ИОГАНН ВИЛЬГЕЛЬМ РИТТЕР

ГАЛЬВАНИЗМ
И ЖИЗНЬ



ИОГАНН ВИЛЬГЕЛЬМ РИТТЕР

ГАЛЬВАНИЗМ И ЖИЗНЬ

Доказательство, что постоянный гальванизм сопровождает жизненный процесс в животном царстве

Об этой книге

Иоганн Вильгельм Риттер — немецкий физик и химик, друг Новалиса и Гете, открыватель ультрафиолетовых лучей и создатель первой «сухой» гальванической батареи. Эта книга, изданная в Веймаре в 1798 году, когда автору было двадцать два года, посвящена Александру фон Гумбольдту и Алессандро Вольте.

Риттер ставит сотни опытов с лягушками, металлами и жидкостями, выводит законы гальванической цепи и приходит к главной мысли: гальванизм — не случайное явление в мышце и нерве, а постоянный спутник самого жизненного процесса. Живое тело, по Риттеру, есть непрерывно действующая цепь, и во всякой жизни скрыто то же начало, что движет стрелкой и рождает искру.

Содержание

Посвящение	5
Введение	6
Первый отдел	16
Второй отдел	139

ПОСВЯЩЕНИЕ

✦

Великим мужам Ф. А. фон Гумбольдту и А. Вольте

Нужно ли мне, достойные мужи, еще извиняться за то, что я осмеливаюсь поднести вам эти листы? Кто же, как не вы, возвышенный германец, убедительнее и разностороннее показал, что одних животных частей довольно, чтобы произвести деятельность в известной форме гальванизма, и как эта деятельность влияет на состояние животных органов? Кто глубже вас, кем гордится Италия, проник в законы, которые определяют этой деятельности ее путь? Итак, вы оба заложили основание того вывода, который главным образом излагают следующие листы; стало быть, он принадлежит вам, а не мне, и я лишь исполняю свой долг, с благодарностью возвращая то, что у вас позаимствовал. Пусть же этот предмет в моих руках ничего не утратит из того достоинства, которое он получил от вас. Пусть то немногое, что я к нему прибавил, окажется достойным вашего суждения. Тогда исполнится мое желание и определеннее, чем когда-либо, решится для меня, смею ли я и впредь вопрошать природу.

И. В. Риттер

ВВЕДЕНИЕ

✦

Всем известно, что вот уже семь лет одно из величайших физиологических открытий приковывает к себе внимание всех естествоиспытателей, — я говорю об открытии так называемого животного электричества, сделанном Гальвани, профессором анатомии в Болонье. Но, пожалуй, и нелегко найти предмет, исследование которого было бы важнее — прежде всего для физиолога, — чем именно этот. Ибо кто останется равнодушным, когда увидит возможность, быть может, ближе узнать, как устроено его физическое существование? — А это природа и вправду обещает в ответах на вопросы, которые ей до сих пор задавали. Не раз она говорила нам больше, чем мы поначалу надеялись от нее узнать, и в таких случаях естествоиспытатель должен всеми силами стараться слушать ее со вниманием.

Случайно найденные мною некоторые обстоятельства, которые, казалось, имели значение и для химии так называемой неживой природы, побудили меня всерьез продолжить опыты над этим предметом, начатые поначалу без особого умысла. Если бы извинения вообще могли что-нибудь исправить, то, пожалуй, следовало бы извиниться за то, что я, еще мало сведущий в обширной области естествознания и тем более чужой во врачебной науке, взялся за исследование предмета, уже столь разработанного, не зная, не внесу ли я в него больше путаницы, чем ясности. И как часто мне действительно приходилось чувствовать свою слабость! Я ставил опыты, сравнивал их с опытами других и находил в них то больше, то меньше, чем в них

заключалось; это неизбежно вело к заблуждениям, которые влекли за собой новые, и так далее. Как метко сказал обо всех гипотезах знаменитый Фонтана: «Врожденная жажда все знать заставляет нас все объяснять. Видя, что после применения какого-нибудь вещества возникло некое действие, мы тотчас стремимся узнать, нет ли в нем чего-нибудь, что хоть отчасти могло бы послужить к объяснению этого действия, и мало заботимся о том, соразмерна ли открытая нами причина произведенному действию или нет». И в другом месте: «Если не знать истины — зло, то верить в заблуждение — зло еще большее. Никто не трудится выводить ошибочные следствия из того, чего не знает, а вот заблуждения неизбежно ведут нас к новым заблуждениям. Гораздо лучше не знать истины, чем знать заблуждение».

Поэтому я старался подвергать все опыты и выведенные из них результаты точной проверке, отбрасывал всякое заключение, которому противоречили другие факты, и узнал, как больно видеть, когда прекрасное здание гипотез разом рушится. Я все тверже убеждался, что может быть лишь *одна* истинная теория всех явлений природы и что она должна объяснять их все, вплоть до мельчайших обстоятельств. Как только против теории находится малейшее подлинное противоречие, она не может быть истинной, и ее надо оставить. Но что-то общее с истинной она иметь должна, иначе она ничего бы не объясняла, и чем больше у нее общего с истинной, тем больше она должна казаться объясняющей.

Если же природа повсюду действует по нерушимым законам, или, как мы обычно говорим, если она повсюду поступает последовательно, если все, что есть продукт ее деятельности, должно быть для нас истиной и если при всяком исследовании природы основанием наших заключений может служить только

эта истина, то, наткнувшись на противоречие, винить надо *лишь себя*: *значит, мы поступили непоследовательно*. Ибо из истинного может следовать лишь истинное, а истинное, соединенное с новой истиной, опять должно дать в итоге истину; — и в этом мы видим для себя возможность прийти к единственно возможной истинной теории всех явлений природы, ведомые ею же самой. Итак, первое требование к естествоиспытателю — бдительность к собственной деятельности, второе — знакомство с фактами, с продуктами деятельности природы. Первое мы в силах себе обеспечить, второе можем иметь в любую минуту. Природа действует открыто и свободно, у ее мастерской нет ни дверей, ни замков, и дней отдыха она тоже не знает, ибо неустанная деятельность — ее натура.

Если же нагромождать гипотезы на гипотезы бесполезно, если подлинную любознательность не насытить никаким «нечто», никаким «может быть», никаким «возможно, что…», «могло бы статься…», то для достижения той цели нам придется держаться одного лишь опыта. Только об руку с ним мы пойдем верным путем; если же мы его покинем и доверимся крыльям своего воображения, то, может быть, и увидим приятные сны, но тем неприятнее будет пробуждение.

Было ли здесь место для этого рассуждения или нет — решать не берусь. Я привел его затем, чтобы заранее оправдаться, если в следующих листах не найдут новой гипотезы о нашем предмете, а лишь опыты и прямые выводы из них, которые именно поэтому, кажется, не нуждаются в дальнейшем доказательстве.

Главное из того, что следует ниже, составило содержание доклада, который я прочел уже в октябре прошлого (1797) года на собрании *Общества естествоиспытателей* здесь, *в Йене*. Я выпустил бы его здесь в том виде, в каком он тогда был, если бы

исправление некоторых допущенных в нем ошибок и новые открытия, прибавившиеся с того времени, не потребовали придать ему совсем иной облик.

Предмет этих листов достоин самого серьезного рассмотрения: его исследование дает результаты, прямо касающиеся блага или беды людей; более того, оно, кажется, даже ведет нас к всеобщему, до сих пор не замеченному *закону природы* великой важности. И неужели я мог бы думать, что вполне ответил этому требованию, что рассмотрел предмет совершенно так, как он того заслуживает? О, конечно нет. Но я хотел сделать все, что мне по силам; быть может, мое стремление к истине не останется вовсе непризнанным. Однако как раз в этом стремлении к совершенству я стал несовершеннее, чем было бы хорошо. Не ошибка ли, что уже в § 1 я, говоря о том, *когда* наступает сокращение и какова его степень, привел не совсем тот результат, какой обычно бывает при первом, обычном грубом опыте, а лишь то, что осталось как результат ч*истого* опыта за вычетом всего, что вызывают обычно вмешивающиеся обстоятельства? То же отчасти можно сказать о рис. 11 в § 8. Нельзя ли было изложить §§ 4–10 систематичнее? Строже вывести содержащиеся в них положения? — Как настоятельно мне приходится просить смотреть на целое скорее как на очень несовершенную *попытку* систематически разработать мой предмет и всюду больше обращать внимание на его содержание, чем на форму, хотя от недостатков формы страдает и содержание. Но зачем же я выпустил в свет эту еще столь несовершенную работу; не было ли моим долгом сначала по возможности ее усовершенствовать? Конечно! Но долгом было и сдержать слово, данное друзьям: исполнить еще к нынешней пасхальной ярмарке их просьбу о кратком обзоре замечательнейших исследований нашего предмета — тех, что

особенно служат обоснованию вывода, сделанного из них в конце этих листов. Это и то, что для этой работы мне было отпущено лишь немного свободных часов, пусть пока заменит всякое извинение, которое и без того станет настоящим лишь через будущее исправление.

Тем не менее смею просить не заключать сразу из первой неудачи того или иного опыта, что дело обстоит не так: я везде старался давать результат таким, каким он выходил при совершенно чисто поставленном опыте. А какое влияние на исход опыта оказывает, например, едва видимый налет влаги на поверхности, где ставят опыт, или на телах цепи, которым следует быть сухими, или волоконце мышечной ткани и тому подобное, которое не в том месте соединяет одно с другим, — это знает всякий экспериментатор. — Лишь сказанное в § 17 о кажущемся повышении раздражимости нерва на основании немногих опытов прошу не считать всеобщим правилом: в нескольких случаях, встретившихся мне потом случайно, успех, по-видимому, нельзя было целиком свести к одной лишь оставшейся возбуждающей влаге, — он, казалось, позволял предполагать действительное изменение, произведенное ею в нервном волокне в отношении состояния его раздражимости. Исследовать это дальше мне до сих пор не позволило время; но и в случае полного подтверждения это не изменило бы приведенного довода, что в подобных опытах на это надо обращать внимание, и еще менее оказало бы какое-либо влияние на главный результат, выведенный в конце этого сочинения, — скорее, было бы ему вполне соразмерно.

Что же касается, наконец, высказываний в §§ 25 и 26, то очень прошу принимать их *лишь* за то, чем они должны быть, и не более, а именно за простые намеки, которые сами по себе ничего не значат, а значат лишь постольку, поскольку могут навести

мыслящего читателя на новые исследования, *а ведь только они* и могут осветить целое ярче. От решения моих читателей и от моего досуга будет зависеть, покажу ли я впоследствии, что кое-что в обоих названных параграфах есть нечто большее, чем простая догадка.

Так как эта небольшая книжка, возможно, попадет и к читателям, недостаточно знакомым с ходом опытов над нашим предметом, то более сведущие простят мне, если найдут в дальнейшем и повторение важнейших результатов из опытов других — насколько это было нужно для моей цели. Однако прошу отнюдь не ожидать полной истории и перечня этих опытов: отчасти это сюда не относится, отчасти же я, за недостатком литературы, был бы к этому неспособен; к тому же это стало почти излишним благодаря «Specimina II de Galvanismo» господина Рейнгольда, которые попали мне в руки лишь в конце моей работы. — По тем же причинам я заранее разъяснил терминологию, которой пользуюсь ниже. Но, как едва ли нужно напоминать, в той мере, в какой она исходит от меня, она может притязать на значение лишь для этих листов, тем более что принятые до сих пор и употребленные даже здесь понятия раздражимости, раздражения, возбуждения и т. д., как я — увы, слишком поздно для этого сочинения — понял, немного поразмыслив, а другие, верно, давно поняли, и без того еще очень несовершенны и допускают значительную переработку и большую определенность. Надеюсь, что смогу дать им ее в другой раз, и тем самым прольется свет и на многое другое.

Под *раздражимостью мышцы* понимается то определенное наличием внутренних и внешних условий состояние мышечного волокна, при котором вызванное в нем посторонними причинами изменение *внутренних* (динамических) отношений, при

достаточной своей величине, сопровождается видимым, быстро наступающим изменением *внешних* пространственных отношений его частей друг к другу, то есть пространственным движением.

Раздражимостью нерва (по отношению к мышечному волокну) я называю состояние нервного волокна, определенное наличием внутренних и внешних условий, при которых изменение его внутренних (динамических) отношений, вызванное посторонним воздействием, хотя обычно и не влечет за собой видимого — но тем самым, понятно, еще не доказано, что вовсе никакого — перемещения его частей относительно друг друга, зато, при еще не нарушенной органической связи с еще раздражимым мышечным волокном, после того как это внутреннее изменение передалось туда, сопровождается в мышечном волокне внезапным и потому видимым изменением пространственных отношений его частей друг к другу.

Чувствительность нерва (сенсорная раздражимость нерва) обозначает определенное наличием внутренних и внешних условий состояние нервного волокна, при котором вызванное посторонними причинами изменение его внутренних (динамических) отношений обычно тоже не обнаруживается снаружи никаким видимым изменением пространственных отношений его частей друг к другу — что, впрочем, не исключает его действительного существования, — но при условии целесообразной и не нарушенной органической связи с сенсорием (средоточием ощущений) передается туда и ощущается.

Раздражением называли то, воспринимаемое нашими чувствами непосредственно или опосредованно, что при известных условиях относится к описанному изменению в

раздражимом нервном или мышечном волокне как причина к действию.

Деятельность, посредством которой это нечто возводится в причину, — ибо лишь через деятельность оно становится причиной, — и которая вызывает названное изменение в раздражимом нервном или мышечном волокне, пусть называется, особенно когда дело идет о сравнении интенсивных величин этих деятельностей между собой, *действием*.

Но само по себе, без повода (изменения его отношений к другому и т. п.), это нечто не может прийти в деятельность или, если оно уже в ней находится, перейти от одной определенной ее степени к другой; короче, эту деятельность нельзя ни определить, ни видоизменить. Поэтому приходится допустить и некое (по крайней мере в этом отношении отличное от первого) нечто, которое пробуждает раздражение к деятельности, вообще полагает деятельность. А отношение одного как определяющей причины чего-то другого — это, как известно, понятие *силы*.

Всю сумму изменений, вызванных этим действием в раздражимом нервном и мышечном волокне, можно было бы назвать *полным, совокупным продуктом действия*, или *раздражения*. Изменение пространственных отношений частей мышечного волокна друг к другу, когда оно становится видимым, называется *сокращением*, если части сближаются по одному или нескольким измерениям, и *набуханием* (тургесценцией), если они по одному или нескольким измерениям удаляются друг от друга. При всяком видимом изменении пространственных отношений частей мышечного волокна друг к другу, вызванном электричеством, гальванизмом и т. п., бывает *то и другое одновременно*. — — Необходимость отличать совокупный продукт действия от сокращения и т. д. явствует уже, и в особенности, из

того, что величина сокращения не может и в действительности не находится в точно прямом отношении к величине действия раздражения: при всякой температуре раздражимости мышечного волокна существует определенная степень действия, ниже которой всякое действие при прочих, совершенно таких же, как прежде, обстоятельствах остается без последствий. Чем выше температура раздражимости органа, тем ниже та степень действия, которая определяет то, что у термометра, применительно к затвердеванию или разжижению воды, называют точкой замерзания. Чем ниже, напротив, температура раздражимости органа, тем выше степень действия, отмечающая эту границу. (Доказательство этого см. в § 22.)

Ряд тел, замыкающийся сам на себя, называют, особенно при постановке физических опытов, *цепью*, а отдельные ее части — ее *звеньями*; поскольку же такую цепь составляют, чтобы исследовать некоторые открытые *Гальвани* и другие связанные с ними явления на раздражимом животном волокне при известных обстоятельствах, она называется *гальванической цепью*, а ее части — *звеньями гальванической цепи*.

Гальваническими опытами называют прежде всего и главным образом такие, где одним лишь замыканием и размыканием цепи, составленной из звеньев определенного качества и в определенном порядке, — звеньев, среди которых в большей или меньшей мере находится нерв или мышца раздражимого органа или то и другое вместе, — вызывается деятельность (действие), относящаяся к возбужденной раздражимости как причина к действию, которую, по-видимому, нельзя было свести ни к одной из известных до сих пор так называемых механических, физических или химических. Их называли *гальваническими опытами с цепью*. — Позже нашли, что при очень высоких

степенях раздражимости органа то необходимое для сокращения изменение внутренних (динамических) отношений мышечного волокна вызывается уже тем, что, после того как нерв раздражимой части приведен в целесообразную связь с крайним звеном более или менее сложного незамкнутого ряда тел определенного качества, эти тела приходят во взаимное соприкосновение, не образуя при этом ряда тел, замыкающегося сам на себя, то есть цепи. Их называли *гальваническими опытами без цепи*.

То, что в этих опытах относится к этому изменению как причина к действию, назвали — не связывая с названием ни ложных понятий (как, например, в слове «металлическое раздражение»), ни понятий отчасти еще недоказанных (как в слове «животное электричество»), — удачнее всего *гальваническим раздражением*. Прием, которым оно приводится в деятельность и направляется на раздражимый орган, до сих пор называли *гальванизированием*. Состояние его деятельности вместе с совокупностью вызванных ею явлений обозначали словом *гальванизм*.

ПЕРВЫЙ ОТДЕЛ

✦

Изложение явлений, наблюдаемых при гальванизме, и вывод законов, которым эти явления следуют

§ 1. Обычный гальванический опыт

Если к одной или нескольким мышцам недавно убитого животного — например, к отделенной от туловища задней конечности лягушки *a*, рис. 1, — или к влажному телу *f*, касающемуся ее в *e*, рис. 2, например к мокрой губке, воде и т. п., приложить кусок серебра *b*, рис. 1, или *g*, рис. 2, далее к нерву *c*, рис. 1, принадлежащему этой конечности и еще не нарушенно, органически с ней связанному, или же, как и прежде, лишь к влажному телу *i*, которое касается этого нерва в *h*, рис. 2, — например, к воде, влажной мышечной ткани и т. п., — где-нибудь приложить кусок цинка *d*, рис. 1, или *k*, рис. 2, а затем привести противоположные точкам касания концы этих кусков металла в непосредственное соприкосновение друг с другом, например в *l* на рис. 1 и 2, то в это мгновение во всех мышцах, по которым разветвляется нерв этой конечности, бывший звеном цепи, возникнут сильные сокращения. Если после соприкосновения крепко прижать куски металла друг к другу, чтобы сотрясение прибора, которое может вызвать судорога лягушачьей лапки, не нарушило их покоя, то окажется, что сокращения не повторяются: органы останутся в покое, сколько бы цепь ни оставалась замкнутой. Лишь когда взаимный контакт металлов прекратится, они, если раздражимость органа стоит еще на довольно высокой

степени, придут в судорогу во второй раз, но более слабую, чем при замыкании цепи. Если изменить порядок кусков металла так, чтобы серебро соединялось с нервом, а цинк с мышцей — непосредственно или через влажные тела, — и поступить, как прежде, то при замыкании заметим более слабое сокращение, а при низкой степени возбудимости органа и вовсе никакого, при размыкании же цепи — более сильное или вообще сильное.

