен(т)-Клер-Девиль стр. 486
Силлимен стр. 348, 380, 381
Скофферн стр. 477
Смит стр. 501
Сомервилль стр. 489, 493
Спитер стр. 490
Старосельская-Никитина О. А.
 стр. 507
Степанов Б. стр. 503
Стодарт стр. 440, 442, 482, 500
Суонн стр. 501
- Тамм И. Е.* стр. 499, 502
Тернер д-р стр. 300, 302, 303,
 431
Тилорье стр. 312, 313, 432
- Тимирязев К. А.* стр. 506
Тиндаль стр. 451, 453, 459, 465,
 473, 479, 481, 483, 488, 490, 492,
 493, 497
Тодд 1750, стр. 423
Томпсон стр. 495
Томсон стр. 321
Томсон Дж. Дж. стр. 417
Томсон Э. стр. 501
Торричелли стр. 435
Тревелиян стр. 483, 510
Тэйлор Р. стр. 7, 379, 392, 458,
 461, 462, 466, 467, 471, 481
- Уилсон* стр. 421
Уилсон Филип 1791, стр. 424
Уильямсон 1751, стр. 423
Уиндред стр. 503
Уитни стр. 501
Уитстон 1754, стр. 355, 384, 424,
 425, 434, 481, 510—512, 514
Уманец Л. стр. 495
Уолтон стр. 505
Уолиш 1750, 1771, стр. 423
Уорд стр. 512
Уэвелл стр. 490
Уэйлинг стр. 501
- Фаброни* 1797, стр. 425
Фальберг 1751, 1753, стр. 424
Федоров П. стр. 486
Фергюсон стр. 490
Фехнер 1797, 1798, 1835, 2054,
 стр. 303, 425
Физо стр. 434
Филлипов М. М. стр. 495
Филлипс Ричард стр. 288, 296,
 297, 326, 327, 333, 345, 385, 391,
 430, 441, 451, 455, 456—458, 462,
 466, 471, 472, 482, 483, 488, 503
Филлипс Т. стр. 465, 505
Фирмин 1750, стр. 423

- Форбс* стр. 242, 430
Франклин стр. 362, 483
Фреми стр. 476, 513
Френсис стр. 481
Фузиньери Амброджио стр. 282, 283
Фуко стр. 434
- Хартли* стр. 500
Холл М. стр. 511
Хом Эверард 1753, стр. 424
Хульмандель стр. 512
Хэллон стр. 500
Хэттон стр. 503
- Цейтлин З.* стр. 484, 486, 488, 502, 504
- Черномордик Б.* стр. 504
Чернышева Е. А. стр. 464
Чугаев Л. стр. 486
- Шарвин В.* стр. 498
Шателен М. А. стр. 437, 465, 505, 506
Шафгейтль 2088, 2145, стр. 427
Шафрановский К. И. стр. 438
Шенбейн 1797, 1801, 1818, 1844, 1847, 1849, 2043, стр. 327, 333—337, 340—342, 345, 346, 425, 426, 433, 458, 462, 484, 488, 489, 513, 514
Шенфер К. И. стр. 499
Шеперд стр. 489
- Шиманк* стр. 501
Шмидт-Чернышева Я. Р. стр. 464.
Шомпре стр. 303, 431
Шпильрейн Я. Н. стр. 502
Шредер стр. 485
Штрицль стр. 501
Шульце стр. 497
- Эбельман* стр. 474
Эверетт стр. 313, 432
Эдляр стр. 492
Эйнштейн стр. 417
Эйри стр. 471, 512
Экснер Фр. стр. 411, 427
Эллис стр. 227, 429, 501
Эме стр. 310, 432
Энгельгардт стр. 497
Энгельс стр. 437, 499
Эндрюс стр. 504
Эппльярд стр. 499
Эренхафт стр. 502
Эрикссон стр. 511
Эрстед 1791, 1797, 1969, 2071, стр. 184, 198, 228, 249, 321, 322, 361, 413, 424, 425
Эспер стр. 490
Эттинген стр. 464
- Юз* стр. 486
Юр стр. 301, 302, 431
Юэлл стр. 489
- Якоби* 1806, 2074, стр. 424, 425, 490.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Азотистая кислота* в неактивных цепях 1843, 1862
— плохой проводник 1815
— с водой прекрасный проводник 1816
Азотная кислота в неактивных цепях 1849
—, ее свойства как электролита 2004
— и азотистая как проводники 1817
— и железо, особые результаты стр. 327
— и перекиси 2042, 2043
—, порядок в ней металлов 2012
Активные гальванические цепи без металлического контакта 2017
— с сернистым калием 1877, 1881, 1907
Алкоголь, его действие на электричество пара 2115
Аммиак, его действие на электричество пара 2094
Аномальные свойства контактной силы 1862, 1864, 1871, 1888, 1989, 2056
Араго магнитные явления стр. 250, 258
Араго магнитные явления, третья сила при них стр. 270, 272
Атмосферное электричество не имеет отношения к электричеству пара 2145
Атомистическая гипотеза стр. 392
Атомы, их гипотетическая природа стр. 393
—, их форма стр. 401
— *калия* стр. 397, 399
— —, их проникаемость стр. 398, 400, 401
— металлов и проводимость стр. 396
Батареи гальванические без металлического контакта 2024
Боскович, его атомы стр. 399
Вещества при трении о них воды и пара 2097, 2099
—, дерево 2097, 2099
—, металлы 2097, 2099
—, сера 2097, 2098
—, стекло 2099
—, шеллак 2098
Виды молний стр. 482
Висмут с сернистым калием 1894