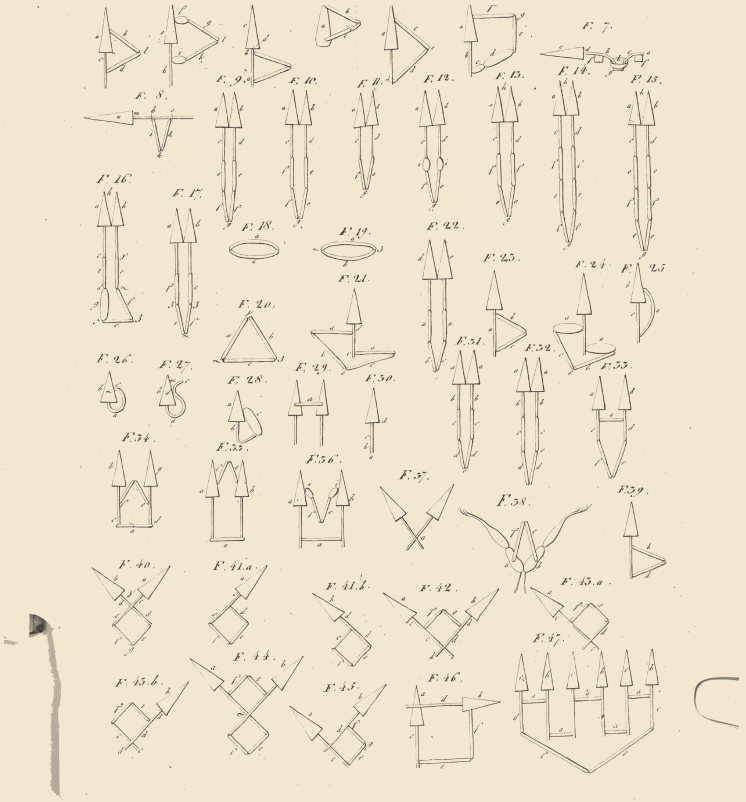


Таблица I. Рис. 1–47. Схемы гальванических цепей: лягушачьи лапки с нервами, обкладки и проводники

§ 2. Проводники и непроводники гальванизма

В предыдущем опыте, который был гальваническим, мы видели гальваническую цепь, и притом *действующую*. Всякое тело, твердое или жидкое, которое прерывает действенность этой или подобной цепи, когда входит между двумя ее звеньями, какими бы они ни были, и тем самым увеличивает цепь на одно звено, называется *недействующим*, *мешающим звеном* гальванической цепи, *изолятором гальванизма*. Примеры: жирное масло, смола, стекло, воздух и т. д. — Напротив, тело, которое, входя между двумя звеньями действующей цепи, обычно способно лишь изменить степень ее действенности, то есть, смотря по обстоятельствам, то повысить ее, то понизить, и лишь в немногих определенных случаях, из-за своего положения относительно прочих звеньев (обстоятельство, которое разъяснится ниже), может совсем ее уничтожить, совершенно прекратить действенность цепи, — тело, которое, стало быть, отнюдь не во всяком случае оказывается изолятором и лишь в немногих случаях кажется им, называется *действующим*, *проводящим звеном* гальванической цепи, *проводником гальванизма*. Примеры: вода, винный спирт, металлы, графит и др.

§ 3. Ближайшее определение проводников и непроводников гальванизма

Все тела, которые до сих пор находили проводящими в гальванической цепи, суть и проводники электричества. Далее: все известные до сих пор изоляторы гальванизма в большей или меньшей мере таковы же и для электричества; исключений нашли до сих пор лишь четыре, а именно: сухие кости, безвоздушное пространство, пламя свечи и горячее стекло,

которые все довольно хорошо проводят электричество, а в гальванической цепи не проводят.

§ 4. Разные способы с успехом подвергать раздражимые органы гальванизму

Прежде чем идти дальше, нужно напомнить, что для того, чтобы гальваническим раздражением вызвать сокращение раздражимых мышц, вовсе не обязательно, чтобы сокращаемая мышца сама находилась в цепи. Довольно и того, чтобы отрезок нерва *ab*, рис. 3, окруженный веществами, которые плохо проводят гальванизм, например воздухом и т. п., и еще не нарушенно, органически связанный с нервом *ad*, который так же органически связан с сокращаемой мышцей *c*, составлял в большей или меньшей мере звено цепи. Так же и, наоборот, чтобы привести в движение гальваническим раздражением мышцу *a*, рис. 4, довольно наложить на одну ее в двух разных местах обкладки *bc* из действующих металлов и т. п. (так ведь называют и прием, которым звено гальванической цепи приводят в постоянное соприкосновение с животной частью, нервом или мышцей, опосредованно или непосредственно) — и замкнуть цепь. Однако наступающие затем сокращения, по-видимому, бывают лишь тогда, когда в мышце есть еще значительная ветвь нерва: до сих пор никакую мышцу не удавалось привести в сокращение гальваническим раздражением, если предварительно удалить из нее по возможности все значительные нервные веточки. Поэтому действенное раздражение мышцы, когда звеном цепи служит она одна, вероятно, скорее следует сводить к опосредованной обкладке ее нерва, как это уже и прежде допускали и как можно сделать весьма вероятным еще и другими

опытами. Здесь можно сделать еще и то замечание, что, следовательно, простыми гальваническими опытами нельзя решить, может ли раздражимость нерва существовать без раздражимости мышцы или эта без той, ибо для раздражимого мышечного волокна нет иного непосредственного реактива, кроме органически связанного с ним раздражимого нервного волокна, а для этого — иного, кроме органически связанного с ним еще раздражимого мышечного волокна.

§ 5. Первое условие для получения действующих гальванических цепей

Вернемся к проводникам (§ 3). Что сами животные органы должны быть проводниками гальванизма, разумеется само собой: иначе мы не знали бы ни об одном гальваническом опыте. — Первое условие для получения действующей гальванической цепи — взаимное соприкосновение разнородных проводников; доказательство этого см. в § 13, где его только и можно было удобно привести. То, что это взаимное соприкосновение разнородных проводников привносит в действенность цепи и что, следовательно, во всяком случае сводится к некоей деятельности, получило название *действия*. Если же действие определяется разнородностью соприкасающихся звеньев цепи — ибо у однородных для него нет причины, — и если мы далее видим, что с различием в качестве этих тел различно по степени и их действие, а разнородностей в гальванической цепи должно быть столько, сколько вообще возможно сочетаний тел, различных по химическому составу, форме, температуре и т. д., то понятно, что эти действия могут иметь очень много степеней, то есть действие может быть то больше, то меньше любого данного, и возможных

различных его величин будет столько, сколько возможно особых разнородностей этих тел. — Но едва ли нужно напоминать, что величину этих разнородностей мы не можем определять по более или менее бросающемуся в глаза различию двух тел, ибо наши обычные понятия о различии основаны лишь на внешних отношениях, а здесь больше решает внутреннее качество, которое лишь в редчайших случаях можно непосредственно и явно заметить. Кто, например, поверил бы, что из двух кусков серебра, совершенно одинаковых и по всем внешним обстоятельствам, и по внутреннему составу, тот, что только что побывал в соприкосновении с куском олова, цинка и т. п., претерпел во внутреннем качестве такие изменения, что его уже нельзя считать вполне однородным с куском серебра, не касавшимся цинка, что это теперь действительно два разнородных тела? — И все же это так, как наглядно доказывает открытое господами *Уэллсом* и *фон Гумбольдтом* так называемое гальванизирование металлов.

§ 6. Обычное деление проводников гальванизма на возбудители и проводники; всякий проводник есть то и другое вместе

Из предыдущего явствует, что в гальванической цепи всюду, где соприкасаются два разнородных вещества, должно возникать действие, но что это действие должно быть весьма различно в зависимости от природы этих тел. До сих пор повсеместно различали два класса веществ, действующих в гальванических опытах. Те проводники гальванизма, которые, соприкасаясь друг с другом в гальванической цепи, особенно способствуют получению действующей цепи, обычно называли *возбудителями*,

в отличие от тех, которые вели себя при этом скорее страдательно и, с каким бы проводником ни соприкасались, вызывали, казалось, лишь малое действие; их обычно называли проводниками (кондукторами). К первому классу еще не так давно причисляли только все металлы, некоторые руды, содержащие металл в чистом, самородном или близком к нему состоянии, растительный уголь, графит, некоторые углесодержащие минералы и встречающуюся в природе в разных видах известь бурого камня. Лишь недавно господин *Вольта* обратил внимание — правда, уже и раньше, но особенно в «Новом физическом журнале» Грена, т. IV, вып. 1, с. 115–126, — на то, что есть еще гораздо больше тел, которые, вступая в соединение с этими, вызывают значительное действие, но находятся не в твердом, как те, а в жидком состоянии. Прежде к этому привыкли только у первых, и действительно очень примечательно, что нет ни одного твердого проводника гальванизма, который не заслуживал бы, в принятом здесь значении слова, имени сильного возбудителя, тогда как есть немало жидких, которые, в каком бы соединении ни находились, обнаруживают малую возбуждающую силу. Это, вероятно, и было причиной того, что раньше не пришли к мысли исследовать в этом отношении многие жидкости и даже не подозревали в них этого свойства. Отчасти случайно, а затем по указанию господина Вольты я тоже поставил об этом опыты. Я нашел, как и нельзя было ожидать иначе, подтверждение тому, что найденный закон — что при соприкосновении известных разнородных проводников в гальванической цепи при известных обстоятельствах возникает действие — справедлив не только для металлов (и т. д.), как можно было бы думать, но для *всех* различных проводников. Впрочем, способностью вызывать при известных обстоятельствах значительное действие особенно

выделялись в опытах Вольты и в моих: *все растворы щелочей*, едких или углекислых; растворы растворимых в воде *земель, свободных от связанного воздуха*; *все кислоты*, не исключая и сверхокисленной соляной; *солевые соединения, возникающие из них со щелочами, землями и металлическими известями*, если они растворимы в воде, и тем больше, чем лучше растворимы; *все серные печени*; *соединения щелочей с землями и металлическими известями*, поскольку они растворимы в воде, например мышьяковая печень; *мыла*; *раствор сахара*; *винный спирт* и содержащие его жидкости; *растворы растворимых в нем тел*; *все растительные экстракты*, также экстракт опия и мускуса; *растворы камеди*; *растительные слизи*; *все слизистые и клейкие жидкости*; *кровь*; *молоко*; *прочие животные части и соки*, например слюна, и так далее. — Все они, хотя и в разной степени, по большей части были отлично пригодны к тому, чтобы возбуждать значительное действие в цепи при подходящем соединении с названными выше твердыми проводниками, и притом отнюдь не только при условии, что опыт ставят с прибором, какой описывает господин *Вольта* в упомянутом месте на с. 121, но и при всякой другой его форме, где ими, смотря по тому, чего они требуют, — например, жидкие наливают в изогнутые стеклянные трубки, более густые кладут слоями на стеклянные пластинки и т. д., — пользуются совершенно так же, как металлами и прочими твердыми проводящими телами.

§ 7. Замечания об искусственном повышении и понижении раздражимости

Кому-нибудь здесь, быть может, придет на ум спросить, не имела ли в столь замечательных опытах господина *фон Гумбольдта* и

других над так называемым *повышением и понижением раздражимости нерва* растворами щелочей, обычной и сверхокисленной соляной кислотой, экстрактом опия и мускуса и т. д. некоторой доли в наблюдавшихся явлениях та особая возбуждающая способность этих тел, о которой нам рассказал предыдущий параграф, — и так оно действительно и есть. Раз уж здесь для этого подходящий случай, я должен посвятить этому предмету особый, несколько длинный параграф и привести несколько примеров, которые побудят тех, кто занимается подобными опытами, внимательнее относиться к этому обстоятельству, если они еще его не знают. Поэтому тех, кто менее знаком с этими опытами, прошу пока пропустить эти замечания и продолжить со следующего параграфа.

Если раздражимость лягушачьей лапки и ее нерва *ab*, рис. 5, только что или уже некоторое время назад упала настолько, что, когда к нерву *b* и к мышце *a* прикладывают в качестве обкладки по куску металла, например цинка *c* и *d*, а затем замыкают цепь в *e*, сокращения больше не следует, то пусть погрузят нерв *a* в какой-нибудь раствор щелочи, в раствор экстракта опия, в обычную или сверхокисленную капельно-жидкую соляную кислоту, в азотную кислоту и т. д., положат затем этот нерв на кусок цинка *d*, а другим куском коснутся лапки *a* и после этого первого цинка *d* в *e*. Тогда у первых названных тел получится сильное сокращение при замыкании цепи и слабое или никакого при ее размыкании, у последних же, напротив, слабое или никакого при замыкании и более сильное при размыкании. При таких обстоятельствах думали, что раздражимость органа повышена. (Ср., например, «Опыты над раздраженным мышечным и нервным волокном» фон Гумбольдта, т. I, с. 24, 37, 47, 64, 66, 68, 143 и сл., 318, 319, 331 и 337.) — Но изменим теперь опыт так:

снабдим подобную лягушачью лапку *a*, рис. 6, которая стоит почти на той же степени раздражимости, что и взятая для предыдущего опыта, обкладками следующим образом. К ее нерву *b* приложим кусок мокрой губки или какое-нибудь другое проводящее влажное, не слишком возбуждающее тело *c*, какой угодно величины. Его приведем в соприкосновение со вторым куском губки, смоченным названными выше телами, раствором щелочи и т. д., или со слоем самой жидкости *d* так, чтобы ничто из нее нигде не могло коснуться нерва *b*. К этому *d* приложим цинковый стержень *e*, второй, *f*, — к лапке *a* и в *g* соединим их между собой. Лапка испытает то же сокращение и при тех же обстоятельствах, что и в предыдущем опыте, рис. 5. — В последнем случае раздражимость явно не могла быть повышена: лишь раздражение было более высокой степени. Этого довольно, чтобы показать, что в опытах, которые по своим результатам становятся столь важными, возбуждающую способность подобных веществ непременно надо принимать во внимание.

Но к этому присоединяется еще одно примечательное обстоятельство, которое тоже надо взвешивать при постановке таких опытов, где нервы, мышцы или те и другие вместе попеременно обрабатывают щелочами и кислотами или другими веществами, чтобы наблюдать вызванные этим явления, а именно: два тела, как только они вступают в химическое соединение, если к нему способны, дают состав, относительная возбуждающая способность которого всякий раз отличается от той, какую имела каждая его составная часть в отдельности. Так, например, свободная от связанного воздуха растительная щелочь, растворенная в воде, и азотная кислота действуют каждая сама по себе по степени совсем иначе, чем эта азотная кислота, нейтрализованная той щелочью, то есть селитра, растворенная в

воде, — с тем же цинком. Химику это может дать повод к интересным наблюдениям.

Все это, однако, еще вовсе не доказывает, что состояние нервного или мышечного волокна от обработки этими телами действительно не претерпевает никакого изменения, которое не исчезало бы вместе с ними, что, например, раздражимость нерва действительно не повышается, действительно не понижается. Факты явно показывают обратное. Положим очень длинно отпрепарированный седалищный нерв *abcd*, рис. 7, лягушачьей лапки *e* на два стеклянных параллелепипеда *f*, *f* так, чтобы средняя часть нерва *bc* свешивалась между ними в маленький сосуд *g*, где находится жидкость *h*, влияние которой на нерв хотят исследовать, и чтобы жидкость со всех сторон омывала этот отрезок нерва. Второй так же отпрепарированный нерв лапки той же жизненной силы поместим подобным же образом в сосуд с водой той же температуры, что и жидкость первого опыта. Оставив оба нерва в этом состоянии на некоторое время, на пять, восемь, десять минут, осторожно вынем их и смоем с первого нерва чистой водой всю приставшую к нему постороннюю жидкость, так чтобы он находился теперь в тех же условиях, что и лежавший в простой воде. Испытаем теперь действие гальванизма на этот отрезок нерва: снабдим его, рис. 8, в пределах *bc*, которые определил постоянный уровень действовавших жидкостей, обкладкой, например из двух металлов, цинка *h* и серебра *i*, и соединим их известным способом в *k*. Более или менее долгое время, которое должно было длиться действие жидкости, чтобы при описанных обстоятельствах совершенно исключить появление подергиваний даже от сильнейшего раздражения, — или, если до этого не доходило, различие в силе действия, которое нужно применить, чтобы получить подергивания, — или же

степень силы подергивания и ее отличие от той, что бывает у нерва, побывавшего в простой воде, — довольно определенно покажут степень вредного воздействия испытанных жидкостей. Таким путем я нашел, что растворы всех щелочей, едких или углекислых, винный спирт, растворенные в воде сернистые щелочи, серная кислота, азотная кислота, соляная и даже сверхокисленная соляная кислота спустя более или менее долгое время делали подвергнутый их действию отрезок нерва совершенно нечувствительным к гальваническому раздражению. — Пока я испытал немногим больше жидкостей, чем названные; но их, конечно, гораздо больше, и эти опыты особенно заслуживают того, чтобы их умножить, в особенности в отношении большей или меньшей быстроты, с какой жидкости действуют на нервы. — Примечательно, однако, что это разрушение раздражимости нерва происходит лишь в той части, которая непосредственно подвергалась действию вредной жидкости, то есть что эти тела угнетают лишь *местно*. Если на рис. 8 поместить серебро *i* ниже *b*, между *m* и *b*, или на саму лапку в *n* и соединить его с *h*, то возникающее довольно сильное сокращение покажет, что часть нерва, лежащая ниже места, которое подвергалось действию угнетающей жидкости, и мышца нисколько не пострадали. Угнетенный отрезок *bc* ведет себя уже не как часть живого нерва, он подобен куску мокрой губки *i* на рис. 2.

Есть еще одно обстоятельство, которое легко могло бы дать повод заключить о повышенной раздражимости там, где ее в действительности нет. А именно: если в предыдущих опытах над (местным) уничтожением раздражимости нерва отрезок нерва *bc*, рис. 8, уже совершенно не подчиняется никакому раздражению и если уже до опыта нельзя было получить сокращений, когда

лягушачья лапка и ее нерв снабжались обкладками, как на рис. 1, так, что и *b*, и *d* были одинаковыми кусками металла, например двумя цинковыми пластинками, то тем не менее потом иногда находят на рис. 8, приложив одну цинковую пластинку к угнетенному отрезку нерва *bc*, а другую к лапке в *n* и поступив многократно названным способом, что сокращения все же появляются, хотя прежде при тех же обстоятельствах их не видели. В таких случаях я не раз находил, что примененная угнетающая жидкость была недостаточно чисто смыта с нерва, а может быть, отчасти и проникла в него и теперь ее нелегко было удалить водой; ибо часто повторенное обмывание и промывание водой действительно в большинстве случаев устраняло упомянутые явления, а в тех немногих случаях, где мне не удавалось сделать этого вполне, я тем не менее не вправе был заключать о повышенной раздражимости нерва. Во-первых, сокращения не появлялось, когда звеном в остальном действующей цепи была одна лишь эта часть нерва *bc*, а во-вторых, при однородных кусках металла сокращения больше не появлялось, если удаленный от мышцы кусок лежал не на части нерва *bc*, подвергавшейся действию жидкости, а между *m* и *b*, куда она проникнуть не могла. Отрезок нерва *bc* играл здесь ту же роль, что *d* на рис. 6, где сокращение тоже не наступает, если кусок цинка *e* приложен не к *d*, а к *c* или *b*.

Примечательно далее и то, что мне до сих пор еще не удалось вернуть восприимчивость к раздражениям отрезку нерва *bc*, рис. 8, который названные выше жидкости совершенно лишили раздражимости и который был по возможности очищен от них водой. Я помещал его с помощью прибора, как на рис. 7, на более или менее долгое время в обычную или сверхокисленную соляную кислоту, если он был угнетен щелочами, серной печенью

или винным спиртом, или в щелочи, серную печень или винный спирт, если его сделали нечувствительным кислотами, в том числе сверхокисленной соляной кислотой, а затем снова совершенно удалял эти вещества водой. Он неизменно оставался нечувствительным, когда его подвергали способом, изображенным на рис. 8, даже сильнейшему гальваническому раздражению. Но и здесь бывали случаи, когда при упомянутых выше обстоятельствах отрезок нерва *bc*, еще не освобожденный от всей приставшей или проникшей в него влаги, снова вел себя так же, как *d* на рис. 6, что, однако, отнюдь не позволяло заключать о восстановленной раздражимости.

Этого немногого будет довольно, чтобы дать понятие о той большой тонкости, с какой надо ставить эти опыты, если они должны дать надежный результат. Немногие неполные опыты уже столькому меня научили, — а сколько я еще мог упустить! Я исследовал лишь действие немногих из этих тел на нерв; — но как ведут они себя по отношению к мышечному волокну? — Здесь получить чистый результат должно быть еще гораздо труднее, так как в этом случае имеешь дело не только с мышечными волокнами, но всякий раз одновременно и с принадлежащими им нервными волокнами. Сравните с этим сказанное выше в конце § 4, и можно будет представить себе возможным случай, когда одно из двух еще более или менее раздражимо, а гальваническими опытами непосредственно нельзя открыть, так ли это — и которое? —

Однако возможность снова восстановить до известной степени пониженную раздражимость нерва или мышцы или обеих вместе некоторые опыты делают более чем вероятной. Сюда особенно относится опыт, о котором господин *фон Гумбольдт* рассказывает в упомянутом сочинении на с. 217, в 7-й строке снизу, и ряд

других, обнародованных им же, например в «Новом физическом журнале» Грена, т. IV, вып. 2, с. 171–179. В этих опытах, несомненно, еще останется очень много в высшей степени замечательного, даже если вычесть из наблюдавшихся явлений то, что, особенно в последних, следует отнести на счет особой возбуждающей способности примененных в опытах жидкостей, которая даже у одной и той же жидкости различна в зависимости от большей или меньшей степени ее концентрации и т. д., — на счет возникновения совершенно новой степени способности к действию, когда при перенесении органов из одной жидкости в другую обе вступают в большее или меньшее химическое соединение, — на счет относительного распределения твердых возбудителей, — на счет сред, в которых ставился опыт, обстоятельства, которое вместе с предыдущим имеет величайшую важность, — на счет действительно уничтожающего раздражимость свойства этих жидкостей, — на счет большей или меньшей продолжительности времени, в течение которого они его оказывали на органы, — и многих других обстоятельств. Это работа, за которую можно будет с уверенностью взяться лишь тогда, когда, конечно, лишь после многих опытов, требующих большого терпения и внимания, удастся с большей надежностью определить, какую долю в возникающих явлениях имеют те и, может быть, еще неизвестные другие обстоятельства при таких и подобных опытах, при тех или иных условиях.