- Вигмут с сернистым калием* обнаруживает возбуждение, независящее от контакта 1895
- Вода и пар, электричество от них 2075. См. Электричество от воды и пара
- Вода чистая* возбуждает электричество 2090
- , ее положительный заряд при трении 2107
- положительно по отношению ко всем телам при трении 2107, 2131
- соленая или подкисленная не возбуждает электричества 2090, 2091
- Возбуждающая гальваническая сила, на нее влияют:* воздух 1921
- движение 1919
- место погружения металлических окончаний 1928
- очистка металлов 1929
- первое погружение 1917
- пристающая жидкость 1918
- разведение 1969, 1982, 1993
- *теплота* 1913, 1922, 1941, 1956, 1960, 1967
- —, особые явления 1925, 1953, 1966, 1967
- Возбуждающие электролиты и притом хорошие проводники* 1812
- , сернистый калий 1812, 1880
- Возбуждение*, как на него влияет теплота 1913, 1922, 1942, 1956, 1960, 1967
- на катоде 2016, 2045, 2052
- термическое и контактное, их сравнение 1830, 1844, 2054
- химическое и контактное, их сравнение 1831, 1836, 1844
- Воздух, его действие на возбуждение 1921
- Воздух сжатый, электричество, развиваемое им* 2129
- , двукратное возбуждение 2139
- , зависит от содержащейся в нем влаги 2130, 2132
- , с камедью 2138, 2139
- , с кремнеземом 2138, 2140
- , со смолой, 2138, 2139
- , с серой 2138, 2140
- Вольты теория контакта 1800
- Вращение магнита и провода стр. 186
- Вращение, объяснение третьей силы Араго при нем стр. 272
- Вращение электромагнитное*, его направление стр. 188
- , его открытие стр. 185, 218
- земное стр. 219
- , историческая справка о нем стр. 228
- полюса вокруг провода стр. 188
- , прибор для него стр. 187, 211, 213
- провода вокруг полюса стр. 187
- Время в магнитных явлениях стр. 269, 275
- Газы и пары не возбуждают электричества трением 2145
- Гальваническая искра перед контактом 1806
- Гальванические батареи активные, без контакта 2024
- Гальванические цепи активные, без контакта 2017
- Гальванические цепи*, порядок металлов в них 2010
- , изменчивость их 1877, 1963, 1969, 1993, 1999, 2010

- Гальванический элемент*, контактная теория 1797, 1800, 1802, 1829, 1833, 1859, 1870, 1889, 2065
- , химическая теория 1801, 1803, 2029
- Гальванический элемент, источник его силы* 1796
- не связан с контактом 1829, 1835, 1844, 1858, стр. 338, 379
- —, что доказывается активными проводящими электролитами 1877, 1883, 1889, 1907, 1912
- — — действием температуры 1913, 1941, 1956, 1960, 1965
- — — железом в азотной кислоте, стр. 338.
- — — неактивными проводящими электролитами 1823, 1829, 1836, 1843, 1849, 1853, 1858, 1878
- — — порядком металлов 2010, 2014
- — — разбавлением 1969, 1982, 1903, 2005
- — — термоэлектрическими явлениями 1830, 2054, 2063
- — — устройствами без металлического контакта 2017
- *заключается в химическом действии* 1845, 1863, 1875
- —, достаточность этого действия 1845, 1863, 1875, 1884, 1957, 1983, 2015, 2029, 2053
- —, что доказывается активными проводящими электролитами 1882, 1884, 1907, 1912
- — — влиянием температуры 1913, 1941, 1956, 1960, 1965
- — — железом в азотной кислоте стр. 338
- — — порядком металлов 2010, 2014
- Гальванический элемент, источник его силы заключается в химическом действии, что доказывается разбавлением* 1969, 1982, 1993, 2005
- сравнением контактного и термического возбуждения 1830
- сравнением контактного и химического возбуждения 1831
- устройствами без металлического контакта 2017
- Гальваническое возбуждение* возникает не в контакте 1912, 1956, 2014, стр. 338
- возникает при химическом действии 1912, 1956, 2015, стр. 338
- , на него оказывает влияние разведение 1969, 1982, 1993
- — температура 1913, 1922, 1942, 1956, 1960, 1967
- Гей-Люссаку письмо об ошибках Нобили и Антинори стр. 255
- Гейра критические замечания на Фарадею теорию индукции* стр. 348, 379
- , ответ Фарадея стр. 363, 379
- Графит, его отношение к металлам и т. д. в соляной кислоте 2016
- Гумбольдт относительно сохранения угля 1753
- Давление пара, его влияние на выделение электричества 2086
- Даль Негро об электромагнитных катушках стр. 382
- Движение, его действие на гальваническое возбуждение 1919
- Движения новые электромагнитные стр. 183, 190, 218
- Дерево при трении водой 2097

- Допущения контактной теории в отношении жидких тел* 1810, 1835, 1844, 1860, 1865, 1870, 1888, 1982, 1992, 2006, 2014, 2060
— твердых тел 1809, 1844, 1870, 1888, 1982, 2014
- Достаточность химического действия 1845, 1863, 1875, 1884, 1957, 1983, 2015, 2029, 2053
- Дэви д-р Джон, ответ ему, стр. 297, 320
- Железо**, влияние теплоты на его магнетизм стр. 307
- Железо, его особое гальваническое состояние*, Шенбейн о нем стр. 327
—, разные лица о нем стр. 345
—, Фарадей о нем стр. 333
- Железо в азотной кислоте* 2039
— в кислотах при нагревании 1946, 1950, 1952, 1963
— в сернистом калии 1824, 1909, 1943, 1947, 2049
—, его окислы в сернистом калии 2047
- Животное электричество 1749.
См. также Угорь
- Жидкие масла, их влияние на электричество из пара и т. д. 2111, 2120, 2133, 2137
- Жидкие проводники хорошие* 1812, 1822
—, их аномальная контактная сила 1862, 1888
— —, относящиеся сюда допущения 1810, 1835, 1844, 1860, 1865, 1870, 1888, 1982, 1992, 2006, 2014, 2060
- Жидкости и металлы, их термо-токи 1931
- Жидкости, их контакт* 1810, 1835, 1844, 1861
— не действует в элементе 1825, 1829, 1835, 1844, 1858
- Жидкости, хорошо проводящие* 1812, 1822
—, допущения, делаемые относительно их 1810, 1835, 1844, 1860, 1865, 1870, 1888, 1982, 1992, 2006, 2014, 2060
- Заряд**, определение состояния заряженного тела стр. 364
- Звук, производимый паром при возбуждении им электричества 2088
- Земля, ее магнетизм* дает направление электрическому току стр. 210
—, производимые ею электромагнитные движения стр. 219, 220
- Земной магнетизм* действует на электрический ток стр. 211, 218
— ориентирует электрический ток стр. 210, 218
— производит электромагнитные движения стр. 218
- Извести оксалат**, его электрические силы стр. 234
- Изоляция и проводимость, их взаимоотношение стр. 375
- Индуктивное действие на ток* стр. 291, 294
—, влияние электромагнита стр. 291
—, — длинного провода стр. 292
- Индукция статическая*, ее принципы стр. 363, 386
—, замечания относительно ее Гейра стр. 348, 379
— — ответ на них стр. 363, 379

- Индукция статическая* через пу-
стоту стр. 370
— является определенной стр. 367,
389
Искра ранее контакта 1806
— *магнито-электрическая*, ее по-
лучение стр. 241
— — от первой индукции стр. 288
— от угря 1766
— при прерывании контакта
стр. 291
Испарение не производит электри-
чества 2083
Историческая справка относи-
тельно электромагнитного вра-
щения стр. 228
Исторический очерк электро-
магнетизма стр. 227
Источник силы гальванического
элемента 1796. См. Гальваниче-
ский элемент
- К**
Кадмий с сернистым калием 1904
Кажущиеся виды молний стр. 482
Кали едкое в неактивных цепях
1853
— жидкий проводник 1819
— *и металлы* 1939, 1945, 1948
— —, их термоток 1932
—, порядок металлов в нем 2012
Калий, его атомное состояние
стр. 396, 398
—, его необыкновенная прони-
цаемость стр. 398, 399
—, природа его атомов стр. 397
— сернистый хороший проводник
1812, 1880. См. Сернистый ка-
лий
Катод, возбуждение на нем 2016,
2045, 2052
Катушки и магниты стр. 198
- Кислоты*, их сравнение стр. 200,
208
—, их различие стр. 206
—, действие разведения 1977
—, их действие на электричество
пара 2091, 2121
— *и металлы*, их термотоки 1934,
1939
— —, с нагреванием 1946, 1949,
1956, 1963
Кобальт не магнитен стр. 306, 314
Когезивное прилипание ртути,
влияние на него тока стр. 224
Коллекторы электричества угря
1757
Кольцо электромагнитное Де ля
Рива стр. 195
Конденсация пара не производит
электричества 2083
Контакт жидких проводников
1810, 1835, 1844, 1860
— не есть действующее начало
в элементе 1825, 1829, 1835, 1844,
1858
—, относящиеся к нему гипотезы
1810, 1835, 1844, 1860, 1865, 1870,
1888, 1932, 1992, 2006, 2014, 2060
Контакт металлов 1809, 1864,
1891, 2065, стр. 381
—, активные цепи без него 2017
— не действует в элементе 1829,
1833, 1836, 1843, 1846, 1854, 1858
Контакт не есть источник галь-
ванической силы 1796, 1829,
1836, 1844, 1858, 1883, 1891, 1956,
1959, 1982, 2053, 2065, стр. 381.
См. Гальванический элемент,
источник его силы
Контакт, сравнение его с термо-
контактом 1830, 1836, 1844, 2054
—, с химическим действием 1831,
1836, 1844