§ 8. Недействующие гальванические цепи без непроводников и превращение их в действующие перестановкой проводников

Мы слышали в § 6, что разнородность двух проводников, которые непосредственно соприкасаются в гальванической цепи, есть первое условие самой возможности действия. Мы перечислили тела, которые, взаимно соприкасаясь в таких цепях при прочих подходящих обстоятельствах, большей частью особенно отличаются тем, что вызывают действие высокой степени. Но бывают случаи гальванических цепей, где это условие выполнено многократно и самым совершенным образом, и тем не менее мы находим, что животные органы, находящиеся в них, как бы раздражимы они ни были, не подают никакого знака присутствия действующей цепи, то есть не претерпевают сокращения. Мы не находим в цепи изолятора в том смысле, какой установлен для него выше в § 2, и все же она совершенно не действует. Пример такой цепи — рис. 9. Здесь *a*, *b* — две нижние конечности очень раздражимой лягушки, которые лежат на сухой стеклянной пластинке и еще органически связаны друг с другом; *c*, *d* — их отпрепарированные седалищные нервы; *e*, *e* — две совершенно однородные сухие цинковые пластинки, на которых лежат концы этих нервов, противоположные мышцам; *f*, *f* — два совершенно сухих кусочка серебра одинакового сплава и размера, каждый из которых касается одной цинковой пластинки с той стороны, что противоположна нерву. Замкнем теперь цепь в *g*, приведя кусочки серебра в соприкосновение друг с другом, — и все спокойно. Точно так же и при размыкании. Результат будет тот же, если рис. 9 превратить в рис. 13, 14 или 15. — Оставим теперь число звеньев прежним, но изменим их взаимный порядок: на рис. 9 уберем

серебро *f* справа и поместим его слева на место кусочка цинка *e*, а этот цинк уберем оттуда и перенесем направо, на место, освободившееся от *f*. Теперь цепь находится в положении рис. 10. Замкнем ее в *g* так, чтобы *f* пришло в соприкосновение с *e*, но не будем тотчас их разъединять, а оставим в соприкосновении, — и покоя больше нет: возникают сокращения, и притом, если органы очень раздражимы, в обеих конечностях, но с тем замечательным различием, что сокращение гораздо сильнее в той конечности, нерв которой лежит на цинковой пластинке *e*, и слабее в противоположной. При менее высокой степени раздражимости последняя останется в покое, и дергаться будет только первая. Теперь разъединим *f* и *e*, удалив друг от друга их внешние концы, — и при точно поставленном опыте *b*, которая прежде дергалась, останется в покое, а прежде покоившаяся *a* одна претерпит сокращения, впрочем, большей частью более слабые, чем при замыкании цепи. Результат будет, кстати, тот же, если, как на рис. 11, нет одного *f* и одного *e*, или если, как на рис. 12, *f* и *e* прикладывают не прямо к нервам, а к однородным проводящим частям, например к мокрой губке, воде и т. п., с которыми нерв соприкасается, и поступают указанным способом.

§ 9. Закон условий, при которых цепь, целиком составленная из разнородных проводников гальванизма, все же не действует

Рассказанный опыт дает нам повод ко многим наблюдениям. — В недействующих цепях рис. 9, 13, 14 и 15 мы скоро замечаем бросающуюся в глаза симметрию их построения. В их круге есть две противолежащие точки *g* и *h*; если провести через них линию, которая касается цепи лишь в двух точках, а именно там, где ее

пересекает, то мы разделим цепь на две половины. Они, может быть, и не вполне равны по величине, но мы найдем в них одинаковое число проводников, различных по видимому качеству, и притом в одной половине они следуют друг за другом точно так же, как в другой, если идти от одной из точек пересечения, *g* или *h*. Силы, противостоящие друг другу с обеих сторон, взаимно равны, они уничтожают друг друга, и в цепи не может возникнуть действие, способное произвести на нервы такое впечатление, которое вызвало бы сокращение в их мышцах даже при высшей возбудимости органа. Все остается в покое. — Иначе обстоит дело в цепях рис. 10, 11 и 12. Здесь мы не можем найти двух точек, которые разделили бы цепь на две половины так, чтобы с обеих сторон было одинаковым не только число различных качеств, но и принадлежащие им тела в их взаимном порядке, если идти от какой-нибудь точки, например от *g*. Следовательно, здесь друг другу противостоят не равные силы. Сумма сил *x* одной стороны будет уничтожена противостоящей ей суммой другой стороны, *x* + *y*, ровно на столько, сколько составляет она сама, то есть на *x*, и останется только остаток *x* + *y* − *x* = *y*. Его величина определяет большую или меньшую степень действия, а с нею — величину впечатления на раздражимый нерв, тем самым — величину ближайшего продукта действия раздражения, соразмерную степени раздражимости органов, а с нею и следующее за этим сокращение.

Поэтому на основании этих опытов мы сможем установить закон, который подтверждается всюду и без исключения (ибо там, где думали найти исключение, оно лишь кажущееся): *во всякой гальванической цепи, в которой можно найти две точки, разрезанная по которым она распадается на две половины, где с обеих сторон друг другу противостоят равные силы*, или, иными

словами, *в которой по обе стороны определяющие причины действий совершенно одинаковы и по порядку, и по степени, не может быть действия какой бы то ни было продолжительности, или вообще никакого действия*.

Но этот закон верен не только для *целых* гальванических цепей: он, по-видимому, приложим и к их *частям*. Вместо многих приведу лишь один пример из опыта. На рис. 16 *e*, *f* и *e* — цинк, серебро, цинк — следует считать за *один* кусок металла, ибо в α и β определяющие причины действий равны по величине, стало быть, уничтожают друг друга, и в расчет идут только определяющие причины в γ и δ. Но видно, что они равны по величине и порядку причинам в *c* и *d*, и всю цепь опять можно разделить двумя точками *g* и *h* на две половины, в которых определяющие причины действий, подлежащие расчету, совершенно одинаковы; следовательно, никакой деятельности возникнуть не может, — цепь, таким образом, не действует. — Не так будет на рис. 17. Здесь мы должны, как и в предыдущем случае, считать *e*, *f*, *e* и *f*, *e*, *f* за *одно e* и *одно f*. Действие, вызванное *e*, *f*, *e*, *f*, будет, стало быть, равно действию, вызванному *одной* парой *e*, *f*, и так как на другой стороне ему не противостоит никакое равное по величине, то налицо избыток силы, а с ним определена и деятельность в цепи. Но мы и в этой цепи не находим двух точек, разрезанная по которым она дала бы две половины, где действия, подлежащие расчету, если идти от одной из точек пересечения, были бы совершенно одинаковы. Неравенство есть, где бы мы ни делили, а следовательно, есть и действие, и это подтверждает наступающее сокращение одной или обеих лягушачьих лапок *a*, *b* (сильнее всего или только в *b*) при замыкании и (смотря по возбудимости, также при) размыкании цепи (сильнее всего или только в *a*) в α или β и т. д.

§ 10. Законы условий, при которых вообще бывают действующие гальванические цепи

Мы видели, что во всякой цепи, где противостоящие друг другу определяющие причины действий были равны, вообще никакое действие не может пробудиться. Следовательно, для действующей цепи требуется, *чтобы противолежащие определяющие причины были неравны, то есть с одной стороны больше, чем с другой*. Спрашивается, сколько же различных по качеству звеньев цепи нужно для этого по меньшей мере, чтобы составить действующую цепь? — Что в цепи из звеньев *одного* качества, например *a*, *a*, рис. 18, нет причины для действия, едва ли нужно упоминать; но это, если понадобится, можно строжайшим образом доказать, как и последующее. В цепи из звеньев *двух* различных качеств, например *a*, *b*, рис. 19, определяющие причины действий хотя и есть, а именно в α и β, но они равны, стало быть, уничтожают друг друга, и опять никакого действия возникнуть не может. (Это вместе с тем наименьшая цепь, в которой можно найти две точки *a* и *b*, разделенная по которым она распадается на две части, равные по порядку и величине определяющих причин; ибо на рис. 18 не дано даже ни одной.) Поэтому мы должны перейти к цепям из *трех* различных по качеству тел. Такова цепь рис. 20. Определяющих причин здесь три, а именно α, β и γ, и так как в каждой из этих точек различие качеств соприкасающихся тел иное, то и определяющие причины, которые им даются, различны по степени. Одна из этих трех непременно должна быть наибольшей; положим, например, α. Можно мыслить себе лишь два возможных случая: либо определяющая причина в α ровно так велика, как обе другие, β и γ, вместе взятые, — либо нет. В первом случае действующей цепи,

очевидно, быть не может, во втором же может. Примеры того и другого находятся в опыте. Относительно первого я нашел общий закон: *три твердых проводника гальванизма* (см. выше § 6) *в совершенно сухом состоянии образуют недействующую цепь, — и вообще во всякой цепи из одних лишь сухих проводников нет действия, как бы мало или как бы велико ни было их число*. Здесь приведу лишь доказательство первой части этого закона. Пусть на рис. 21 *a*, *a* — два цинковых стерженька, приложенные к раздражимому нерву так, чтобы точка соприкосновения с ним одного *a* была несколько удалена от точки соприкосновения другого *a*. (Это необходимо, потому что опыт учит: мышца сокращается тем сильнее, чем длиннее отрезок ее свободно лежащего нерва, входящий звеном в цепь. Поэтому мы и здесь берем в цепь звеном значительный отрезок *de*, чтобы уклониться от возражения, которого в противном случае можно было бы ожидать: будто отрезок нерва, бывший в цепи, был недостаточно велик и потому действие, может быть, и в самом деле существовавшее, не смогло произвести на нерв впечатления, достаточного для сокращения.) Пусть *b* — серебро, а *c* — олово. Выше, в § 9, мы видели, что в гальванической цепи два однородных звена, заключающие между собой разнородное, следует считать за одно, и притом за звено того же разряда качества, что и первые. Следовательно, на рис. 21 цинк *a*, нерв *de*, цинк *a* надо рассматривать как *один* кусок металла, так как определяющие причины в *d* и *e* равны и противоположны и, стало быть, уничтожают друг друга, — и цепь в отношении определяющих причин, подлежащих расчету, совершенно равна цепи, составленной лишь из трех названных твердых проводников. Приведя *b* в соприкосновение с *a* и *c* с *a*, замкнем цепь в *e*, сблизив *b* и *c* с помощью изолирующих тел, например

стекла. Если в *e*, так же как в *f* и *g*, на металлах не было никакой влаги, хотя бы легкого налета от дыхания, то ни малейшего подергивания в мышцах этого нерва заметить не удастся. Результат будет совершенно тот же на рис. 22, где *d* и *e* — две лягушачьи лапки одинаковой раздражимости, а *a* и *a*, следовательно, опять надо считать за одно *a*. Это *a a*, впрочем, не обязательно должно быть цинком: им может быть и любой другой металл или твердый проводник гальванизма. Точно так же *b* и *c* могут быть любыми двумя или несколькими другими твердыми проводниками, например золотом и графитом, свинцом и углем и т. д. В цепи всегда покой.

Изменим теперь цепи рис. 21 и 22 так, чтобы *a*, *a* были уже не двумя однородными твердыми проводниками гальванизма, а двумя однородными жидкими, например водой, или по крайней мере влажными, как мокрая губка, мышечная ткань и т. п.; *b* и *c* же оставим, как прежде, и приведем их в соприкосновение в *e* вышеназванным способом. Смотря по раздражимости и по величине действия в цепи, в органах возникнут более сильные или более слабые содрогания. Они возникнут и в том случае, если *a*, *a* — жидкие тела из тех, что поименно указаны выше в § 6 за их превосходную возбуждающую способность, например растворы щелочей, нейтральных или средних солей, кислоты и т. д. — Проще всего этот род цепи представлен на рис. 23, где *a* — сам влажный раздражимый нерв, а *b* и *c* — два различных твердых проводника.

И точно так же, как два различных твердых тела и одно жидкое или влажное составляют действующую цепь, так составляет ее и одно твердое с двумя различными влажными или жидкими. Пусть на рис. 24 *a*, *a* — два однородных влажных тела, например вода, *b* — скажем, раствор щелочи, *c* — твердый проводник, к примеру

цинк: в мгновение замыкания цепи в *d* лапка сократится. То же произойдет в формулах рис. 22 или 23, если в последней буквы будут значить то же, что на рис. 24.

Но могут ли три различных жидких проводника без примеси твердых составить действующую цепь? — Или жидкие сами по себе способны на это так же мало, как твердые сами по себе? — На эти вопросы я пока не могу ответить с определенностью; но немногие опыты, которые я ради этого поставил и которые далеко еще не умножены настолько, чтобы можно было решить строго, действительно, казалось, говорили скорее в пользу последнего, — и так весьма замечательный закон, *что сухие твердые тела никогда не способны образовать действующую цепь сами по себе, а только смешанные с жидкими*, может быть, скоро удастся распространить на то, что вообще только смесь жидких и твердых тел может дать действующие цепи!

Но есть еще класс тел, которые нельзя с полным правом причислить ни к твердым проводникам гальванизма, ни к жидким; они держат как бы середину между теми и другими или, собственно, и суть смесь твердых и жидких. Я имею в виду *животные части во влажном состоянии*. Остаются ли эти части проводниками гальванизма в совершенно высушенном состоянии, освобожденные от всей влаги, которую можно удалить, например, при 212° по Фаренгейту, я еще не испытывал, а сведения господина *фон Гумбольдта* (см. «Опыты над раздраженным мышечным и нервным волокном», т. I, с. 151–153, 183) высказываются на этот счет не вполне определенно и позволяют пока с уверенностью заключить лишь то, что животные части и в очень мало влажном состоянии все еще довольно хорошие проводники. Как бы то ни было, решено, как мы уже заметили выше в § 6, что эти части в более или менее

влажном состоянии, приходя в соприкосновение с твердыми или другими жидкими гальваническими проводниками, могут образовать действующие цепи. Доказательство этому — цепь рис. 25, где *a* — сухой проводник гальванизма, животная влага или какое-нибудь особенно возбуждающее жидкое тело и где при высокой возбудимости органов наступают сокращения. Три явно разнородных тела здесь — мышца *b*, ее нерв *c* и проводник *a*. Более того, я наблюдал несколько случаев, когда сокращение лягушачьей лапки наступало уже тогда, когда на рис. 26 органически связанный со своей лапкой *b* нерв *a* загибали стеклянной трубочкой назад к ней и приводили в соприкосновение в α его кончик *c* или, как на рис. 27, его поверхность *d*, предварительно чисто обмыв нерв и мышцу чистейшей дистиллированной водой, так что на них не оставалось ни крови, ни чего-либо подобного. (Самые точные проверочные опыты показали, что увиденный результат нельзя приписать механическому раздражению, как можно было бы предположить.) Здесь можно спросить о третьем звене цепи, так как с первого взгляда замечаешь только два — мышцу *b* и нерв *a*. Но его тотчас находишь во влаге, которая окружает оба и от которой их никогда нельзя освободить совершенно. Сокращение мышц наступает в то мгновение, когда влага, находящаяся на *a* на рис. 26 или на *d* на рис. 27, как бы тонок ни был ее слой, сливается воедино с той, что есть на местах соприкосновения α, α. Я даже несколько раз наблюдал, совершенно сходно с результатом гальванического опыта рис. 1, описанного выше в § 1, при размыкании этой цепи, когда слившиеся влаги должны были снова разделиться, так как нерв удаляли от мышцы, второе сокращение, но большей частью более слабое, чем первое. Другими опытами, рассказывать которые здесь было бы слишком долго, доказывается, однако, что

влажная животная часть в соприкосновении с водой и т. п. действительно дает определяющую причину для действия — конечно, далеко не такой значительной величины, как, скажем, цинк и серебро, но все же достаточно большой, чтобы ее нужно было принимать в расчет при оценке опыта. Есть, однако, еще одно тело, которое тоже следует принимать во внимание в этих опытах и чья проводимость может играть при этом немаловажную роль. Но с ним мы познакомимся лишь впоследствии, так же как и с некоторыми разнородностями, о которых мы до сих пор еще не упоминали. — Тем не менее мы уже теперь можем установить закон, *что в цепи из трех различных животных частей или из двух различных и одного жидкого или твердого проводника действительно существует действие и что очень раздражимые органы им действительно действенно раздражаются*.

Разительное подтверждение этому мы находим на рис. 28, где *a* и *b* — мышца и нерв, *c* — кусочек лягушачьей печени, еще или уже не раздражимый кусочек мышечной ткани, мертвый кусочек нерва и т. п. и где сокращение наступает при замыкании и размыкании цепи, если *ab* стоят еще на достаточно высокой степени раздражимости.

§ 11. Согласие найденных законов с законами Вольты и защита их от возражений господина фон Гумбольдта

Законы, найденные в предыдущих параграфах, об условиях, при которых в гальванической цепи может или не может возникнуть действие, вкратце таковы:

1) Во всякой гальванической цепи, в круге которой есть две точки, разделенная по которым она распадается на две половины,

где, если идти от одной из точек деления, определяющие причины действий совершенно одинаковы и по порядку, и по степени, действия не бывает.

2) Лишь в противоположном случае заключена возможность действующих гальванических цепей, и притом для их образования необходимы по меньшей мере три различных по качеству гальванических проводника, из которых хотя бы один должен быть во влажном или жидком состоянии.

Но эти законы не новы, не мы первые их нашли: господин *А. Вольта* открыл их уже больше года назад и подробно обнародовал в «Новом физическом журнале» Грена, т. IV, вып. 1, лишь в выражениях, несколько отличных от приведенных выше. Он полагал, что то, что приводится в деятельность в этих цепях, есть *электричество*, что, стало быть, в действующей гальванической цепи возникает электрический ток, переход которого из состояния покоя в состояние движения или из одной определенной степени движения в другую производит на раздражимые органы впечатление, которое, соразмерно своей (интенсивной и экстенсивной) величине и более высокой или более низкой раздражимости нерва и мышцы, вызывает в последней более сильные или более слабые сокращения. — Здесь не место, да и я слишком мало для этого в силах, исследовать, электричество ли то, что приводится в деятельность в гальванической цепи, или нет, тем более что мы получим важные результаты, даже не имея на этот счет определенного ответа. Заметить мы можем, однако, вот что: до сих пор так же мало опровергнуто, что в основе явлений гальванизма и явлений электричества лежит одно и то же, как, по-видимому, и вполне доказано, — хотя опыт, кажется, говорит скорее в пользу последнего, чем первого. Самый важный довод *против* тождества

основы обоих явлений — бесспорно тот, что выдвинул господин *фон Гумбольдт* в упомянутом сочинении на с. 433–442: сухие кости, разреженное пространство, пламя и горячее стекло, все (вполне ли?) совершенные проводники электричества, изолируют гальванизм. Но разве — не говоря уже о многих доводах *в пользу* этого тождества — уже не различный способ, каким обычно возбуждают гальванизм и электричество, делает вероятным, что, даже если предположить, что в обоих случаях к деятельности пробуждается одно и то же С +, продукт тем не менее, смотря по тому, тем или иным способом обращения он получен, может быть различен по качеству, а значит, и его проведение может в большей или меньшей мере определяться иными качествами тела?

Если бы, впрочем, кто-нибудь задумал объяснить оба явления одним простым веществом, в каком бы виде его ни представлять, и его относительным избытком и недостатком, то очень скоро увидел бы, как трудно объяснить их лишь различием емкости разных тел для этого вещества, определяемым их различным качеством; а допускать сродство к избытку, которое будто бы имело вещество большей емкости и которое нарушало бы равновесие этого *х* при механическом сближении различных тел, кажется противным разуму. Я говорю это по убеждению, из собственного опыта, ибо когда-то я думал, что могу объяснить эти явления подобным допущением, но увидел, что обманулся.