- Контакт твердых проводников 1809, 1829, 1836, 1841, 1858, 1867, 1888, 2065
- Контактная сила*, ее странные свойства 1862, 1864, 1871, 1889, 1989, 2056
- , неправдоподобность ее основных предположений 2053, 2062, 2065, 2069, 2071, 2073
- Контактная теория гальванического элемента* 1797, 1800, 1802, 1829, 1833, 1859, 1870, 1889, 2065
- , ее предположения 1809, 1835, 1844, 1860, 1870, 1888, 1992, 2006, 2014, 2060, 2066
- , термоэлектрические доводы против нее 2054
- Конусы различные, для трения воды и пара 2097
- Кремнезем и воздух, электричество от них 2138, 2140
- Лед положителен по отношению к воздуху при трении и т. д. 2132
- Магнетизм*, о теории его стр. 183
- земной дает направление току стр. 210
- Магнит*, влияние на него теплоты стр. 309, 310
- , его положения по отношению к электрическому току стр. 184
- и *магнитные катушки* стр. 198
- —, их различие стр. 206
- —, их сравнение стр. 200, 210
- и электрический ток, взаимное влияние их стр. 233
- не изменяется от холода стр. 227
- сделанный из угря 1762
- Магнитные полюсы* стр. 190 206
- , их вращение вокруг проводов стр. 188, 218
- , их отношение к электрическому току стр. 184
- , различие между ними и полюсами катушки стр. 207
- Магнитные притяжения и отталкивания* стр. 196
- свойства металлов стр. 305, 311, 312
- Магнито-электрическая искра*, получаемая от первой индукции стр. 286
- удар, по способу Дженкинса стр. 290
- — зависит от индукционного тока стр. 290
- Марганец* не магнитен стр. 313
- , Бертье о его магнитности стр. 311
- , его *перепись* — хороший проводник 1822
- —, ее возбуждающая сила и место 2042
- Марианини об источнике силы в элементе 1800, 1804
- Масло, его действие на электричество пара 2111, 2123, 2137
- Материя*, взаимная проницаемость ее частей стр. 397, 402
- , ее атомы стр. 392, 400
- , ее непрерывность стр. 401
- , размышления о ее природе стр. 392
- Медь* в разведенной азотной кислоте 1986
- в *сернистом калии* 1897, 1909, 1911, 1944, 2036
- —, ее изменчивость 1911, 2036

Медь в сернистом калии показывает, что возбуждение происходит не в месте контакта 1901, 1912

Местонахождение металлических окончаний, его влияние 1928

Металлический контакт, активные цепи без него 2017

Металлы, в едком кали 1932, 1945, 1948

—, их атомы и проводящая способность стр. 396

—, их магнитные соотношения стр. 305, 311, 312

—, их контакт 1809, 1864, 1891, 2065

— — неактивен в элементе 1829, 1833, 1836, 1844, 1846, 1854, 1858

—, их порядок, различия в нем 2012

— — нарушается теплотой 1965, 1967

— — — в различных электролитах 1877, 2010

— — — при разбавлении 1969, 1993, 1999

—, их термоэлектрический порядок 2061

—, их трение о воду и пар 2097, 2099, 2106

Металлы в гальванических элементах, особые действия на них теплоты 1922, 1925, 1953, 1966 1967

Металлы в сернистом калии 1880, 1908, 1943, 2036

—, висмут 1894, 1906

—, железо 1824, 1909, 1943, 1947, 2049

—, кадмий 1904

—, медь 1897, 1909, 1911, 1944

—, никель 1836, 1909

Металлы в сернистом калии, обнаруживаемое ими возбуждение зависит не от контакта 1833, 1887, 1895, 1901, 1902, 1903, 1904, 1907, 1912

—, олово 1882

—, свинец 1888, 1909

—, серебро 1903, 1909, 1911

—, сурьма 1902

—, цинк 1906

Металлы и едкое кали, их термо-токи 1932, 1938

— жидкость, их термо-токи 1831

— *кислоты*, их термо-токи 1934, 1939

— — при нагревании 1945, 1948, 1956, 1962, 1966

— сернистый калий при нагревании 1943, 1953, 1956, 1961, 1966

Молния, ее кажущиеся виды стр. 482

Направление новых электромагнитных движений стр. 191

— электричества угря 1761, 1762, 1763, 1764, 1772

— электромагнитного вращения стр. 188, 189

Неактивные проводящие цепи из твердых тел 1867

—, со включением азотной кислоты 1849, 1862

— — гидратированной азотистой кислоты 1843, 1848, 1862

— — едкого кали 1853

— — сернистого калия 1824, 1838, 1839, 1861, 1864

— — электролита 1823

Неправдоподобность гипотезы о контактном происхождении силы 2053, 2062, 2065, 2069, 2071, 2073

- Непрерывность вещества стр. 401
Нервная и электрическая силы угля 1789
 — могут быть обращены одна в другую 1790, 1792
Никель, влияние тепла на его магнетизм стр. 307
 — в сернистом калии 1839, 1909
 Нити в струе пара, их движение 2101
Нобили и Антинори, замечания Фарадея стр. 235
 —, их ошибки стр. 255
 — о магнито-электричестве стр. 235
 Новые электромагнитные движения стр. 183, 190, 218
- Оксид* сурьмы новый предполагаемый стр. 315
Оксиды проводящие в сернистом калии, их возбуждающая сила 2045, 2046
 — не возбуждаются контактом 1840, 1847
 Оксалат извести, его электричество стр. 234
Олово в азотной кислоте 2032
 — в сернистом калии 1882
 — — доказывает, что возбуждение происходит не от контакта 1883
 —, замечательные явления при возбуждении 1919 прим.
 — и едкое кали 1945, 1948
- Определенность индуктивного действия стр. 367, 386
 Опыты с углем предлагаются 1792
 Особое гальваническое состояние железа стр. 327
 Ответ д-ру Гейру стр. 363, 380
- Ответ д-ру Джону Дэви стр. 297, 320
 Отдельные гальванические токи без контакта 2017
 Отрицательное электричество в телах при трении их о воду 2107, 2131
 Очистка окончаний проводов необходима 1929
 Ошибки Нобили и Антинори стр. 255
- Пар*, его электричество 2075.
 См. Электричество от воды и пара
 Пар один не производит электричества 2084
 Первое погружение, его влияние 1917
Перекись марганца хороший проводник 1822
 —, ее химическая возбуждающая сила и место 2041
Перекись свинца хороший проводник 1822
 —, ее химическая возбуждающая сила и место 2043
 Письмо Гей-Люссаку об ошибках Нобили и Антинори стр. 255
 Платиновая проволока, накаленная докрасна в воде и струе пара 2100
 Погружение первое, его влияние 1917
 Положительное электричество воды при трении 2107, 2131
Полюсы магнитные стр. 190, 207
 —, их вращение вокруг провода стр. 188, 218
 —, их отношение к электрическому току стр. 184
 —, различие между ними и полюсами катушки стр. 206

- Полярность статическая электрическая стр. 365, 377
- Порошки и воздух, электричество от них 2138
- Порядок металлов* термоэлектрический 2061
- в различных жидкостях 2012, 2016
- , его *перемены* в различных жидкостях 1877, 2010
- — при нагревании 1963, 1964
- — при разбавлении 1969, 1993, 1999
- Порядок электрический при трении тел 2141
- Предосторожности 1838, 1848, 1916, 1971
- Прибор для электричества из пара и воды 2076, 2087
- Природа материи стр. 392
- Приставшая жидкость, ее влияние 1918
- Притяжение когезивное ртути испытывает влияние тока стр. 225
- Проводимость*, размышления о ней стр. 392
- и изоляция, их взаимоотношение стр. 375
- Проводники хорошие*, твердые 1820, 1822
- *жидкие* 1812, 1822
- —, азотистая кислота и вода 1816
- —, азотная кислота 1819
- —, серная кислота 1819
- —, сернистый калий 1812, 1880
- Проводящие цепи* активные с сернистым калием 1877, 1881, 1907
- , действие на них теплоты 1942, 1956, 1960
- Проводящие цепи* из твердых тел 1867
- *неактивные* с азотной кислотой 1849, 1862
- — с гидратированной азотистой кислотой 1843, 1848, 1862
- — с едким кали 1855
- — с жидкостью 1823
- — с сернистым калием 1824, 1862, 1864, 1838, 1839
- Проволоки из различных веществ, при трении водой и паром 2099
- Происхождение гальванической силы 1796. См. Гальванический элемент, источник его силы
- Проницаемость материи стр. 397, 400
- Пространство*, является ли оно проводником стр. 394
- внутри материи, его свойства стр. 392, 394
- Пустота, индукция через нее стр. 370
- Разбавление*, его влияние на возбуждение гальванической силы 1969, 1982, 1993
- изменяет порядок металлов 1993, 1996, 1999
- Развитие* теплоты током угря 1765
- *электричества химическим действием* 2030, 2039
- — изменяется вместе с химическим действием 2031, 2036, 2040
- Различия* между магнитами и катушками стр. 206
- в порядке металлов 1877, 2010
- Разложение* током угря 1763