Итак, оставим пока нерешенным, что, собственно, деятельно в гальванической цепи; довольно, если мы знаем, при каких условиях оно деятельно. Поэтому законы этих условий важны, и нам не может быть безразлично, когда мы видим, что законы, найденные господином *Вольтой*, несмотря на все кажущиеся противоречия, тем не менее стоят *твердо*. Усердие господина *фон Гумбольдта* отыскало значительное число случаев, которые

противоречили тому, что и как господин *Вольта* считал возможным вывести из своих законов. Они действительно этому противоречат, но не противоречат самим законам, как только те применяются надлежащим образом. Нужно отыскать причину этого заблуждения.

Господин *Вольта* во всем своем письме к господину *Грену* (в упомянутом месте, с. 107–126) при установлении законов рассматривает два вещества, заметно различные по качеству, как *одно* однородное, а именно мышцу и ее нерв; к такому упущению, вероятно, привело незамеченное перенесение привычного единства животного на его органически связанные части. Но поскольку, как учит опыт, различие в качестве этих двух частей как определяющая причина действия не слишком значительно, а следовательно, и само действие могло быть лишь малой величины в сравнении с действием, которое производят, например, два различных металла; поскольку, далее, при всякой степени возбудимости раздражимой мышцы и ее нерва всегда существует определенная степень действия (= x), ниже которой всякое действие ($x - y$) при прочих совершенно неизменных обстоятельствах не производит видимого движения мышцы, а при обычной возбудимости отделенных животных органов действие, производимое мышцей и ее нервом, меньше, чем это x для данной степени температуры раздражимости, — то неудивительно, что господин *Вольта* не принял в расчет эту разнородность раньше. Ведь она могла вызвать заметные отклонения от обычного опыта лишь при высокой возбудимости органов (например, сразу после отделения частей от органического целого) или вообще лишь при такой ее степени, при которой действие, вызванное нынешней разнородностью мышцы и ее нерва — ибо с изменением возбудимости обоих

меняется по степени и она, — было больше того *x* (то есть = *x* + *y*), которое определяется состоянием температуры раздражимости в данное мгновение. — Может быть, эти опыты большей частью ставились в такое время, когда возбудимость животных не особенно велика, например летом; может быть, и препарирование их совершалось недостаточно быстро, или опыт производили не тотчас после препарирования, — все это обстоятельства, из-за которых редко имеешь дело с еще очень высокой степенью возбудимости; исключения из общего правила, стало быть, должны были быть редки, так что, даже натыкаясь на них порой, можно было без труда приписать их другим вещам, например незамеченной, но потому все же возможной небольшой разнородности одного из кусков металла и т. п., и поначалу их действительно так и приписывали. Лишь когда господин *Вольта* (в упомянутом месте, с. 126) хочет объяснить опыты, удающиеся без твердых сухих проводящих тел, — их прежде поставил *Валли*, а затем, при повторении, первый нашел их верными, — где при высокой возбудимости лягушачья лапка сокращается уже тогда, когда ее загнутым седалищным нервом касаются сухожильной части икроножной мышцы (musculus gastrocnemius), — лишь здесь он, по-видимому, вынужден признать эту разнородность или, если это случилось и раньше, впервые принять ее в расчет. Если он — а теперь он, наверное, уже так и сделал — последовательно будет принимать в расчет эту действительно, явно существующую разнородность во всяком опыте, где мышца и нерв одновременно находятся в цепи, то все гальванические опыты, которые, казалось, шли вразрез с его законами, больше им не противоречат. Значит, на рис. 9, 10, 12–19 в упомянутом месте, табл. II, *g*, если оно означает одну или несколько органически связанных лягушачьих лапок с их нервами, причем то и другое

находится в цепи, надо так же, как на рис. 20, разложить на *t* и *m*, и тогда *как раз по его закону* в цепях рис. 10 и 12 там же, которые господин *Вольта* описывает как отрицательные, а также на рис. 3–8 там же, если принять, что *a* означает лягушачью лапку вместе с ее нервом и оба находятся в цепи, должно быть действие, но в обычном случае оно меньше степени действия, обозначенной у нас выше через *x*. Лишь в том случае, когда возбудимость так велика, что определяемое ею *x* меньше степени действия, имеющейся в этой цепи (= *a*), лишь в этом случае проявится движение мышцы; его же не будет вовсе, если температура возбудимости стоит на такой степени, при которой *x* так же велико или больше, чем имеющаяся в цепи степень действия *a*. Редко бывает *x* меньше *a*, редко, стало быть, и движение мышцы в ответ на это действие; обычно *x* больше *a*, и столь же обычно поэтому сокращение в ответ на *a* не наступает. — В опытах господина *фон Гумбольдта* (в упомянутом сочинении, с. 374) как раз по закону Вольты должно быть действие на рис. 16, 17, 19 и др. (там же); точно так же в формуле *F. P. H. p.*, рис. 1 (которую, собственно, следует записывать как *N. P. H. p. M.*, где *N* означает нерв, а *M* мышцу, коль скоро решено, что N и M надо считать разнородными веществами; это замечание относится ко всем обозначениям цепей в этом сочинении, например на с. 91–98 и в других местах). — Не противоречит названному закону и то, если даже *H* — нерв, во всем подобный по величине и жизненности тому, что органически связан с мышцей. (Господин *фон Гумбольдт*, впрочем, и сам иногда различает N и M, когда, например, в упомянутом сочинении на с. 374, строка 16, говорит: «два разнородных вещества, нерв и мышца».) — Что в случаях рис. 2–6 и других уже есть три разнородных тела, показано выше. — Словом, мы находим, что как раз положительные случаи,

приведенные господином *фон Гумбольдтом* (с. 97) для состояния высокой восприимчивости к раздражению и, казалось бы, говорящие против *Вольты*, — а *я*, будь в том польза, мог бы значительно умножить их другими, — что они лишь все больше подтверждают закон, найденный последним.

Теперь видно, откуда взялись кажущиеся противоречия этому закону. Они противоречили не самому закону, а лишь выводам, которые господа *Вольта* и *фон Гумбольдт* из него делали (см., например, *Вольта* в упомянутом месте, с. 109, и сравни *фон Гумбольдт* в упомянутом сочинении, с. 491) и которые делались отнюдь не с должной строгостью. А то, что они *казались* противоречащими самому закону, происходило оттого, что при описании результата опыта и при рассуждениях о нем принимали во внимание не все обстоятельства, которые следовало принять во внимание.

Теперь мне простят, что я выше заново вывел перед глазами читателя из опытов и изложил эти замечательные законы *Вольты* тем путем, каким частью нашел их еще прошлой весной, прежде чем узнал об открытии господина *Вольты*, которое он, однако, сделал гораздо раньше и полнее меня. Я старался избежать ошибок, которые прежде допускали господа *Вольта* и *фон Гумбольдт*, упуская из виду существующие разнородности, чтобы тем нагляднее доказать справедливость этих законов. Если в таких опытах, где нерв и мышца должны одновременно находиться в цепи, пользоваться способом, примененным на рис. 9 и далее, то есть ставить *две* лягушачьи лапки одинаковой раздражимости, все равно, связаны ли они еще органически или разделены, как на рис. 29, и соединены через проводящее тело *a*, в одинаковые отношения друг к другу и к прочим звеньям цепи, — или же, если имеешь дело не с очень высокой степенью

восприимчивости органов к раздражению, вводить в цепь хотя и одну лягушачью лапку, но не вместе с ее мышцей, а лишь меньший или больший отрезок ее органически связанного с нею нерва, как на рис. 21, — то этих ошибок можно избежать: в последнем случае почти, в первом же полностью. Я говорю «почти», потому что опытами, подробный рассказ о которых был бы здесь слишком пространен и слишком увел бы нас от нашей цели, можно доказать, что на рис. 30 четыре обозначенных места *a*, *b*, *c*, *d*, когда дело доходит до точного рассмотрения явлений гальванизма, отнюдь нельзя считать вполне однородными, а следует считать разнородными более чем в одном отношении; что вообще всякая точка нерва (*a*, *c* или *d*), отличная по месту от данной (например, *b*), более или менее отлична от нее и по остальным качествам. Точно так же доказано, что кусок металла, во всех видимых отношениях совершенно одинаковый с другим, на более или менее долгое время перестает быть таковым, если перед тем его касался другой, отличный от него кусок металла, если его терли другими телами, например рукой, шерстью, шелком и т. п., особенно при доступе влаги, если он теплее или холоднее другого и т. д. Сюда относится открытое господами *Уэллсом* и *фон Гумбольдтом* так называемое гальванизирование металлов и другие замечательные обстоятельства. — Все это надо иметь перед глазами, как только берешься строго проверять гальванические явления по этому закону или закон по ним.

Господин *Вольта*, однако, установил свой закон лишь для замкнутых гальванических цепей, вывел его лишь из опытов, поставленных при этом условии. Но отсюда никак не следовало бы, что раздражимые животные части могут быть действенно раздражены *только* в замкнутых цепях. Разве не может то, что деятельно в замкнутой гальванической цепи при этих

определенных условиях по особым законам, определяемым этими обстоятельствами, при других обстоятельствах быть деятельным иным образом, но все же, при подходящих соотношениях, всегда действительно деятельным? — И разве не может эта деятельность, так же как и первая, при известных обстоятельствах относиться как причина к следствию к изменению, которое происходит в нервном и мышечном волокне и при достаточной величине сопровождается укорочением последнего? — И вообще, служит ли причиной этого изменения лишь тело, приведенное в деятельность, своим качеством, или лишь его деятельность без отношения к качеству ее носителя, или то и другое вместе, или, смотря по обстоятельствам, то одно, то другое в большей или меньшей мере, а то и одно лишь это? — Но не сводится ли в конце концов всякое проявление качества вообще к деятельности при одних и к покою при других обстоятельствах? — Не следует ли поэтому считать ближайшей причиной названного изменения скорее саму деятельность, чем то, что находится в деятельности и о чем мы вообще знаем и можем знать что-либо лишь через его деятельность? — Положим, стало быть, что существовала бы особая электрическая, особая тепловая, особая световая материя, что условия, при которых эти материи находятся в покое или в деятельности, были бы различны, а следовательно, различны и законы для них, — разве не могло бы тогда одно и то же действие, для которого ведь нужна лишь деятельность, производиться многими различными веществами, только с тем различием, что при этих обстоятельствах — одним, при тех — другим, но все они действовали бы лишь своей деятельностью? — Не было бы особенно важно при объяснении гальванических, электрических, магнитных и других явлений больше принимать во внимание так

называемую скрытую теплоту, которая в большей или меньшей мере, по их удельной емкости для нее, присутствует во всех телах, содержащих основание этих явлений, — коль скоро и без того видно, например, как то неизвестное нам до сих пор *x*, которое производит в нас ощущение тепла, в состоянии своей так называемой свободы изменяет по степени действие гальванической цепи, может сделать недействующую цепь действующей; как тело, совершенно изолирующее гальванизм, — лед, — с присоединением тепла становится водой и тем самым проводником, а при дальнейшем соединении с ним, когда эта вода превращается в пар, снова становится непроводником? — — Впрочем, я забыл, что это, собственно, сюда не относится: в другом месте эти и другие подобные обстоятельства дадут нам повод к занимательным рассуждениям. Пока я хотел лишь показать, что из закона, найденного для гальванических опытов с цепью, об условиях, при которых в них бывает действенное действие, никак не может следовать, будто в гальванических опытах *без цепи* никакого действия быть не может; что, следовательно, эти последние, хотя господин *фон Гумбольдт* и думал иначе, ничего не могут сделать для опровержения закона, и без того достаточно твердо обоснованного опытом. Мы не станем задерживаться на изложении тех, впрочем весьма замечательных, впервые открытых господином *фон Гумбольдтом*, но положительных лишь при чрезвычайно высокой степени животной раздражимости случаев *без цепи*; их можно найти в его часто упоминаемом сочинении на с. 42–47, а приведение их против теории господина *Вольты* — там же, с. 373 и далее. — Несомненно, при образовании всякой замкнутой цепи, когда два ее звена приходят в соприкосновение еще до замыкания, в них происходит то же, что и в тех опытах без цепи, только здесь

степень возбудимости находящихся при этом органов обычно недостаточно высока, чтобы видимо на это ответить. И так как изменение, происходящее при этом в той цепи и в этих опытах, станет ли оно видимым или нет, во всяком случае сводится к деятельности, а деятельность нельзя мыслить без определенного направления, то на рис. 31, после того как с обеих сторон произошло одно и то же, при последующем замыкании в *e* — если только с обеих сторон качество и количество звеньев цепи *d*, *d*, *c*, *c*, *a*, *a*, *b*, *b* и их взаимный порядок на каждой стороне совершенно одинаковы, если, следовательно, деятельности по своему направлению и величине в точности противостоят друг другу и, стало быть, нет причины для действия, — никакого действия и последовать не может; и я, и другие действительно до сих пор при этих обстоятельствах, когда все было точно взвешено, еще ни разу не видели, чтобы оно последовало. Не так определенно можно было бы утверждать для рис. 32, что здесь не возникает действия, способного при очень высокой степени возбудимости нерва или мышцы, находящихся в цепи, или обоих вызвать сокращение последней, хотя я до сих пор при таких обстоятельствах еще не видел, чтобы оно наступило. Но отсюда, как легко поймет всякий, кто вспомнит сказанное выше в четвертом абзаце этого параграфа, никак не следует, что действия действительно не было, а следует лишь то, что если оно было, то должно было быть меньше *x*, определенного в названном месте, — как и в другом месте окажется, насколько вероятно, что действие, наступающее при этих обстоятельствах, в известном отношении должно быть особым по своей природе, отличным от действия, возникающего, например, на рис. 10–12.

Впрочем, эти законы одинаково справедливы для опытов как с холоднокровными, так и с теплокровными животными.

§ 12. Наблюдение о направлении действия в гальванической цепи и о замечательной зависимости его от химического качества проводников

Обратим теперь внимание на другое замечательное обстоятельство, которое открывается при наблюдении явлений в опытах рис. 10, 11, 12 и 17 из § 8. — Мы заметили, что, пока органы стояли еще на очень высокой степени возбудимости, на какой они бывают, например, вскоре после препарирования животного, сокращения выступали в обеих конечностях почти одинаковой силы. Если же препарированные органы пролежали час или дольше или уже некоторое время подвергались опытам и от этого стали менее раздражимы, то при замыкании цепи в g мы очень ясно видели, что обе конечности, даже если прежде их подвергали одинаково сильным раздражениям, уже не сокращались с одинаковой силой. Одна из них, и притом, что весьма замечательно, та, чей нерв был обложен цинком прямо или через посредника, приходила в судороги при замыкании большей частью сильнее другой, а если раздражимость убыла еще больше, то и совсем одна; противоположная же, обложенная серебром прямо или через посредника, приходила в судороги при размыкании цепи — либо сильнее первой, либо совсем одна. Так бывало, лишь бы мы остерегались, чтобы замыкание и размыкание совершались не дрожащей рукой и не на шатком приборе, когда замыкание и размыкание выходят не чистыми, а сопровождаются несколькими следующими друг за другом, чередующимися замыканиями и размыканиями, которые влекут за собой столь же смешанные явления в органах. Если раздражимость падала еще ниже, то первая конечность дергалась уже только при замыкании, а при размыкании цепи — нет.

(Неодинаковая возбудимость обеих конечностей, находящихся в опыте, может, смотря по тому, насколько велика эта разница, иногда давать повод к соответствующим ей отклонениям, которым, впрочем, подвергаешься не слишком часто. Указывать способы измерять раздражимость органа здесь не место.) Повторим коротко: мы весьма разительно видим, как на конечность, обложенную цинком, при замыкании цепи производится впечатление, более действенное для движения мышцы, чем на противоположную, а при размыкании, напротив, на эту последнюю, обложенную серебром, — более сильное, чем на первую. Тем самым получает подтверждение догадка, которая, вероятно, уже прежде напрашивалась у нас при этих и других опытах: если деятельность, возникающая в гальванической цепи, целиком или отчасти уничтожается противоположной ей, равной или неравной, как учили опыты рис. 9, 13–17, 21, 22 и другие, то она должна иметь определенное направление. Вообще при некотором размышлении легко найти, что если бы в каждой точке соприкосновения двух разнородных тел в гальванической цепи пробуждалась сила, действующая в обе стороны одинаково, то мы не знали бы ни об одном гальваническом опыте; следовательно, должно иметь место противоположное. Но мы еще не знаем, сильнее ли — в отношении движения мышцы — поражает нерв действие определенной степени в гальванической цепи, когда оно встречает его в том же направлении, в каком он идет в мышцу, или когда встречает его в противоположном. Даже обычное мнение, будто в живом теле при произвольном движении впечатление, действенно раздражающее нерв, по направлению своей деятельности исходит от сенсория, а значит, идет в направлении, совпадающем с ходом нерва, до сих пор доказано не настолько, чтобы мы могли воспользоваться им по аналогии и

сделать отсюда вероятным, что деятельность в гальванических опытах живее действует на нерв, когда встречает его в направлении, совпадающем с ходом нерва к мышце. Ведь столь же хорошо можно мыслить и так: при произвольном движении мышцы деятельность духа понижает до *низшей* степени деятельность в концах двигательного нерва, находящихся в сенсории, — деятельность, которая прежде стояла на известной степени и равномерно длилась без влияния воли (если только это впоследствии удастся доказать); и от этого деятельность в остальных частях нерва, даже в его противоположных крайних концах (а с нею и деятельность в мышцах, органически связанных с этими концами), побуждается внезапно прийти в равновесие с деятельностью, находящейся в сенсории, а значит, в направлении, противоположном ходу нерва. Я говорю, что это можно мыслить так же хорошо, как и обратный случай, когда *повышение* деятельности в концах двигательных нервов, находящихся в сенсории, вызвало бы приход в равновесие в направлении, совпадающем с ходом нерва. Ибо у нас до сих пор нет ни одного факта, который вполне решительно говорил бы за одно, исключая другое. Даже прерывание распространения через давление, перевязку, перерезку, химическое разрушение и т. д. нерва можно одинаково хорошо объяснить и тем, и другим способом, потому что оно не делает ничего иного, как только уничтожает условие, необходимое для распространения той деятельности, что непосредственно касается мышечного волокна, — а именно ненарушенную органическую связь сенсория с мышцей, которую надо привести в движение, посредством ее нерва, связь, состоящую в особом строении нерва и в известном, совершенно необходимом для отправления нерва взаимном расположении его однородных и разнородных частей. (И в этом как раз тот

замечательный результат, который можно извлечь из тех опытов и который при построении теорий гальванизма до сих пор почти совершенно оставляли без внимания — именно поэтому к большому их ущербу: от этой деятельности вполне следует отличать ту, что имеет место в гальванической цепи и лишь возбуждает первую; эта последняя необходимо не связана ни с каким органическим строением и т. д. проводника, и в противоположность первой ее можно было бы назвать низшей, а ту — высшей.) Уничтожает же оно это условие так: при умеренной, а затем снова снятой перевязке — лишь на время, ограниченное продолжительностью перевязки, целиком или в большей или меньшей мере; при перерезке же — на столь долгое время, пока организация, которая одна способна это сделать, если ей дана к тому возможность, вновь вполне не восстановит этот разрыв, — и совершенно. Более того, столь же мыслимо, что, смотря по обстоятельствам, распространение идет то в одном, то в другом направлении — смотря по тому, нужно ли деятельность, стоящую на средней степени, например в умеренно сокращенной мышце, которая должна перейти в большее или меньшее состояние сокращения, то повысить, то понизить. Едва ли нужно напоминать, что здесь имеется в виду лишь распространение деятельности, приходящей в равновесие, в направлении, которое определяется избытком, а не распространение самого прихода в равновесие. Его вполне следует отличать от первого: о нем, конечно, весьма вероятно, а в последнем из двух случаев почти достоверно, что как при произвольном движении мышцы (если при нем вообще вправе думать о таком распространении), так и при другом движении, вызванном раздражением, приложенным к нерву вне его мышцы, отделенной от органического целого, оно

идет от раздраженного места к мышце в направлении, совпадающем с ходом нерва в мышцу.