- Размыкание контакта, искра
стр. 291
- Размышления о проводимости и о природе материи стр. 399
- Ртуть, ее молекулярное притяжение изменяется током стр. 294
- Рыба убивается угрем 1785
- Свинец** в разбавленной азотной кислоте 1987, 2035
- , его гальваническое действие в сернистом калии 1885, 1887
- Свинца перекись* не возбуждает при контакте 1869
- , ее химическая возбуждательная способность и ее место 2043
- хороший проводник 1822
- Сера* и воздух, электричество от них 2133, 2140
- при трении воды и пара отрицательна 2098
- Серебро*, влияние его на железо в азотной кислоте стр. 343
- в *сернистом калии* 1903, 1911
- — доказывает, что возбуждение производится не контактом 1903
- —, его изменчивость 1911
- в соляной кислоте 2036
- Серная кислота* — жидкий проводник 1819
- , порядок металлов в ней 2012
- Сернистого калия раствор* 1805 1812, 1835, 1880
- в активных цепях 1877, 1881, 1907
- в неактивных цепях 1824, 1829, 1835, 1842, 1861, 1864
- и висмут 1894
- и железо 1824, 1909, 1943, 1947, 2049
- и кадмий 1904
- Сернистого калия раствор* и медь 1897, 1909, 1911, 1944, 2036
- и *металлы* 1880, 1908, 1943, 2036
- — доказывают, что возбуждение производится не контактом 1907
- — при нагревании 1943, 1953, 1956, 1961, 1966
- и никель 1836, 1909
- и олово 1882
- и *перекись марганца* 2042
- — свинца 2045
- и протоксиды 2046
- и свинец 1885
- и серая сернистая медь 1900
- и серебро 1903, 1911, 2036
- и сурьма 1902
- , порядок в нем металлов 2012
- превосходный проводник 1813, 1880
- хороший электролит для возбуждения 1880
- Сернистое соединение сурьмы новое предполагаемое стр. 315
- Сернистые соединения твердые не возбуждаются контактом 1840, 1867, 1868
- Сила, будто бы создаваемая контактом 2071
- Сила гальванического элемента, ее источник 1796. См. Гальванический элемент, источник его силы
- Скипидар, его действие на электричество пара 2108, 2121, 2123, 2136
- Слоновая кость, ее особенности при электризации трением 2143
- Слоновой кости выходная трубка для пара и воды неактивна 2102, 2104, 2144

- Смежные частицы стр. 368, 370
 Смола и воздух, электричество от них 2138, 2139
 Соляная кислота, порядок в ней металлов 2012, 2016
 Статическая индукция, ее причины стр. 364, 386
 Стекло — проводник стр. 377
 Стрелки магнитные, холод на них не действует стр. 227
 Строение материи стр. 392
Сурьма, о предполагаемом новом окисле ее стр. 316
 — в сернистом калии 1902
- Таблица* возбуждающих тел при взаимном трении 2141
 — гальванических пар без металлического контакта 2020
 — немагнитных веществ стр. 306, 313
 — порядка металлов в различных жидкостях 2012, 2016
 — проводящих цепей с неактивным контактом 2020
 — тел, подвергавшихся трению паром и водой 2099
- Тангенциальные электромагнитные движения стр. 186
Твердые проводники для контакта 1820, 1822
 —, гипотезы и допущения относительно их 1809, 1844, 1870, 1888, 1982, 2014
 —, нет возбуждения от их контакта 1840, 1841, 1867
 —, перекись марганца 1822
 —, перекись свинца 1822, 1869
- Теория гальванического элемента 1796, 1800. См. Гальванический элемент, источник его силы
 Теория магнетизма стр. 183
- Теория магнитных явлений Араго стр. 259
Теплота, ее влияние на магнетизм железа стр. 307
 — магнитного железняка стр. 309
 — магниты стр. 310
 — никеля, стр. 307
Теплота, ее действие на возбуждение 1913, 1922, 1942, 1956, 1960, 1967
 —, особые случаи 1925, 1953, 1966, 1967
Теплота при металлах и кислотах 1946, 1949, 1956, 1963
 — и сернистом калии 1943, 1953, 1956, 1961, 1966
 — и щелочах 1945, 1948, 1956, 1962, 1966
 Теплота, развиваемая током угря 1765
 Термо- и контактное возбуждение, их сравнение 1830, 1836, 1844, 2054
Термотоки с жидкостями и металлами 1931
 — *металлов* и едкого кали 1932, 1938
 — — и кислот 1934, 1939
- Термоэлектрические доказательства против теории контакта 2054
Ток электрический, его нет без химического действия 1867, 2038
 —, индуктивное действие на него стр. 291
 —, направление, получаемое им под действием земли стр. 210, 218
- Трение воды* о дерево 2097
 — о металлы 2097, 2099, 2106
 — о серу 2097, 2098

- Трение воды* о слоновую кость
2102, 2104, 2144
— производит электричество
2075, 2085, 2090. См. Электричество от жара и воды
Трение тел друг о друга, развивающееся при этом электричество 2141
Трение, явления при получении электричества 2142
Третья сила Араго, ее причина стр. 270
- Угорь* действует на гальванометр 1761
—, его отношение к окружающей воде 1786
—, его электрическая сила 1749, 1769
—, искра от него 1766
—, количество его электричества 1770, 1772, 1784
— *может* выделять электрическое тепло 1765
— — образовать магнит 1762
— — производить химическое разложение 1763
—, направление его силы 1761, 1762, 1763, 1764, 1772
—, опыты над его электрическо-нервной системой 1792
—, силовые линии вокруг него 1784
— сознает свое действие на других животных 1788
—, соотношение в нем нервной и электрической силы 1789
—, способ поражать добычу 1785
—, способ сохранения его при перевозке 1753
—, удар от него 1760, 1770, 1773
- Удар* при одной гальванической паре стр. 290
— угря 1760, 1770, 1773 и сл.
- Химическая теория гальванического элемента* 1801, 1803, 2017, 2029
Химическое возбуждение, действие на него температуры 1913
—, его достаточность 1845, 1863, 1875, 1884, 1957, 1983, 2015, 2029, 2053
Химическое действие есть источник гальванической силы 1875, 1884, 1956, 1982, 2029, 2053. См. Гальванический элемент, источник его силы
—, при его изменении одновременно изменяется электричество 2031, 2036, 2040
— развивает электричество 2030, 2039
Химическое и контактное возбуждение, их сравнение 1831, 1836, 1844
Химическое разложение током угря 1763
Холод, влияние его на магнетизм металла стр. 306, 311, 312
— не влияет на магнитные стрелки стр. 227
- Центры силы* стр. 399
Цепи гальванические без металлического контакта 2017
— с сернистым калием 1877, 1881, 1907
Цепь длинная, ее влияние на индуктивное действие стр. 293
Цинк в сернистом калии 1906
- Шеллак* при трении водой и паром отрицателен 2098

Шенбейн об особом гальваническом состоянии железа стр. 327

Щелочи и металлы при нагревании 1945, 1948, 1956, 1962, 1966

—, их действие на электричество пара 2092, 2094, 2121, 2126

Электрическая индукция статическая, ее принципы, стр. 364, 377

Электрическая и нервная сила, угря 1789

— взаимно обратимы 1790, 1792

Электрическая искра от магнита стр. 241

— от угря 1766

Электрическая проводимость, размышления о ней стр. 392

Электрический заряд статический, определение стр. 364

Электрический ток влияет на молекулярное притяжение ртути стр. 225

— и магнит, их относительное положение стр. 184, 185

— испытывает действие земного магнетизма стр. 211, 218

—, направление, которое ему дает земля стр. 211

— под влиянием магнита стр. 233

Электричество от пара и воды 2075, 2085, 2090

—, активные и пассивные струи 2102, 2104

—, **вещества**, о которые трется вода 2097, 2099, 2122

— —, которые все становятся отрицательными 2107

— —, которые все становятся положительными 2122

Электричество от пара и воды, вода всегда положительна 2107

—, **действие** аммиака 2094

— — жидких масел 2111, 2120, 2123, 2137

— — летучих масел 2108, 2123, 2136

— — солей и кислот 2090, 2096, 2115, 2121

— — щелочей 2092, 2094, 2121, 2126

— — других тел 2113

—, для него требуется чистая вода 2090, 2093

—, его природа — не химическая 2106

— зависит от давления пара 2086

— зависит от трения воды 2085, 2089, 2090, 2093, 2130, 2132

—, **место** его возбуждения 2103

— — его собирания 2103

— не зависит от испарения или конденсации 2083, 2145

— не имеет отношения к атмосферному электричеству 2145

— не производится одним паром 2084, 2089, 2093

—, описание прибора 2076, 2087

— по произволу то положительное, то отрицательное 2108, 2117

—, способ изучения 2082

— уничтожается 2118

Электричество от сжатого воздуха 2129

—, двукратное возбуждение 2139

— зависит от содержащейся в нем влаги 2130, 2132

—, с кремнеземом 2138, 2140

—, со смолой 2138, 2139

—, с серой 2138, 2140

Электричество оксалата извести стр. 234

- Электричество, развивающееся при трении тел 2141
- Электричество, развивающееся при химическом действии* 2030, 2039. См. Гальванический элемент, источник его силы
- , изменяется одновременно с химическим действием 2031, 2036, 2040
- Электричество угря 1749, 1769. См. Угорь
- Электродвижущая сила магнетизма*, Нобили и Антинори стр. 235
- , возражения Фарадея стр. 235, 236
- Электродинамические катушки, Даль-Негро о них стр. 284
- Электролиз током угря 1763
- Электролиты в неактивных цепях 1823
- Электролиты, являющиеся хорошими проводниками* 1812, 1822
- , азотистая кислота 1816
- , азотная кислота 1817
- , серная кислота 1819
- , сернистый калий 1812, 1880
- Электромагнетизм, исторический очерк о нем стр. 227
- Электромагнитная искра*, получение стр. 241
- от первой индукции стр. 288
- Электромагнитное вращение* стр. 186, 218, 219
- , его направление стр. 188, 190
- , историческая справка стр. 228
- под действием земли стр. 221, 222
- полюса вокруг провода стр. 188
- , приборы для него стр. 186, 211, 213
- провода вокруг полюса стр. 186
- Электромагнитное кольцо Де ля Рива стр. 195
- Электромагнитные движения новые* стр. 183, 190, 218
- направлены по касательной стр. 185
- Электромагнитный удар, по Дженкинсу* стр. 289, 290, 296
- , производится индуцированным током стр. 290
- Электромметр, получаемые с ним данные 1808
- Электротоническое состояние стр. 295
- Элемент гальванический 1796. См. Гальванический элемент, источник его силы
- Я**вления электрические с угрем 1760, 1768