Этого краткого рассмотрения будет достаточно, чтобы показать, что явления, рассказанные в начале этого параграфа, и другие, рассказанные в § 1, еще не позволяют нам с надежностью решить что-либо о направлении деятельности — откуда она идет и куда. Было бы, стало быть, еще преждевременно, если бы мы захотели сказать, например, что деятельность идет от серебра к цинку, а затем в нерв: ведь тогда мы предполагали бы, что нерв раздражается действеннее, когда действие встречает его в том же направлении, в каком он идет в мышцу, чем в обратном случае, а этого мы еще доказать не можем. Поэтому мы пока должны остановиться на чистом факте, пока не получим иным путем более точного знания об этом предмете, и знаем мы лишь то, что, например, на рис. 11 и 12 при замыкании цепи нерв, обложенный цинком прямо или через посредника, раздражается действеннее противоположного. Но и это уже для нас весьма замечательно. — Уже доктор *Пфафф* (см. «О животном электричестве и раздражимости», 1795, с. 28, 101), а затем и доктор *Михаэлис* (см. «Новый физический журнал» Грена, т. IV, с. 10 и далее) сделали подобные наблюдения, однако оба не стали прослеживать их дальше. Еще не зная о них, я иным путем нашел то же самое и уже расширил это несколькими опытами. Явления, полученные в немногих опытах, которые я до сих пор поставил по этому предмету, можно свести к следующим результатам. Если *f* на рис. 11 или 12 был бурым камнем (марганцевой рудой) в том или ином виде, а *e*, напротив, графитом, или одной из руд, проводящих гальванизм, или углем, или каким-нибудь металлом, то при замыкании цепи всякий раз сильнее всего или одна дергалась лапка *b*, противоположная той, что обложена бурым камнем, а при

размыкании — *a*. Если *f* был графитом, а *e* — проводящей рудой, углем или металлом, то лапки дергались в том же порядке. Если на месте *f* лежала руда, а на месте *e* — уголь или какой-нибудь металл, порядок был тоже тот же. Если *f* был углем, а *e* — каким бы то ни было из металлов, то последовательность сокращений опять была прежней. Если *f* и *e* были двумя различными металлами (при совершенно одинаковых, как известно, ничего не происходит), то при замыкании цепи всякий раз сильнее всего или одна сокращалась конечность, обложенная тем из двух металлов, который ближе сродни кислороду. (Одно лишь железо, которое и в других отношениях имеет свои особенности, и здесь составило кажущееся исключение: в этих опытах оно стало не сразу за цинком, как должно было бы стать по ряду, найденному опытами над осаждением одного металла из кислот другим, находящимся в металлическом состоянии, — по ряду в «Руководстве ко всей химии» Грена, ч. IV, с. 162. Этот ряд, правда, должен указывать чистую степень сродства металла к кислороду весьма неопределенно, так как здесь одновременно вмешиваются различное сродство каждого металла, или, вернее, его извести, и другие обстоятельства; но в остальном он идет довольно согласно с рядом, найденным гальваническими опытами и, может быть, указывающим *чистую* степень сродства к кислороду. Железо же стало между свинцом и медью. Впрочем, я не стану указывать здесь определеннее последовательность отдельных членов в ряду твердых тел и довольствуюсь тем, что вообще обращаю внимание на замечательное совпадение этого порядка с тем, в каком эти тела стоят по своему отношению к кислороду. Это побудит тех, кто желает более определенных сведений, к собственным опытам; они смогут испытать тела, которые я либо вовсе не мог достать, либо не мог достать в совершенно чистом виде, и так, не говоря

уже об удовольствии, какое им доставит это самостоятельное открытие, незаметно значительно обогатится запас опытов по нашему предмету. Сказанное пусть относится и к тому, что последует ниже и определено лишь в общем виде.) Если *f* была жидкость, уже насыщенная кислородом, например одна из обыкновенных кислот, сверхокисленная соляная кислота, раствор мышьяковой извести и т. д., а *e* — любой из названных выше твердых проводников, то первое сокращение было постоянно на стороне последнего, то есть на стороне тела, еще не соединенного с кислородом, а лишь имеющего к нему сродство. Тела, еще не соединенные с кислородом, или такие жидкости, которые содержали в растворе окисляемые (не окисленные) составные части, например все едкие (лишенные воздуха) или углекислые щелочи, серные печени и другие тела, если они были на одной стороне, *f*, а на другой было одно из названных твердых тел, всякий раз давали первое сокращение на стороне последнего. Итак, коротко повторяя: если одно из двух тел *f* и *e* на рис. 11 или 12 было *насыщено кислородом*, а другое было твердым и *еще не соединенным с ним*, — впрочем, не исключая и известь бурого камня в кристаллическом состоянии, — то сокращение при замыкании цепи было на стороне *последнего*; если же проводящая жидкость была *еще не окисленной*, то есть *содержала в растворе составные части*, имеющие сродство к кислороду или к содержащим его веществам, то первое сокращение было на стороне *этой жидкости*, а не, как прежде, на стороне твердого проводника; если *оба* были *твердыми проводниками* гальванизма, то при двух различных *металлах* первое сокращение было на стороне металла, *ближе всего сродного кислороду*, а при *металлах и прочих телах* или между *одними этими последними* — на *указанной выше* стороне. Ибо здесь нельзя так хорошо определить

это сродством к кислороду, поскольку другие опыты пока не позволяют этого так, как у металлов; хотя возможно, что и здесь этим указывается чистое сродство, которого мы до сих пор из других опытов еще не знали, — и это становится тем вероятнее, когда видишь, что бурый камень, вполне насыщенный кислородом, становится в этом ряду на самый верх, именно как то тело, которое среди всех этих твердых проводников имеет наименьшее сродство к кислороду. Я никогда не видел, чтобы, когда он на рис. 11 или 12 был звеном цепи в соединении с каким-нибудь другим твердым проводником гальванизма, без участия других возбуждающих жидкостей, сокращение при замыкании было на его стороне: всегда оно было на противоположной. Это удивительное поведение должно заново обратить внимание химика на это замечательное тело. Ведь едва ли верится, что если совершенно чистая известь бурого камня (чистое соединение основания бурого камня с кислородом) есть, подобно прочим металлическим известям в твердом состоянии, изолирующее тело (что до сих пор еще не решено), то этот совершенный изолятор от примеси малой доли угля или графита (см. *фон Гумбольдт*, в упомянутом сочинении, с. 124, 125) превращался бы в тело, которое по действенности настолько превосходит оба эти вещества, взятые порознь! Как замечательно было бы, если бы однажды нашли — а это более чем вероятно, — что металл бурого камня становится как раз на противоположное крайнее место того ряда, куда относилось бы вещество, наиболее сродное кислороду среди всех твердых гальванических проводников! Чрезвычайно легкая способность этого металла обращаться в известь на воздухе, из-за которой, чтобы предотвратить это, его приходится хранить в винном спирте или в масле, и значительное, свыше 30 процентов, приращение его веса при обращении в

известь в огне придают этой догадке немалый вес. — Вообще из столь чрезвычайно замечательного отношения между действенностью гальванических проводников и их химическими свойствами — отношения, которое можно будет распространить еще гораздо дальше, когда исследуют с этой стороны все тела, проводящие это влияние, и подведут результаты под общие выражения, — видно, каким важным реактивом станут с этих пор и вообще на все будущее животные органы, прежде всего для химика, но также для минералога и мастера, — не говоря уже о том, какое влияние это должно когда-нибудь оказать на построение теории этих явлений, с которой, впрочем, если она окажется подлинно верной, будет дано, несомненно, больше, чем теория одних только этих явлений. Хотя прежде, чем это средство можно будет ввести во всеобщее употребление, понадобятся еще пространные, но, несомненно, и весьма поучительные исследования, а после них каждому, кто захочет им пользоваться, — значительный навык и точность в этих опытах.

Далее, результат в отношении места сокращений будет совершенно тот же, если обе конечности не связаны еще органически, как на рис. 11 и следующих, а разделены, как на рис. 29, и соединены лишь проводником *a*, твердым или жидким, — даже если, как на рис. 33, этот проводник соединяет не мышцы, а нервы обеих частей, — лишь бы цепь с испытуемыми телами замыкалась *выше* этого проводника.

Но сокращения последуют в совершенно обратном порядке, если у двух разделенных нижних конечностей лягушки нервы хотя тоже соединены — либо наложением друг на друга, как в *a* на рис. 37, либо проводником *a*, как на рис. 34, — но оба испытуемых тела *f* и *e* подведены *ниже* проводящего соединения, к нервам или к мышцам, прямо или одинаковым образом через посредника, как

на рис. 37, и поступают известным способом. Здесь, если *f* и *e* на рис. 34–36 везде имеют то же значение, что *f* и *e* в формулах рис. 11 и 12, использованных в начале этого параграфа, первое сокращение будет уже не в конечности, обложенной прямо или через посредника *e*, а в обложенной *f*, а второе (при размыкании) — в противоположной, обложенной *e*, которая прежде была первой. Уже на рис. 38, где *a* и *b* еще органически связаны, а *f* и *e* — равные по величине, шириной примерно в линию, но в остальном разнородные проводники, и притом указанного выше назначения, то есть, например, из двух металлов *f* — наименее сродный кислороду, как серебро, а *e* — наиболее сродный ему из двух, как цинк, — при соприкосновении *f* и *e* в *g* и при прочих одинаковых с обеих сторон обстоятельствах обычно сильнее всего или одни сокращаются мышцы, обложенные *f*, а не обложенные *e*. — Можно было бы, пожалуй, — так сначала было и со мной, — по опытам рис. 35–38 подумать, что раздражимость мышцы в отношении раздражителей, которые нужны, чтобы ее возбудить, отлична от раздражимости нервов, или, другими словами, что то, что действенно раздражает мышцу через нерв, раздражает ее не так действенно, когда действует на мышцу непосредственно, и, далее, что гальваническое воздействие, которое через нерв раздражает мышцу лишь слабо, действует на нее сильнее, когда встречает мышцу непосредственно; — но опыт рис. 34, где в цепи находятся не сами мышцы, а одни их нервы и где результат все же тот же, тотчас опровергает это мнение. Сразу видно: если — а иначе и быть не может — на рис. 11, 12 и 33 деятельность, возбужденная в цепи, встречает тамошние нервы *c*, *d* в определенном направлении (и, стало быть, *d* — в обратном по отношению к *c*), хотя мы еще не можем решить, в каком именно, то на рис. 34–38 направление совершенно противоположное; и, следовательно,

если результат в прежнем случае был определенным, как он и был, то в этом он должен быть обратным прежнему, и для этого не требуется особой раздражимости мышцы. Чтобы еще больше упростить выражение результата, сравним с этим явления, замеченные уже выше в § 1 на рис. 1 и 2. Если там *d* и *k* были цинком, а *b* и *g* — серебром, то при замыкании цепи сокращение лапки *a* или *c* было гораздо живее, чем когда *d* и *k* были серебром, а *b* и *g* — цинком. А вообще на рис. 1 сокращение при замыкании цепи бывает сильнее всего или, при пониженной раздражимости, наступает вообще лишь тогда, когда *d* из двух разнородных проводников был тем, на чьей стороне в формуле рис. 11 при замыкании цепи наступало самое живое сокращение, а второй проводник служил обкладкой другому месту. Следовательно, на рис. 1 *a* сокращалась при установлении цепи гораздо сильнее (или, при пониженной раздражимости, вообще лишь при этом условии), когда *d* было равно *e* на рис. 11 в значении, данном во втором абзаце этого параграфа, а *b* — равно *f*, чем когда *b* было равно *e*, а *d* — равно *f*; при размыкании же цепи более сильное сокращение наступало в последнем случае. Точно то же наступало при этих обстоятельствах на рис. 39, где звеном цепи служит не вместе и мышца, а один нерв и где *b* и *d* имеют то же значение, какое здесь принято для *b* и *d* на рис. 1. — Что на рис. 1 и 39 видишь поочередно, в следующих друг за другом мгновениях замыкания и размыкания цепи, то на рис. 11, 12, 33 и 34–37 имеешь одновременно. На рис. 11, например, разнородность *g*, которая дает самую большую определяющую причину и доставляет ту долю силы, нужную для действительной деятельности в цепи, что остается после вычета прочих определяющих причин цепи, подлежащих расчету, стоит — если перенести установленное выше значение *f* и *e* на *b* и *d* рис. 1 — к

одной лягушачьей лапке *b* на рис. 11 и ее нерву *d* в том же отношении, что *l* на рис. 1 к *ac*, к лапке же *a* на рис. 11 и ее нерву *c* — в обратном. Происходит это оттого, что на этом последнем рисунке *f* соединено с лапкой *b*, а *e* с лапкой *a* не непосредственно, а через подводящий проводник, который, однако, сам есть орган, препарированный совершенно так же, как первый, и для которого теперь, в свою очередь, первый становится подводящим проводником, — короче, так, что органы взаимно служат друг другу проводниками. Тем самым одновременно определяющие причины α и β, возникающие на рис. 11 от соприкосновения нерва и мышцы, и подобные им в других формулах взаимно уничтожаются по своему равенству, и рис. 11 (а таким же образом рис. 10, 12 и 33) переходит в формулу рис. 40, по силе своей тогда совершенно ему равную, где обе конечности соединены уже не мышцами и не посторонним проводником, как на рис. 29, а тем, что их нервы перекрещиваются друг на друге в γ. Сказанное станет еще яснее, если разложить рис. 40 на две формулы, рис. 41 *a* и 41 *b*, из которых его следует представлять себе составленным. По тем же причинам рис. 34–36 сводятся к рис. 42, который также можно разложить на его составные части, рис. 43 *a* и 43 *b*. И так как, как мы видели уже выше в § 1 на рис. 1 и 2, для результата совершенно все равно, касаются ли оба возбудителя нерва или нерва и мышцы непосредственно или один либо оба соединены с ними посредством проводников слабой возбуждающей способности, как через *f* и *i* на рис. 2, — а им совершенно подобны *d* и *c* на рис. 41 *a* и 41 *b*, а также на рис. 43 *a* и 43 *b*, поскольку их следует рассматривать как звенья цепи, проводящие ее деятельность, без учета их особого свойства воспринимать раздражение и при непрерывной органической связи передавать его воздействие дальше к мышце, — то видно, как в лапке *b* на

рис. 34 или в лапке *a* на рис. 35, 36 и 42 при замыкании цепи должно происходить обратное тому, что в лапке *a* на рис. 10–12, 33 и 40, и точно так же при размыкании; и как тем не менее на рис. 44 при замыкании одной из двух цепей одна и та же лапка должна дергаться сильнее всего или одна, подводить ли *f* и *e* выше или ниже α, лишь бы в обоих случаях *f* и *e* оставались на одной стороне; — и все это опыт подтверждает самым совершенным образом. Но в отдельное мгновение замыкания и размыкания цепи обе лапки — при условии, что они стоят на одинаковых степенях раздражимости, а отрезки нервов, находящиеся в цепи, одинаковой толщины и длины, — уже не будут сокращаться с неодинаковой силой или, при меньшей возбудимости, лишь одна из них, если подвергнуть их раздражению так, как показывает рис. 45. Видно, что деятельность цепи встречает оба нерва, по отношению к их расположению относительно своих мышц, в одном и том же направлении, каким бы оно ни было, тогда как в опытах рис. 10–12, 33–36, 40, 42 и 44 до сих пор этого не было: там один нерв постоянно подвергался деятельности в направлении, противоположном направлению для другого. Итак, если на рис. 45 *e* имеет то же значение, что *e* на рис. 11, и точно так же *f*, то есть если *e*, например, цинк, а *f* серебро, то при замыкании в *g* обе лапки *a* и *b* при только что предположенных обстоятельствах будут сокращаться одинаково бурно и сильно, а при размыкании цепи, напротив, обе одинаково слабо или вовсе нет; — результат тот же на рис. 46. Если положить теперь *f* на место *e*, а *e* на место *f*, то отношения обоих органов к деятельности цепи опять будут равны, но обратны прежним: ведь разнородность *g* по своей величине определяет наибольшее действие, следовательно, доставляет долю силы, нужную для деятельности цепи, а значит, определяет и направление деятельности в обоих случаях.

Следовательно, то, что прежде, когда *e* лежало еще у *c*, а *f* у *d*, происходило в них в мгновение размыкания, теперь будет происходить при замыкании, а то, что прежде случалось при замыкании, — теперь в мгновение размыкания; то есть более слабое сокращение или никакого будет теперь в обеих лапках при замыкании, а более сильное или вообще сильное, и опять в обеих, — при размыкании цепи. — Это неодинаковое действие гальванического раздражения, смотря по тому, встречает ли оно нерв в направлении, совпадающем с его ходом в мышцу, или в обратном, весьма разительно и занимательно для зрителя проявляется, между прочим, на рис. 47. Здесь *c*, *b*, *c*, *b*, *c*, *b* — шесть отделенных друг от друга лягушачьих лапок средней, но у всех одинаковой степени возбудимости, а *a*, *a*, *a*, *a*, *a* — однородные проводники, например цинковые палочки, мокрые кусочки губки и т. п., которые соединяют нервы друг с другом так, чтобы все отрезки нервов, находящиеся в цепи, были одинаковой длины; кроме этих соединений, не должно быть никакого подведения через влагу, которая могла бы оказаться между лапками или нервами, — все должно быть сухо. К двум крайним нервам *d* и *c* подводят два различных возбудителя, например цинк *e* и серебро *f*. Когда замыкают в *g*, сильнее всего или одни дергаются лапки *b*, *b*, *b*, слабее или вовсе нет — *c*, *c*, *c*; при размыкании цепи сильнее всего или одни дергаются те, что прежде дергались слабо или вовсе нет, а именно *c*, *c*, *c*, а те, что прежде дергались сильнее всего, теперь дергаются лишь слабо или остаются в покое. Положите *e* на место *f*, а *f* на место *e* — и все обратится. Проводники *a*, *a*, *a*, ближайшие к мышцам, можно положить и на сами лапки, и результат, понятно, будет тот же. Если же увидят, что при одинаковой возбудимости всех лягушачьих лапок этого опыта средние из тех, что в одном из этих актов сокращаются в

одинаковой степени, оказываются ничуть не слабее и не сильнее крайних, а крайние — друг друга, то это может вместе с тем служить доказательством, что от деятельности, начинающейся в гальванической цепи, ничего не теряется, хотя бы она уже вызвала несколько сокращений, и что она действует с той же энергией, когда уже прошла через несколько органов, которые действенно раздражала, как и тогда, когда этого не было, — обстоятельство, которое впоследствии станет важным и, может быть, будет доказано еще строже, потому что из него можно будет вывести важные следствия.

Можно, далее, составлять цепи, в которых одним замыканием замыкаются сразу две цепи. Такова цепь рис. 48. Если *f* и *e* сохраняют однажды принятое для них значение, то при замыкании соприкосновением *f* и *e* в α обе лапки будут сокращаться сильно, при размыкании обе слабо или вовсе нет; на рис. 49, напротив, при замыкании обе лапки будут сокращаться слабо или вовсе нет, а при размыкании — сильно. Сложнее случай рис. 50. Если здесь замкнуть в α, то *b*, *b* будут дергаться сильно, *c*, *c* слабо или вовсе нет, а при размыкании *c*, *c* — сильно, *b*, *b* — слабо или вовсе нет. Но часто можно одним замыканием установить и больше двух действующих цепей; такой случай — рис. 51, где замыкаются сразу четыре действующие цепи. Эти опыты можно видоизменять самым разнообразным и занимательным образом, и при этом очень часто есть причина удивляться их великой правильности; но мы сейчас не будем дольше на них задерживаться, так как нам предстоит рассмотреть еще другие замечательные обстоятельства.