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	7
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ	
Пятнадцатая серия (пп. 1749—1795)	
<i>Раздел 23.</i> Заключение о характере направления электрической силы у электрического угря	11
Шестнадцатая серия (пп. 1796—1912)	
<i>Раздел 24.</i> Об источнике мощности гальванического элемента . .	32
Глава I. Возбуждающие электролиты и т. д. — проводники термо- и вообще слабых токов	41
Глава II. Неактивные проводящие цепи, содержащие жидкость или электролит	45
Глава III. Активные цепи, возбуждаемые раствором сернистого калия	70
Семнадцатая серия (пп. 1913—2074)	
<i>Раздел 24.</i> Об источнике мощности гальванического элемента (продолжение)	86
Глава IV. Действие температуры на возбуждающую химическую силу	86
Глава V. Действие разведения на возбуждающую химическую силу	106
Глава VI. Изменения порядка металлических элементов в гальванических цепях	122
Глава VII. Активные гальванические цепи и батареи без металлического контакта	127

Глава VIII. Соображения о достаточности химического действия	133
Глава IX. Термоэлектрическое доказательство	142
Глава X. Неправдоподобность предположения о контактной природе силы	147
Восемнадцатая серия (пп. 2075—2145)	
<i>Раздел 25. Об электричестве, развивающемся при трении воды и пара о другие тела</i>	153
СТАТЬИ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ	
О некоторых новых электромагнитных движениях и о теории магнетизма	183
Прибор для электромагнитного вращения	211
Описание электромагнитного прибора для демонстрации вращательного движения	213
Заметка о новых электромагнитных движениях	218
Исторический очерк и т. д.	227
Действие холода на магнитные стрелки	227
Историческая справка относительно электромагнитного вращения	228
Электромагнитный ток (под влиянием магнита)	233
Электрические свойства (и место) оксалата извести	234
Об электродвижущей силе магнетизма (синьоров Нобили и Антинори), с примечаниями Михаила Фарадея	235
Ошибки Нобили и Антинори относительно магнито-электрической индукции (письмо г. Гей-Люссаку)	255
Новые опыты, относящиеся к действию магнетизма на электродинамические катушки, и описание новой электродвижущей батареи (С. Даль-Негро), с примечаниями Михаила Фарадея	282
О магнито-электрической искре и ударе и о специальном условии электрической и магнито-электрической индукции	288
Дополнительные соображения относительно магнито-электрической искры и удара	296
Ответ на «Замечания о некоторых утверждениях г. Фарадея, содержащихся в его „Исследованиях по электричеству“» д-ра Джона Дэви	297
Об общих магнитных соотношениях и свойствах металлов	305
Заметка о магнитном действии марганца при низких температурах, установленном г. Бертье	311
Об общих магнитных соотношениях и свойствах металлов (дополнительные данные)	312

О предполагаемом новом сернистом соединении и окисле сурьмы	315
Об истории сжижения газов, в ответ д-ру Дэви, со вступлением в виде нескольких замечаний об электромагнитном вращении	320
Об особом гальваническом состоянии железа, профессора Шенбейна из Базеля в письме к г. Фарадею; с дальнейшими опытами г. Фарадея по этому же вопросу, сообщенными им в письме к г. Филлипсу	327
Письмо г. Фарадея к г. Брейли о некоторых более ранних исследованиях относительно особого гальванического состояния железа, вновь наблюденного профессором Шенбейном (в дополнение к письму к г. Филлипсу в последнем номере)	345
Письмо профессору Фарадею о некоторых теоретических взглядах, от Р. Гейра	348
Ответ на письмо д-ра Гейра о некоторых теоретических взглядах	363
О втором письме д-ра Гейра и о химической и контактной теориях гальванической батареи	379
О некоторых кажущихся видах молний	382
О статическом электрическом индуктивном действии	385
Размышления об электрической проводимости и о природе материи	392

ПРИЛОЖЕНИЯ

О втором томе «Экспериментальных исследований по электричеству» М. Фарадея. Т. П. К р а в е ц	407
Примечания редактора	423
Библиографический указатель печатных трудов Миханла Фарадея и основной литературы о его жизни и деятельности. А. Л у к о м с к а я	437
1. Печатные труды М. Фарадея	438
2. Письма и дневники М. Фарадея, опубликованные в печати после 1867 г.	489
3. Основная биографическая литература о М. Фарадее	491
4. Библиография М. Фарадея	506
Приложение 1. Сведения о лекциях, прочитанных М. Фарадеем	507
Приложение 2. Перечень использованных журналов	514
Именной указатель	516
Предметный указатель	522

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР*

*

Редактор Издательства *Л. С. Сазоков*
Технический редактор *А. В. Смирнова*
Корректоры *К. С. Тверитинова* и *И. И. Удёмов*

*

РИСО АН СССР № 4555. М-49015.
Подписано к печати 11/ХІІ 1951 г.
Бумага 70 × 92₁₆. Бум. л. 16 ⁷/₈.
Печ. л. 39.48 + 1 вкл. Уч.-изд. л. 30,5
Тираж 4000. Зак. № 114.
Цена в переплете 28 руб.

1-я типография Издательства АН СССР.
Ленинград, В. О., 9-линия, дом 12.