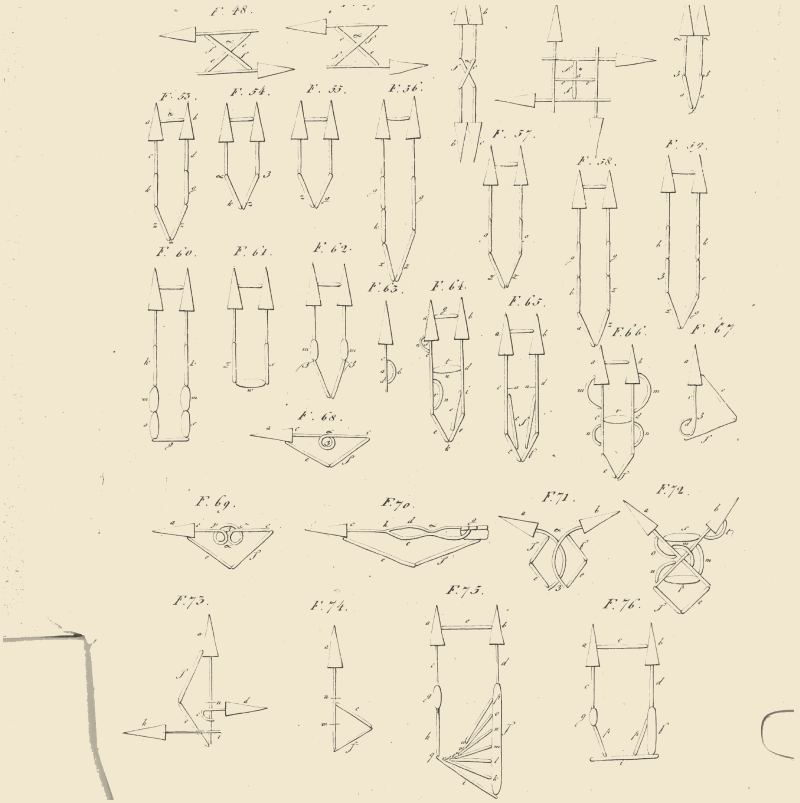


Таблица II. Рис. 48–76. Схемы гальванических цепей

§ 13. Наблюдение о величине действий и их измерение. Общее выражение для величины подлинного действия в гальванической цепи и для его направления

Мы слышали выше, что лишь соприкосновением разнородных проводников в гальванической цепи дается условие для действия вообще. Здесь место доказать это доводами с помощью рис. 52. Мы знаем из § 9, что определяющие причины равной величины, если в гальванической цепи они противоположны друг другу, уничтожают друг друга, так что на возникновение действия в

цепи они уже не имеют никакого влияния. В нынешнем случае, следовательно, α и α, а также β и β уничтожат друг друга, поскольку *a* и *a* приняты однородными. Будь теперь в γ какая-нибудь определяющая причина, то, так как ей нигде не противостоит никакая другая, ни равной, ни неравной величины, вызванное ею действие беспрепятственно началось бы и, будь оно больше того *x*, различного по величине при всякой температуре раздражимости органов, ниже которого всякое действие *x* – *y* при прочих совершенно неизменных обстоятельствах недейственно в отношении произведения видимого движения мышцы, произвело бы сокращение органов, соразмерное избытку. Но никогда, даже при высшей возбудимости (что речь здесь всегда идет, разумеется, о естественно высокой, едва ли нужно упоминать), я не видел, чтобы возникало сокращение, когда *a* и *a* были совершенно однородными гальваническими возбудителями, например двумя одинаковыми металлическими пластинками, хотя здесь это *x* было так мало, что потребовалось бы совсем немного действия в γ, чтобы его превзойти и, следовательно, произвести движение мышцы. Не видел и тогда, когда находил опытами действие, лишь немного меньшее этого *x*, и вводил его в цепь, а вместе с ним — действие двух однородных кусков металла, и притом при таких обстоятельствах, что последнее, если бы оно было, ничего не уничтожило бы из первого; если назвать найденное действие *a*, а предполагаемое от двух однородных металлов *z*, то *a* + *z*, будь *z* хоть сколько-нибудь заметной величины, теперь наверняка было бы больше *x*, а значит, действенно для движения мышцы. Но и таким способом не обнаружено никакого действия, так что теперь почти достоверно, что на рис. 52 царит полный покой.

Мы видели, далее, как деятельность, вызванная разнородностью проводников, имеет определенное направление

— в одну из двух сторон; — а также, как с разнородностью, отличной от первой, и действие отлично по степени. § 9 учил, как действия равной величины уничтожают друг друга, если равные определяющие причины для них стояли друг к другу в таком отношении, что направления определенных ими деятельностей были противоположны. Но это происходит и при действиях и определяющих их причинах неравной величины, лишь бы направления деятельности были противоположны друг другу. Тогда меньшее действие m уничтожает от большего $m + n$ столько, сколько составляет само, а именно m, и остается $m + n - m = n$. Это и дает средство взаимно *измерять* относительные величины действий. Лишь несколько опытов для пояснения. Мы хотим, например, знать, больше или меньше действие, определенное разнородностью, которая возникает от взаимного соприкосновения золота и цинка, чем действие, определенное при одинаковых обстоятельствах разнородностью меди и цинка. В формуле рис. 11 мы находим, что если f — золото, а e — цинк, то при замыкании цепи сильнее всего или одна сокращается конечность, обложенная цинком. Если f — медь, а e — цинк, то при замыкании самое живое сокращение или единственное тоже наступит на стороне цинка. Следовательно, в обоих случаях направление действия имеет одно и то же отношение к цинку, присутствующему в обоих; и чтобы противопоставить эти действия по их направлению в *одной* цепи, нужно расположить определяющие их тела так, чтобы, если идти от любой точки этой цепи, лежащей вне этих разнородностей, — на рис. 53, например, от h, — местное отношение возбудителей, которые отличны от цинка и вместе с ним определяют измеряемое действие, а именно в этом случае меди k и золота g, к первому, к цинку z, z, было по направлению одно и то же — по эту или по ту сторону. Если

замкнуть названную цепь в α, то — при условии, что возбудимость органов стоит на такой степени, что определяемое ею *x*, упомянутое в § 10 и подлежащее доказательству ниже, достаточно мало, — появление сокращения укажет на присутствие свободного действия, а его отсутствие — на то, что действия нет или, если оно в самом деле есть, что оно меньше *x*; сторона же, лапка которой сокращается, покажет, какая из двух разнородностей превосходит другую по величине и потому своим избытком возбудила деятельность цепи. Если назвать действия различной величины, вызванные двумя различными разнородностями, одно *r*, другое *s*, и положить величину большего из них, *s*, равной *m* + *n*, если величина меньшего равна *m*, то при их противопоставлении в замкнутой цепи *r* уничтожит от *m* + *n* столько, сколько составляет само, а именно *m*, так что от действия *s* останется лишь остаток *n*, но в том же направлении, какое было у *s* до уничтожения одной его части *m*. Поэтому в формуле рис. 53 сократится та конечность, с которой это случилось бы, если бы в цепи находилось одно лишь сильнейшее из тех двух действий, и притом так, чтобы различные тела, которые своим соприкосновением дают определяющую причину сильнейшего действия, оставались по кругу цепи в том же местном отношении к ближайшей к ним конечности, что и на названном рисунке. Рис. 53, как скоро видно, можно разложить на формулы рис. 54 и 55. На рис. 54 при замыкании цепи сильнее всего или одна сократится правая лапка, на рис. 55 — левая. Следовательно, если действие, производимое *gz* на последнем рисунке, сильнее действия *kz* на рис. 54, то на рис. 53 при тех же обстоятельствах сильнее всего или одна должна дергаться левая лапка; — и это действительно происходит и, следовательно, доказывает, что действие золота с цинком больше действия меди с цинком. Спрашивается:

насколько? — Можно установить и это. Соединим с действием меди и цинка, как более слабым, второе, идущее в том же направлении; чтобы это сделать, нужно лишь соединить с медью на стороне, противоположной цинку, такой возбудитель, который, будучи соединен как *f* на рис. 11 с медью *e*, дает при замыкании сокращение в конечности, обложенной медью. Такие тела — висмут, ртуть, серебро, золото, все тела, менее сродные кислороду, чем медь, далее уголь, руды, кристаллическая известь бурого камня, жидкие тела, насыщенные кислородом, как кислоты, и так далее. Если соединить одно из этих тел с медью, как на рис. 56, то в том случае, когда даже при высшей возбудимости органов при замыкании в α обе лапки остаются в полном покое, это будет знаком, что теперь действие, определенное медью и добавленным телом, ровно так велико, как разница между действием золота с цинком и действием меди с цинком. Но как в высшей степени замечательно, что именно действие золота с медью и есть то, которое в точности равно этой разнице! Сложенное с действием меди и цинка, оно дает в сумме ровно величину одного действия золота с цинком, и рис. 57, где так же спокойно, как на рис. 56, подтверждает это еще раз. И какая гармония между этими обстоятельствами и сродством этих тел к кислороду! — Как известно, цинк ближе сродни кислороду, чем медь, а медь — ближе, чем золото, и разница степеней сродства цинка и золота к кислороду ровно так велика, как разница степеней сродства цинка и меди, сложенная с разницей степеней сродства к нему меди и золота. Действия, производимые двумя различными металлами, относятся, следовательно, как разницы их сродства к кислороду, и это не только здесь, в этом случае, нет! — во всем ряду металлов вообще, по-видимому, без действительного исключения. — И что же определяет этот разительный порядок здесь и в прочих

подобных рядах остальных тел, проводящих в этих опытах, которые выстраиваются в опытах над гальванизмом? — Может быть, у окисляемых тел нечто такое, что само впервые определяет сродство этих тел к кислороду, а у окисленных — то, что делает кислород и содержащие его тела способными притягиваться окисляемыми телами и что точно так же определяет сродство кислорода этих тел к окисляемым телам, или то, что делает эти последние окисляемыми? — ведь притяжение мыслимо лишь через взаимодействие! — — Опыты рис. 53–57 подтверждают, далее, заново невозможность возникновения свободного действия в гальванической цепи из одних сухих твердых проводников, уже доказанную выше в § 10. Ведь на рис. 56 на левой стороне между золотом и цинком вместо меди могли бы лежать несколько или даже все металлы, имеющие меньше сродства к кислороду, чем цинк, но больше, чем золото, и сумма всех этих малых действий все равно была бы равна большому действию золота и цинка при непосредственном соприкосновении. Более того, им не нужно даже следовать от золота по кругу цепи в том порядке, в каком растет их сродство к кислороду: они могут лежать вперемешку самым разнообразным образом, лишь бы золото и цинк составляли два крайних звена этого ряда, — как, например, на рис. 58, где *b* означает свинец, *w* висмут, но *b* с тем же успехом мог бы означать и бурый камень. Ибо при этом возникают несколько противоположных друг другу действий, которые взаимно уничтожаются настолько, что в конце концов всегда остается лишь одно, равное действию двух крайних концевых звеньев этого ряда на рис. 58, а именно *g* и *z*, если бы они касались непосредственно (действие же от *z* и *g* с правой стороны, поскольку речь здесь идет лишь об одной противоположности, относится не к этому их ряду, а к другому

или, вернее, само его составляет), — как легко покажут опыты, поставленные по данному наставлению, при которых закон взаимного уничтожения приходится применять не раз, а многократно. Если распространить эти рассуждения еще дальше, то вообще получается правило: действие, определенное в гальванической цепи более или менее длинным рядом сухих твердых проводников, не прерванным влажными проводниками, после уничтожения всего, что может уничтожиться, ровно так велико, как действие, определенное непосредственным соприкосновением двух крайних звеньев этого ряда. Отсюда следует, что на рис. 53 есть действие, равное действию, определенному медью и золотом, на рис. 56 — никакого, и точно так же на рис. 57 и 58, а на рис. 59, где *b* означает свинец, β — кристаллическую известь бурого камня, *z* — цинк, *g* — золото, *e* — железо, а *k* — медь, все же есть лишь действие, равное действию, определенному непосредственным соприкосновением свинца и меди. Справедливо ли то же правило и для рядов разнородных жидких тел, не прерванных сухими твердыми проводниками, я до сих пор еще не установил непосредственным опытом, но выводами это можно сделать в высшей степени вероятным, почти достоверным. — Не так обстоит дело с рядами твердых тел, прерванными влажными телами, или с рядами жидких тел, прерванными твердыми. Цепи, как на рис. 60, где *k* означает медь, *m* — мышечную ткань, *a* — едкую щелочь, растворенную в воде, *g* — золото, *s* — раствор серной печени, уже не отрицательны; а на рис. 61, где *z* означает цинк, *w* — расплывшуюся винно-каменную соль, а *s* — серебро или уголь, действие цепи вовсе не равно действию, определенному цинком и серебром или углем при их непосредственном соприкосновении; более того, действие, действительно имеющееся в этой цепи, не имеет даже

направления действия цинка с серебром или цинка с углем, а как раз противоположное. Это доказывает, что действие, производимое *z* и *w*, должно быть больше действия *s* и *w*, и вместе с тем показывает, что величина действия в рядах, смешанных с жидкими телами, определяется иными обстоятельствами, чем у одних лишь твердых, и, следовательно, дает и иные отношения. Ведь хотя в формуле рис. 11 при *z* и *w* сокращение бывает на стороне последнего, при *s* и *w* — тоже на стороне последнего, и точно так же при *s* и *z*, так что по аналогии с рис. 56 следовало бы ожидать на рис. 61 действия *zw* меньше, чем *sw*, и, стало быть, сокращения на левой стороне, — происходит противоположное. — Да и как вообще могло бы быть иначе, если нам суждено было хоть что-нибудь знать о гальванических опытах? — Разве самую сложную цепь, даже если в ней нет двух однородных звеньев, нельзя было бы, разделив одно из звеньев на две части, отчего возникли бы два однородных, разложить в ряд, оба крайних звена которого были бы однородны? И тогда, если бы правило, найденное на рис. 56 для чисто твердых рядов, подходило и к смешанным, действие каждой такой цепи было бы равно действию, определенному двумя однородными телами, то есть было бы равно нулю! — — Можно было бы еще заметить, что, разбирая цепи рис. 53–61, я особо не упомянул определяющих причин, которые возникают от соприкосновения твердых проводников с влажными или жидкими, — таковы, например, α, α на рис. 54 и β, β на рис. 62, где *m*, *m* — два однородных влажных или жидких тела, — хотя никакой действующей цепи вовсе не бывает без того, чтобы одновременно не было двух таких разнородностей, и притом различной величины, а через них — двух определяющих причин для стольких же действий различной величины. Но мне простят — я и без того стал пространнее, чем

хотел, — что на этот раз я не упомянул их порознь, а под свободным действием, имеющимся, например, на рис. 54, ближайшим образом определенным разнородностью z и g и соразмерным ей по величине, понимал и должен был понимать то, что оставалось от наибольшего действия как остаток после уничтожения противоположных ему. Так бывает, если из трех тел то, у которого определяющие причины действий, возникающие от его соприкосновения с двумя остальными, суть две самые слабые из трех вообще (к трем телам в конце концов сводится и самое запутанное сочетание проводников в действующей цепи), — если это одно тело, будь то, например, a на рис. 20 среди трех проводников простейшей действующей цепи, при видоизмененных опытах оставалось тем же самым. Ибо при этих обстоятельствах, например при двух различных металлах b и c, свободная действительная деятельность цепи относится в точности как разницы их сродства к кислороду, а вообще — как величины наибольшей определяющей причины среди тех трех. И так как здесь вообще, так же мало, как при измерениях тепла, речь может идти об абсолютных величинах, а только об относительных, то тем меньше значит, если не принимать особо в расчет двух меньших из трех действий. Ведь поскольку никогда не может быть цепи лишь с одной разнородностью, а значит, лишь с одной определяющей причиной действия, без существования меньших никогда не было бы и больших; количество больших, стало быть, всегда должно сообразоваться с количеством меньших, а количество меньших — с количеством больших, и, следовательно, между ними существует самое точное взаимоотношение. — Более точные исследования этого предмета открыли мне кое-что важное, но обнародование этого я берегу для другого места, так как, приводя доказательства, которые,

чтобы быть полными, действительно пространны, я переступил бы границы этого небольшого сочинения. А так как я вообще желаю, чтобы считали истинным только то, что достаточно доказано, то я опускаю даже само содержание этих исследований и довольствуюсь тем, что обратил внимание знатоков на важность их продолжения.

Я заканчиваю этот параграф законом, который вытекает из предыдущих опытов для величины деятельности в действующей гальванической цепи вообще, а именно:

Противоположные друг другу определяющие причины действий равной величины уничтожают друг друга; но и когда они неравны, более слабая уничтожает в более сильной, и притом столько, сколько составляет она сама; вообще же величина действительной деятельности в гальванической цепи равна разности между суммой величин действий, определенных в одном направлении, и суммой величин действий, определенных в противоположном направлении, а ее направление есть направление той суммы, в которой она прежде содержалась как часть, то есть большей из двух.

Если эта разность равна нулю, то есть если обе суммы равны друг другу (что имеет место при наличии условий, определенных первым законом в § 11), то и деятельность цепи равна нулю. Если же разность больше нуля, то величину деятельности выражает именно это *на сколько*.

§ 14. Общее замечание о том, когда наступает сокращение органов, раздражаемых гальванически

Здесь нужно сказать еще об одном обстоятельстве: оно всеобщее и потому вполне заслуживает нашего внимания. Мы видели

именно, что при непрерывном, не нарушаемом сотрясениями прибора и т. п. замкнутом состоянии цепи и при полном избегании новых цепей, которые возникают и размыкаются помимо уже образованной, *обыкновенно* (см. § 20) *сокращения в раздражаемых органах появлялись лишь в мгновения замыкания и размыкания гальванической цепи*. Но, рассуждая до сих пор о явлениях, которые представлялись в проделанных опытах, мы всегда говорили о деятельности, ибо к ней, пожалуй, безусловно сводится отношение звеньев гальванической цепи к изменению, происходящему в находящихся в ней раздражимых органах, — отношение причины к действию, чем бы и как бы эта причина ни действовала. Мы говорили о начале деятельности в действующей цепи, но еще не о том, когда она, собственно, снова прекращается: длится ли она, может быть, лишь столько, сколько продолжается сокращение, а значит, при размыкании цепи начинается заново и тотчас же снова прекращается, или же длится столько, сколько цепь замкнута, и в этом случае лишь ее начало и прекращение, оба — внезапные переходы, производят столь заметные, видимые изменения в раздражимом мышечном волокне. Но прежде чем ответить на этот вопрос, нужно упомянуть еще ряд опытов, результаты которых позволят нам решить об этом обстоятельстве определеннее. Я имею в виду действие гальванического раздражения на органы чувств, поскольку вызванные им в этих органах изменения передаются сенсорию (средоточию ощущений) и *ощущаются*. — Да будет мне позволено в немногих словах привести здесь главное из того, что до сих пор было замечено об этом предмете, чтобы тем удобнее связать с ним несколько собственных наблюдений, которые, может быть, окажутся новыми и любопытными.

§ 15. Действие гальванического раздражения на органы чувств, и прежде всего на орган вкуса. Противоположные вкусы. Вкус длится, пока существует цепь

Рассмотрим сначала, каким образом наше раздражающее средство обычно действует на *орган вкуса*.

Если из двух различных возбудителей гальванизма, например из двух различных металлов, как цинк и серебро, первый приложить к верхней поверхности языка, ближе к кончику, а второй — к задней части этого органа или к любой богатой нервами влажной части тела, покрытой тонкими покровами, например к небу, деснам, губам, полости носа, глазу, веку, ввести его в задний проход, в мочеиспускательный канал, в какую-нибудь рану и т. д., и привести оба в соединение между собой, а при слишком большом расстоянии — через металлическую проволоку, какого бы рода она ни была, то — если говорить лишь об изменении, происходящем в языке, — как только цепь замкнута, обнаружится особый вкус, которому до сих пор давали разные имена, удачнее же всего, пожалуй, вместе с господином *Вольтой* — имя *кисловатого*, и *этот вкус длится до тех пор, пока цепь замкнута*. Если переменить порядок металлов так, чтобы серебро было приложено к языку, а цинк — к одной из названных последними частей, то тоже появится вкус, но значительно отличный от прежнего, несколько неприятный и очень похожий на тот, какой обыкновенно дает разбавленный щелочной раствор, почему его вслед за господином *Вольтой* и назвали *щелочным*. И он тоже длится до размыкания цепи. После нескольких опытов очень скоро находишь указанное различие между этими двумя видами вкуса и убеждаешься, что названные слова, пожалуй, самые подходящие для обозначения своеобразия каждого из них,

хотя бы они и не были вполне точны. — Чтобы получить эти результаты, не нужно, однако, чтобы металл или другое тело, служащее обкладкой языка, касалось его непосредственно: оно может быть соединено с ним через одно или несколько проводящих тел, как вода и т. д., и точно так же второй возбудитель — с той частью, которую он должен обложить. — Кисловатый вкус при двух возбудителях, какого бы рода они ни были, лишь бы они вообще достаточно отличались друг от друга, чтобы произвести в языке, который в разное время бывает и неодинаково восприимчив, изменение, достаточное, чтобы его заметить, будет появляться всякий раз, когда язык прямо или через посредника обкладывает тот из них, на чьей стороне, *e*, в формуле рис. 11 сокращение при замыкании цепи было сильнее всего или единственным, тогда как другой обкладывал противоположную сторону, *f*; щелочной же вкус будет появляться всякий раз, когда *f* обкладывает язык, а *e* — вторую часть тела. Если из двух людей, взявшихся мокрыми руками друг за друга, у одного на языке *f*, а у второго *e*, то при замыкании последний почувствует кисловатый вкус, а первый — щелочной; и теперь легко предположить то, что опыт действительно подтверждает: условия, при которых гальваническое раздражение воздействует на это чувство (и так обстоит дело, как мы скоро увидим, и с остальными), в отношении устройства цепей подчинены совершенно тем же законам, какие мы выше развили для действенного раздражения к мышечному движению; и как там при одинаковой восприимчивости к раздражению сила сокращения была весьма различна в зависимости от напряженности раздражающего действия, так и здесь бывают столь же различные, иногда переходящие в незаметные степени вкусового ощущения, хотя при одном и том же направлении

действия род вкуса и здесь остается тем же, точно так же как при тех обстоятельствах раздражение было сильнее всего на одной и той же стороне. — Весьма поразительно должно быть, кроме того, встретить здесь вкус двух веществ, столь противоположных по своей химической природе и так легко вступающих друг с другом в столь прочное соединение, и нельзя не прийти снова к уже выше столь живо пробужденному предположению, что действия нашего раздражающего средства должны, видимо, стоять в близкой связи с явлениями химии, более того — и здесь я отваживаюсь сказать нечто, в чем надеюсь когда-нибудь в продолжении моих рассуждений самым убедительным образом убедить моих читателей, — что явления гальванизма и явления химии, пожалуй, принадлежат к одному и тому же классу. (Сравни с этим § 27.)

До сих пор большей частью, и не без основания, заключали, что из продолжения вкусового ощущения еще не следует продолжение раздражения в *одной*, спокойно остающейся замкнутой цепи; полагали, что из-за большой подвижности языка как раз тогда, когда нам кажется, что все в покое, малейшее смещение какого-нибудь сосочка языка под обкладкой может повести к новому соприкосновению звеньев цепи, к замыканию новой и размыканию старой цепи, — словом, что здесь беспрестанно сменяют друг друга возникающие и снова исчезающие цепи, благодаря чему с языком ежемгновенно происходит то, что в мышце происходит лишь в мгновения замыкания и размыкания цепи, остающейся замкнутой более долгое время, — мгновения, которые можно по произволу более или менее отдалять друг от друга. Тщательные проверочные опыты убедили меня, однако, что этого предполагаемого, возобновляющегося от мгновения к мгновению замыкания и

размыкания цепей обычно не бывает и что даже тогда, когда ему намеренно способствуют, оно мало или вовсе ничего не прибавляет к продолжению вкуса. Вместо всех — пока лишь один опыт, который, может быть, оправдает это мнение. Если обложить верхнюю поверхность языка цинком, а нижнюю тоже цинком или, что все равно, любым другим металлом, но не соединять их между собой, а на наружный конец металла, обкладывающего нижнюю поверхность, положить свежепрепарированный нерв очень раздражимой лягушачьей лапки (органически связанной с этим нервом), а затем кусок серебра, положенный на ее мышцы или на другую точку ее нерва, или же, чтобы действие было очень сильным, графит привести в соприкосновение с обкладкой верхней поверхности языка и так держать, то вкус начнется в то мгновение, когда лапку сильно встряхнет, но продолжится и после того, как она придет в полный покой. Если бы здесь размыкались и замыкались цепи, пока остальные звенья цепи остаются в покое, очень раздражимая лягушачья лапка наверняка возвестила бы о них соответствующими им сокращениями, так как, если бы от них зависело продолжение вкуса (ведь по силе он остается тем же и тогда, когда лапка в полном покое), они тоже наверняка должны были бы возобновляться так же часто и, может быть, так же сильно, как при первом замыкании. И если при этом опыте действительно давать одной из обкладок языка то больше, то меньше поверхности соприкосновения с ним, не нарушая, однако, соединения внешних звеньев цепи, лягушка все равно останется в покое, лишь бы при этой смене поверхностей язык все еще действительно непрерывно оставался в соединении с обкладкой. Лишь когда цепь где-нибудь совсем прерывается (будь то даже только трением двух соприкасающихся металлов друг о друга на неуловимые мгновения), прекращение вкуса будет

сопровождаться новым, но более слабым сокращением (если только, как при простом сотрясении металлов друг о друга, цепь, снова замыкающаяся в то же самое мгновение, — правда, при таких обстоятельствах человек без достаточного навыка едва ли заметит перерыв вкуса, — не вызовет сокращения, равного по силе прежнему и появляющегося вместе с этим), а при низкой возбудимости лапки — и вовсе никаким.

§ 16. Действие гальванического раздражения на орган зрения. Противоположные световые состояния. Они длятся, пока цепь остается замкнутой. Постоянная световая температура глаза

Не меньшую важность, чем предыдущие, имеют действия гальванизма на орган зрения. Уже в том опыте предыдущего параграфа, где глаз или какая-нибудь влажная, покрытая тонкой кожицей часть лица, особенно тесно связанная своими нервами с нервами глаза, например небо, полость носа, внутренняя сторона щек, губчатое вещество верхних зубов, смоченные веки и т. д., более или менее входила звеном в действующую гальваническую цепь, при замыкании ее должно было явиться *подобное вспышке* явление, которое, впрочем, всегда бывало сильнее всего, когда в цепи находился сам глаз. Здесь, точно так же как в опытах с языком, было верно, что явление наступало, как только второй действующий возбудитель прикладывали к любой части тела, богатой нервами и покрытой лишь тонкой кожицей (там, где эта кожица, как на большинстве частей тела, довольно толста, она служит изолятором гальванизма, а чем она тоньше и влажнее, тем лучше проводит), и оба возбудителя приводили в соединение — через третий твердый, если сами они были твердыми. То же

явление получают и тогда, когда двумя действующими возбудителями обкладывают две такие части, связанные своими нервами с глазом, одну против другой, например оба глаза, обе полости носа, губчатое вещество верхних зубов в двух разных местах и подобным же образом небо или внутренние стороны щек, и замыкают цепь. Сильнее всего это вспышечное явление бывает тогда, когда при многообразных видоизменениях этих опытов глаз или обкладываемая вместо него и относящаяся к нему часть, равно как и его обкладка, остаются прежними, а другая обложенная часть — мочеиспускательный канал; менее сильным, но все же более сильным, чем при остальных, — когда это задний проход. Но, как, при некотором внимании, наверно, уже было замечено прежде, большое влияние на силу светового явления имеет распределение возбудителей. Должно было казаться, что вспышка сильнее, когда из цинка и серебра первый обкладывает глаз или часть, проводящую к нему через анастомозы нервов или иными путями, а второе — язык или ту часть, которую обкладывали вместе с ним; слабее же она должна была казаться при обратном порядке — при условии, что поверхности, которыми глаз и язык соприкасались с обкладками, в обоих опытах были одинаковы. Впрочем, непосредственное прикосновение назначенного для глаза возбудителя к нему не есть непременное условие успеха этих опытов: глаз может соприкасаться лишь со слоем воды, мокрой мышечной тканью, такой же губкой или каким-нибудь иным проводящим, не слишком возбуждающим телом, обложенным этим возбудителем, хотя в этом случае действие слабее, чем при непосредственной обкладке. Из-за этого обстоятельства, если таким же образом через посредника обкладывать не глаз, а лишь части лица, связанные с ним своими нервами, действие в цепи хотя и есть, как

можно узнать с помощью надлежащим образом введенных в нее раздражимых лягушачьих лапок и других средств, однако, как показывают и они, оно слишком слабо, чтобы достаточно сильно подействовать на эти части, которые и при непосредственной обкладке раздражаются к световому явлению и без того гораздо слабее, чем когда сам глаз непосредственно входит звеном в цепь, и вызвать вспышку, заметную при обычной восприимчивости к раздражению; лишь при редко встречающейся очень высокой восприимчивости я действительно мог ее заметить, но слабо. Напротив, заметной, а часто еще и достаточно сильной, она будет по большей части тогда, когда при обложенном глазе другая находящаяся в цепи часть, например язык или губы, тоже обложена лишь через посредника — через воду, которой они касаются и с которой уже соединен второй возбудитель. Пожалуй, до сих пор это еще не делалось с должным вниманием, чтобы подметить все примечательное, что при этом происходило. Недостаток должного навыка и в особенности известного равнодушия глаза к некоторым встречающимся при этом механическим действиям над ним, которые он обычно переносит не слишком охотно, — равнодушия, достигаемого лишь многими опытами, — двух весьма нужных требований, был, пожалуй, причиной того, что до сих пор единодушно утверждали, будто подобное вспышке явление при продолжающемся соединении возбудителей друг с другом не длится, а ограничено лишь мгновением замыкания цепи. И в той мере это, конечно, верно, если относить это к беспрестанно возобновляющемуся блеску вспышки — ибо для этого нужна была бы цепь, столь же часто попеременно размыкающаяся и замыкающаяся, что, вместе с таким колебанием светового блеска, можно весьма легко воспроизвести, если непрерывно сотрясать обе обкладки одну о

другую, — но неверно, если относить это к равномерному пребыванию известного светового состояния, в которое глаз приводится замыканием активной цепи и переход в которое и из которого вполне можно назвать вспышкой; об этом последнем обстоятельстве я, однако, нигде не нахожу записанным ничего положительного. Поэтому я опишу опыты, исправляющие это обстоятельство, несколько подробнее, будучи убежден, что при некотором внимании найдут подтвержденными результаты, которые я и другие при почти бесчисленных их повторениях видели наступающими самым единообразным образом.

Приложите — не потому, что они одни для этого пригодны, а потому, что такое сочетание самое обычное, и чтобы иметь определенные выражения, — цинковую пластинку к глазному яблоку, плотно прижмите ее, не закрывайте глаз, а держите его открытым и неподвижным, не шевелите и веками — это необходимые обстоятельства, чтобы избежать обманов, — затем приведите серебряную пластинку (серебряную монету хорошей пробы), которой обложена верхняя поверхность языка, без дрожания в непосредственное соприкосновение с цинком. В это мгновение *возникает* световой блеск; этот внезапный переход называют вспышкой, но от настоящей вспышки он отличается тем, что за ним не следует снова прежняя темнота, а *сохраняется продолжающийся, не дрожащий, не возобновляющийся каждое мгновение блеск, светлота в глазу*, о которой знаешь совершенно точно, что прежде ее не было. А чтобы убедиться, что это так, разъедините твердой рукой оба металла так, чтобы разъединение заключало в себе лишь прекращение контакта, а не новое соприкосновение и разъединение, и вы заметите, что в это мгновение становится темнее, что снова наступает то состояние глаза, в котором он находился до опыта; вы знаете, что в

предыдущее мгновение у вас было нечто — состояние светлоты, которого теперь недостает. Это исчезновение света опять-таки очень похоже на исчезновение вспышки, только при должной тщательности не найдешь, чтобы внезапно исчезающий свет лишь в это мгновение и возник. Появление, пребывание и исчезновение *повышенного* светового состояния глаза суть, следовательно, явления, соответствующие замыканию, замкнутому состоянию и размыканию цепи. (О колющей боли в глазу, нередко сопровождающей их, будет сказано ниже.) — Теперь, соблюдая ту же осторожность, что указана выше для цинка, приложите серебро к глазному яблоку, а цинковую пластинку — на язык и приведите оба описанным образом в соединение, и — последует как раз обратное тому, что было в предыдущем опыте. В мгновение замыкания цепи замечаешь, правда, тоже явление, подобное вспышке, но оно совершенно таково, какое в предыдущем опыте наблюдалось при размыкании. Именно *исчезает* некая доля света, которой, как прежде думалось, вовсе и не было, но в присутствии которой до опыта убеждаешься теперь по ее наступившему недостатку; глаз переходит в более темное состояние, становится темнее, и *эта относительная темнота держится равномерно, пока цепь остается замкнутой*. Осторожно разъединяют металлы — и с этим восстанавливается состояние глаза, бывшее до опыта: темнота исчезает, на ее место наступает светлота, и знаешь, что она совершенно та же, какая была в глазу до постановки опыта, но которой там, из-за ее равномерности, непосредственно не сознавали. Теперь в мгновение размыкания происходит то, что в предыдущем опыте сопровождало замыкание цепи, — переход от меньшего к большему, и это дает вспышку, подобную первой вспышке предыдущего опыта. Следовательно, в этом опыте появление,

пребывание и исчезновение *пониженного* светового состояния глаза соответствуют замыканию, замкнутому состоянию и размыканию цепи; и при одинаковых поверхностях соприкосновения возбудителей с языком и глазом величина первой вспышки первого опыта относится, по-видимому, к величине последней вспышки последнего опыта, как величина последней вспышки первого опыта к величине первой вспышки последнего опыта. Столь же определенно, как при непосредственной обкладке глаза, названные противоположные явления получаются и тогда, когда вместо глаза губчатое вещество верхних зубов обкладывают тем телом, которое прежде обкладывало глаз, и соединяют его с обкладкой языка, такой же, как в предыдущем опыте, — лишь бы опыт делался в совершенно темном месте; и притом при этих обстоятельствах, которые устроить легче, чем те, упомянутый результат заметить очень отчетливо и легко. — *Положительное* световое состояние наступает, впрочем, всякий раз, когда из двух разнородных возбудителей глаз обкладывает тот, на чьей стороне на рис. 11 (см. § 12) сокращение сильнее всего или единственно, то есть *e*, тогда как *f* обкладывает любую другую часть тела; *отрицательное* же световое состояние — тогда, когда *f* обкладывает глаз, а *e* — другую часть. Оба световых состояния одновременно в *одном* опыте — для чего, правда, нужно уже некоторое внимание — можно получить, если обложить оба глаза, один — *f* (бурым камнем, рудами, графитом, углем, золотом, серебром и т. д.), другой — *e* (цинком, оловом, свинцом и т. д.), и замкнуть цепь третьим (сухим) возбудителем или непосредственным соприкосновением обоих между собой. При замыкании глаз *e* получает положительную вспышку, а одновременно глаз *f* — отрицательную; пока цепь остается

замкнутой, состояние каждого из них в нем сохраняется, а при размыкании глаз *e* получает отрицательную, а *f* — положительную вспышку, и оба снова оказываются в прежнем своем состоянии. — И для условий, при которых наступают эти явления, — для того, когда и где бывает положительное и отрицательное световое состояние, — опять-таки действуют в точности те же законы, что были установлены выше для возбуждения мышечного движения тем же средством. Цепь: первый глаз, *f*, *e*, *f*, второй глаз — совершенно не действует; действует же она, если *f* и *f* разнородны, например у первого глаза — медь, у второго — графит, а *e* означает цинк; и величины и места различных световых явлений будут те же самые, какие и в каких местах вызвали бы медь и графит, первая у одного глаза, второй у другого, без цинка посередине. — Величины светового состояния при измененных обкладках, но при обложенных частях, которые остаются теми же и сохраняют одинаковую восприимчивость к раздражению, относятся, впрочем, довольно одинаково с силой действенности цепей или, что почти одно и то же, с силой сокращений, которые животные органы одинаковой раздражимости претерпевают от тех же цепей при сходных обстоятельствах; а при одних и тех же цепях, одинаковых по звеньям и порядку, разности световых состояний до опыта и во время него, или во время него и после, — разности, которые можно было бы назвать положительными, если избыток света следовал, и отрицательными, если он предшествовал, — и степень их заметности, следовательно, смотря по обстоятельствам, положительная или отрицательная вспышка, относятся как восприимчивость глаза к свету; а при различных, но равных по величине разностях световых состояний действия цепи стоят в обратном отношении к восприимчивости глаза к свету.

Эти опыты, различный исход которых можно с величайшей отчетливостью наблюдать в любом темном месте и в состояниях повышенной восприимчивости глаза к раздражению, например сразу после пробуждения ото сна, а при большем навыке — и в любой час и при любой светлоте дня, и у разных людей в разное время, показывают, *что в глазу постоянно присутствует некая световая температура, которая может быть больше или меньше и которая действительно может быть настроена гальванизмом выше или ниже, и что этот настрой длится столько же, сколько остается замкнутой вызывающая его гальваническая цепь; они показывают, что при одинаковых настраивающих причинах восприимчивость глаза к свету стоит в прямом отношении со степенью его настраиваемости и с величиной его настроя; они позволяют нам ожидать от гальванизма верной меры для относительной способности глаза замечать свет*.

Против этой световой температуры глаза можно было бы, пожалуй, возразить, что изменяется лишь способность глаза воспринимать более слабый внешний свет, подобно тому как, например, при блеске солнца нельзя заметить пламени горящей свечи; или что, может быть, вспышка, которой сопровождается переход глаза в отрицательное световое состояние, ослепляет глаз, так что он теперь хуже замечает тот более слабый свет и потому вынужден воображать себе относительную темноту. Однако относительный недостаток света в наших опытах наступает и в самом темном месте, где внешнего света, кажется, нет совершенно, и как раз тогда особенно полно; — а если бы более сильный свет делал незаметным более слабый, то ведь более сильный все же должен был бы быть замечен, но тогда мы ничего не знали бы о том недостатке света; — да и вспышка при наступлении недостатка света не может вызывать его

ослеплением, потому что, когда глаз обложен *е*, при гораздо более живой вспышке, которая, стало быть, должна была бы и ослеплять гораздо сильнее и тем делать глаз гораздо менее чувствительным к более слабому внешнему свету, наступает как раз обратное — *повышенное* световое состояние. Нам не остается поэтому ничего иного, как полагать причину этого явления в состоянии глаза, в котором он находится благодаря своей связи с органическим целым и постоянно совершающемуся в нем, то быстрее, то медленнее, обмену вещества (деятельности жизненной силы). Этот обмен в данном органе сопровождается, вероятно, *развитием света* — как это удивительно! — которое, впрочем, в обычных случаях может восприниматься, конечно, лишь субъективно (ведь и другой человек даже при самой сильной вспышке, вызванной гальванизмом, и даже в самом темном месте, как и сам человек, ставящий опыт на себе перед зеркалом в темноте, другим, не обложенным глазом, — а изменение светового состояния совершается лишь в обложенном глазу, если вторая обложенная часть не находится в особенно тесной связи с глазами, — не в состоянии заметить ни малейшего освещения внешних предметов, хотя бы только на мгновение, так что и это явление в самом тесном смысле воспринимается лишь субъективно); и это развитие света, по мере того как тот обмен вещества ускоряется или замедляется посторонними силами, словом, перенастраивается, — а что гальванизм тоже на это способен, см., как пример среди многих, превосходные опыты господина *фон Гумбольдта* в «Новом физическом журнале» *Грена*, т. 2 и 3, ср. с его же «Опытами над раздраженным мышечным и нервным волокном», т. 1, с. 323 и далее, и с § 20 нашего сочинения, — одновременно претерпевает столь же соразмерные изменения. — (Не было бы химику, прежде других, любопытно иметь в

гальванизме, может быть, меру восприимчивости своего глаза к свету? —)

Постоянство светового состояния, в которое глаз приходит при замыкании гальванической цепи, имеет место, впрочем, в каждом опыте такого рода, где одновременно действенно раздражаются зрительные нервы; и против того, чтобы выводить его из беспрерывной смены замыкания и размыкания новых цепей, наряду с другими доводами годится как раз то возражение, которое мы в предыдущем параграфе привели против выведения продолжения вкуса из тех же обстоятельств.

Если соединить в *одном* опыте раздражение глаза с раздражением языка, как это, наверно, уже не раз случалось выше, то найдешь, что в цепи: глаз, *e*, *f*, язык — *положительное* световое состояние сопровождается *щелочным* вкусом, а в цепи: глаз, *f*, *e*, язык — *отрицательное* световое состояние сопровождается *кисловатым* вкусом. — Итак, кисловатый вкус относится к щелочному, как положительное световое состояние к отрицательному, и члены каждого отношения, соединенные вместе, дают — состояния нейтральности!

§ 17. Особое действие гальванизма на орган обоняния. Ничтожное — на орган слуха как таковой. Действие его на общее чувство

Нам остается еще упомянуть о влиянии, которое гальванизм оказывает на остальные органы чувств, а именно на органы *обоняния* и *слуха*, и, наконец, на *общее чувство*, чтобы узнать, длится ли и здесь некое состояние, в которое эти органы приходят при замыкании действующей гальванической цепи, столько же, сколько цепь остается замкнутой.

Что касается чувства *обоняния*, то до сих пор обманывались в ожидании подействовать на него гальванизмом так, чтобы в итоге получился запах, а не просто раздражение общего чувства. Впрочем, господин *фон Гумбольдт*, приложив серебро и цинк к обеим сторонам внутренней носовой перегородки на глубину нескольких линий, при каждом замыкании цепи ощущал странную щекотку, которая при продолжении возбуждения вызывала давление в голове и позыв к чиханию, причем это действие нельзя было приписать механическому раздражению. Гораздо более разительным и неожиданным по результату образом гальваническое раздражение этого органа можно произвести так. Введите хорошо закругленный кусок графита длиной в несколько дюймов, шириной и толщиной в несколько линий в одну полость носа так глубоко, как это можно сделать без опасности, — примерно на полтора дюйма, — и мягко прижмите его к носовой перегородке, а в другую таким же образом — подобный кусок цинка, и соедините оба третьим куском цинка или любого металла, но так, чтобы после замыкания эта цепь некоторое время оставалась замкнутой без помех. В это мгновение перед обоими глазами происходит умеренная смена света, и притом положительная — в том глазу, который находится на одной стороне головы с графитом; но одновременно ощущаешь сильный удар через перегородку в конечных точках обоих возбудителей, весьма похожий по силе и действию на удар умеренного электричества, и кажется, будто замечаешь судорогу внутри носа, хотя снаружи я никогда ничего не мог увидеть. При некотором внимании мне показалось, что этот удар идет со стороны цинка и здесь исходит скорее как давление, но там, где лежит графит, он превращался в очень чувствительное колотье, отчего в первые мгновения прежде всего и обращаешь внимание

на это последнее. *Это жгучее колотье тоже длится столько, сколько цепь замкнута*, и дает себя знать на стороне графита; вместе с тем кажется, будто внутренность носа удерживается в состоянии напряжения, и чаще всего ощущаешь давление сквозь голову, которое после многократно повторенного опыта я несколько раз видел переходящим в настоящую головную боль, долго продолжавшуюся после опыта. Позыв к чиханию и вообще возбужденное в носу ощущение можно примерно сравнить с тем, что происходит в нем, когда смотришь на солнце или когда нюхательный табак раздражает тех, кто к нему не привык; а само чихание несколько раз наступало после более долгого продолжения опыта. Если держаться с опытом значительное время, то в носу надолго остается ощущение, весьма похожее на ощущение при обычном насморке. Впрочем, это не обязательно должен быть графит: с тем же успехом это может быть серебро или любой другой твердый возбудитель, действующий в соединении с цинком значительно сильно; только в этом случае, исключая, вероятно, бурый камень, действие слабее, чем с графитом. — Я предоставляю каждому, поставив этот нетрудный опыт, решить, раздражается ли при этом нос лишь как орган общего чувства или вместе с тем и как орган обоняния. Однако же не всякое раздражение в носу вызывает чихание, как и не всякое раздражение в глазу вызывает свет. Нет ли таких запахов, которые относятся к запахам, встречающимся в обыденной жизни, как для уха чистый тон струны — к глухому звуку, шуму или грохоту? — и не таково ли вызванное гальванизмом ощущение, возбуждающее чихание, о котором сказано выше, а равно и подобное ему, возбуждаемое ярким светом? (Тот же вопрос можно было бы поставить и об отношении щелочного и кисловатого вкуса к столь многообразным другим видам вкуса.)

Раздражения *органа слуха* как такового гальванизмом едва ли можно было когда-нибудь ожидать, ибо для этого, конечно, нужно было бы быстро колеблющееся изменение динамических отношений в тончайших частях уха, которое нашим способом раздражения нелегко, а может быть, и вовсе невозможно произвести и которое обыкновенно способно вызвать, пожалуй, лишь соответствующее сотрясение воздуха или твердых частей головы, теснее связанных с теми частями. Поэтому и опытов об этом поставлено немного. Один лишь *Фаулер* сообщает об ощущении неприятного сотрясения головы при обкладке обоих наружных слуховых проходов цинком и серебром. Я старался получить нечто подобное, но лишь несколько раз из многих опытов, которые я к тому же ради более сильного раздражения ставил с графитом вместо серебра, за вычетом того, что здесь нередко приходилось относить на механическое раздражение, у меня оставалось начинавшееся с замыканием цепи умеренно *колющее ощущение* во внутренних частях уха, начало которого, казалось, сопровождалось волной мягкого давления, расходившейся по голове; *само же это ощущение держалось столько, сколько цепь оставалась замкнутой*. Следовательно, раздражалось не что иное, как повсюду разлитое общее чувство, и в этом смысле в результате не было ничего особенного.

Это повсюду разлитое *общее чувство* подвергали действию гальванизма самыми разными способами. Уже в опытах, описанных в двух предыдущих параграфах, очень часто можно было заметить, как при обкладке мочеиспускательного канала возникала то жгучая, то колющая боль, как при обкладке заднего прохода цинком возникала щиплюще-колющая боль, нередко вызывающая слабые сокращения запирательной мышцы, а серебром или графитом — боль более колющая; при этом

господин *Ашар* и другие видели, как за этим следовали даже боли в нижней части живота, усиленная деятельность желудка и, наконец, понос, чего, однако, сам я никогда не наблюдал. Даже при обкладке языка при сильно активных цепях замечаешь ощущение, весьма отличное от раздражения одного лишь вкуса, а в глазу при непосредственной его обкладке очень часто возникает колющая боль, порой невыносимая, которая при серебре или графите, когда язык обложен цинком, кажется вместе с тем скорее давящей; следствием этого после долго продолжающихся опытов бывает, как я испытал на себе, усиленное слезотечение и, наконец, воспаление глаза. В губах, когда обложены места с более тонкой кожей, появляется чувствительное жжение. Так же возникают сильные боли внутри чувствительных дуплистых зубов, когда они, будучи обложены, находятся в действующей цепи. Еще живее было действие при обкладке лунок недавно удаленных зубов, а раны разного рода при подходящих обстоятельствах испытывают самые поразительные боли. Но всего примечательнее опыты, впервые поставленные господином *фон Гумбольдтом*, а затем повторенные и другими, — опыты по гальванизированию значительных ран, нарочно произведенных для этой цели нарывным пластырем. (См. «Новый физический журнал» *Грена*, т. 2, вып. 1, и т. 3, вып. 2, — ср. «Опыты над раздраженным мышечным и нервным волокном», т. 1, с. 197 и далее, 332 и далее.) Я обхожу то, что из этих опытов отчасти следует, отчасти, по-видимому, следует о многих особенностях человеческих органов, — о сокращении мышц, еще вполне связанных с органическим целым, которое на одно замыкание часто возобновляется по нескольку раз, — об обратном направлении гальванизма при гальванизировании человеческих органов (ср. *Михаэлис* в журнале *Грена*, в упомянутом месте, т. 4, вып. 1, с. 3, — если только

наблюденное об этом не сводится, по крайней мере отчасти, к рис. 34–36 в § 12. Должен, однако, заметить, что и сам я у некоторых немногих *лягушек* из многих, и однажды даже в присутствии весьма достоверных свидетелей, которые и сами проводили исследование, наблюдал как раз обратное тому, как вели себя лапки на рис. 10–12, тогда как на рис. 34–36 все шло довольно правильно и лишь редко тоже обратно; при этом я не мог бы целиком отнести эти весьма примечательные исключения на счет того, что остались незамеченными обстоятельства, сами по себе кажущиеся незначительными, но сильно влияющие на явления, — неодинаковая раздражимость обеих лапок, которая встречается нередко, и тому подобное, хотя впоследствии я и нашел, какую значительную долю должны были иметь в этом и они: при весьма правильном результате я легко мог искусственно вызвать то обратное поведение. В некоторых других случаях эти органы показывали прежнюю неправильность лишь в периоды более высокой возбудимости, а по мере того как она постепенно падала, исчезала и неправильность, и все шло правильно), — об отсутствии всякого заметного ощущения, когда раздражимые лягушачьи лапки в определенных местах входили в цепь; все это, если сравнить с тем, что сила действия гальванической цепи на мышечное движение у отделенных частей животного, как лягушачьи лапки и т. д., растет с величиной поверхности, которой непосредственно обкладывающий мышцы возбудитель соприкасается с ними, сравнить, далее, с замечательными явлениями при перевязке или перерезке, о которых я думаю подробнее сказать в другом месте, и с другими обстоятельствами, приведет в конце концов к весьма любопытным результатам. Мы заимствуем здесь из них лишь опытное положение, что начинающееся с замыканием цепи (жгучее) *ощущение* в этих

ранах длилось без перерыва и в одинаково высокой степени *столько, сколько цепь была замкнута*, и все обстоятельства совершенно исключали подозрение, будто соприкосновение звеньев гальванической цепи незаметно прерывалось и возобновлялось. То же продолжение ощущения имеет место точно так же и при всех указанных выше способах его вызвать; и даже животные, например надлежащим образом препарированные лягушки, у которых раздражаемые нервы еще связаны с неповрежденным мозгом, подтверждают беспокойством, в которое они приходят при замыкании цепи и которое обычно длится столько же, сколько соприкосновение звеньев цепи, что и у них есть состояние ощущения, длящееся столько же, сколько цепь остается замкнутой.

§ 18. Ощущение, вызванное гальванизмом, длится, пока цепь остается замкнутой. Вывод отсюда о продолжении действия в гальванической цепи

Итак, на основании опытов, изложенных в §§ 15–17, мы можем установить общее положение: *ощущение, возбужденное замыканием гальванической цепи в находящихся в ней органах, длится до тех пор, пока цепь остается замкнутой*. Но так как в основе всякого ощущения лежит нечто ощущаемое и, следовательно, с продолжением ощущения дано и продолжение ощущаемого, а ощущаемое есть ближайшим образом произведение воздействия гальванизма и той чувствительной части, на которую он воздействует, то *это воздействие должно продолжаться столько, сколько та цепь остается замкнутой, то есть столько, сколько существуют условия, с наступлением которых это воздействие началось*; а с видоизменением или

уничтожением этих определенных условий и это определенное действие станет иным или прекратится. (Отсюда, впрочем, как мне едва ли нужно напоминать, вовсе не следует, будто и после прекращения контакта, после прекращения того воздействия, не может ощущаться остающееся видоизменение, произведенное им в раздраженных органах, — видоизменение, которое теперь существует как бы само по себе и рассматривается уже не как зависящее от первого воздействия, хотя и как определенное им, — и следующие за ним видоизменения, опять-таки им вызванные; да такое остаточное ощущение в большей или меньшей мере и действительно встречается почти в каждом опыте, где ощущение вообще бывает. Но все же при размыкании цепи прекратится, как нечто ощущаемое, само произведение тех видоизменений, которые в противоположность вызванным ими, вторичным, можно было бы назвать первичными, а с ним и ощущение его, но не ощущение вторичных видоизменений; и лишь тогда, когда воздействие на раздраженный орган длится так долго, что становится для него почти безразличным, лишь тогда при размыкании цепи нельзя было бы заметить никакой разницы между силой ощущения в момент размыкания и после него.)

§ 19. Подтверждение продолжения действия в гальванической цепи новыми наблюдениями над частями животного, отделенными от целого организма

Вывод из предыдущих наблюдений о продолжении действия в гальванической цепи весьма важен, как мы увидим ниже; и как истина повсюду доступна не с одной только стороны, так и здесь. Новые исследования позволили мне именно подтвердить это положение так, что оно защищено от всех возражений, какие кое-

кто, пожалуй, захотел бы против него выдвинуть, пытаясь, поскольку оно взято из опытов над ощущениями, свести эти опыты к субъективному обману; такое сведение само, однако, и было бы подлинным субъективным обманом. Ибо что, в сущности, остается нам при всяком опыте, кроме нашего чувства, нашего субъективного чувства? Если бы оно, стало быть, ничего не значило лишь потому, что его только чувствуют, то весь наш чувственный опыт был бы, пожалуй, обманом. Но тогда я не знаю, что сталось бы вообще с опытными науками. — Итак, послушаем дальше, чему учит нас природа о продолжении действия в однажды пришедших в действие гальванических цепях, готовые слушать ее язык, понимать его в чистоте и мало заботясь о том, противоречит ли услышанное некоторым прежним способам объяснения гальванических явлений (а так оно, пожалуй, и окажется, как будет показано в другой раз) или нет. Первое подлинное противоречие природы, этого идеала всякой последовательности, с самой собой еще только предстоит найти, и его не найдут никогда, так же верно, как то, что она — природа.

Если нерв *a* лягушачьей лапки на рис. 23 обложить в двух разных местах двумя однородными кусками металла *b* и *c* и замкнуть цепь, то даже при очень высокой степени возбудимости сокращений не появится. Сумма крайне малых, хотя и действительно существующих различий каждой точки нерва от другой дает всегда лишь очень малую разнородность, а значит, и столь же малую определяющую причину действия в цепи, и даже при возбудимости органов, отделенных от целого, почти достигающей высших известных степеней, определяемая этим степень раздражения меньше того *x*, которое величина раздражения (действия) должна превзойти, чтобы последовало сокращение мышцы. Столь же мало дают положительный исход

при той же температуре раздражимости случаи, когда на рис. 63 совершенно однородный кусок мышечной ткани, кусок мокрой губки, слой воды или какой-нибудь другой, любой сухой, влажный или жидкий проводник гальванизма *b* касается нерва *a* в двух разных точках *c* и *d*, лежащих не слишком близко к месту входа нерва в мышцу; и при этих обстоятельствах, несмотря на все старания, с первыми названными телами еще ни разу не видели сокращения, которое следовало бы приписать способу действия этих тел друг на друга таким образом и в такой форме. Столь же мало видели когда-либо подергивания (ср. *фон Гумбольдт*, в упомянутом сочинении, с. 39, рис. 7), когда *b* был отрезком нерва, отрезанным, может быть, от того же самого нерва. Что формулы рис. 26–28 оказываются положительными лишь при более высоких степенях возбудимости, а при низших — безусловно отрицательными, известно уже из сказанного выше (§ 10). Тем поразительнее по своему исходу будут поэтому следующие опыты.

К нервам *c*, *d* двух надлежащим образом препарированных, но уже пролежавших некоторое время, например от четверти до половины часа, лягушачьих лапок *a* и *b* на рис. 64 (на которых, следовательно, только что упомянутые опыты все без исключения ни в коем случае уже не удадутся), соединенных между собой однородным проводником гальванизма *g*, каким бы он ни был, приложите два однородных куска металла *e*, *e* и приведите оба в соприкосновение в *k*. Если только указанные условия в точности соблюдены, все останется в покое, и так и должно быть по закону, выведенному выше в § 9: ведь здесь действительно находятся две точки *g* и *k*, которыми цепь делится на две половины, а в этих половинах, если в обеих идти от общей точки деления, например от *k*, определяющие причины действий

по порядку и по степени в точности одни и те же и, следовательно, взаимно уничтожаются. В этой цепи соедините любую точку одного из нервов, лежащую между обкладкой и мышцей, например *i* нерва *d*, с обкладывающим его *e* посредством второго *e*, совершенно одинакового с первым. Все остается в покое. Так же спокойно все и тогда, когда это соединяющее *e* — кусок мышечной ткани, мокрая губка, отрезок нерва или слой воды, хотя здесь замыкается уже новая цепь, в которой по второму закону § 11 действие есть, но величина его меньше того *x*, которое определяется всякий раз данной степенью возбудимости органа, и потому для возбуждения мышечного движения оно бездейственно. Далее, ни в одной из двух лапок не последует сокращения, если, как на рис. 63, — пока, как и прежде, цепь на рис. 64 замкнута, — кусок нерва, слой воды, кусок мокрой губки, мышечная ткань или любая дуга жидкого, влажного или твердого гальванического проводника *n* касается одного нерва в двух точках, как в *r*, или нерва и мышцы одной лапки, как в *s*, или обоих нервов, как в *t*.

Но как же изумляешься на рис. 65, где *e* и *f* — два значительно разнородных проводника гальванизма, например *e* — цинк, олово, свинец и т. д., *f* — медь, висмут, серебро, золото, уголь, руды, графит или бурый камень и т. д., где, одним словом, цепь значительно действенна и потому при замыкании лапки *a* и *b* сильно сокращаются. Если здесь тело, однородное с одной из двух обкладок (из которых, чтобы иметь определенные выражения, пусть *e* означает цинк, а *f* — серебро), например второй кусок серебра, привести в соприкосновение с любой точкой нерва, обложенного первым серебром, и с первым *f*, то при замыкании этой самой по себе недействующей цепи — в то время как *e* и *f* прочно сомкнуты в *k*, скажем, маленьким винтом и тем защищены

от сотрясений, которые вызывали бы замыкания и размыкания этой первой цепи, а с ними и подергивания, не относящиеся к замыканию той второй цепи при тех условиях, и потому сделали бы предстоящий опыт нечистым, — заметишь сильные подергивания, только в *b* или сильнее всего в *b*, и более слабые или никаких при ее размыкании в той же лапке. Если таким же образом, сняв только что сделанное соединение, но оставив главную цепь неразомкнутой, замкнуть на противоположной стороне вторым куском цинка *e*, от *c* к первому *e*, то в *a* возникнут подергивания, слабые при замыкании, но более сильные при размыкании, а при меньшей возбудимости — только при нем. Если в обоих случаях вместо второго *e* или *f* употребить кусок мышечной ткани, мокрую губку или слой воды, то исход будет совершенно таким же, как при употреблении кусков металла, однородных с уже служащими обкладкой, то есть при замыкании *c* с *e* через *e* возбудятся умеренные подергивания и более сильные при размыкании, а при замыкании *d* с *f* через *f* — более сильные при замыкании и более слабые при размыкании. Исход будет тем же и тогда, когда *e* и *f* основной цепи обкладывают нервы не непосредственно, а через посредника, как на рис. 12, — через куски мокрой губки и т. д. *i*, *i*, — а второе *e* и *f*, во всех прежних значениях, соединяет один из этих *i*, *i* с принадлежащим ему нервом в какой-либо точке; впрочем, здесь, кажется, уже больше зависит от расстояния затронутых точек нерва от мышцы, и явления больше приближаются к тем, что наступают, когда на рис. 66 соединяют лишь две точки одного и того же нерва *c* или *d* однородной дугой *n* какого-нибудь жидкого, твердого или влажного гальванического проводника, даже отрезком нерва, взятым от того самого нерва, с которым сейчас работают, или от совершенно одинакового с ним. Здесь я заметил, что если опыт

делался на нерве, обложенном цинком *e*, то сильнейшее сокращение бывало при замыкании, малое или никакого — при размыкании; на нерве же, вооруженном серебром *f*, напротив, более слабое — при замыкании и более сильное или вообще сильное — при размыкании цепи, и притом всегда в лапке того нерва, с которым велся опыт. Впрочем, и здесь различное расстояние затронутых точек нерва от мышцы, по-видимому, видоизменяло явления. Когда прежняя однородная проводящая дуга *m* соединяла точку на нерве с другой точкой на мышце той же лапки, исход был тот же, что при *n*, но менее подвержен видоизменениям. Когда однородный проводник *r* соединял оба нерва, при замыкании сильнее всего дергалась цинковая, а при размыкании — серебряная лапка. Если соединяющее *e* или *f* на рис. 65 или дуга *n*, *m* или *r* на рис. 66 сама есть раздражимый нерв, еще находящийся в ненарушенной органической связи со своими мышцами, или же еще живая пара лягушачьих лапок, препарированная как для рис. 16, так что наружные концы их нервов *c* и *γ* представляют касающиеся концы проводников *e*, *f* на рис. 65 или *n*, *m* или *r* на рис. 66, то лапка отдельного нерва или лапки пары, смотря по тому, каковы относительные положения этого нерва или этих нервов к звеньям основной цепи, дергаются то при замыкании, то при размыкании, то одна, то другая из двух, но всегда одна и в один из двух моментов, — дергаются всякий раз, лишь бы возбудимость нерва или пары еще не слишком упала; при этом «когда», «где» и степень силы подергиваний органов, находящихся в основной цепи, остаются теми же, что и прежде. Более того, в разных опытах, лишь бы органы, принадлежащие к основной цепи, и температура их жизненности были одинаковы, время, место и, что заслуживает внимания, также величина сокращений лапок *a* или *b* совершенно одни и те

же, как бы сильно, слабо или вовсе уже не раздражимы ни были конечности, замыкающие нервы на рис. 66 при *n* и т. д.; лишь сила подергиваний, которые последние должны претерпеть при этих обстоятельствах, зависит от их возбудимости. Точно так же, наоборот, для времени, места и величины сокращений, которые должны претерпеть конечности, принадлежащие к *n* и т. д., по-видимому, совершенно все равно, стоят ли *a* и *b* еще на очень высокой или на низкой степени возбудимости или она уже совсем исчезла.

Но все эти странные явления тотчас прекращаются, и их уже никак нельзя получить после размыкания цепи, хотя бы нервы еще и соприкасались со своими обкладками, а с этими последними — сколько угодно других проводников гальванизма, какого бы рода они ни были, лишь бы не была замкнута никакая цепь. Они прекращаются, и их уже никак нельзя получить, когда прежнюю цепь рис. 65 и 66, при замыкании которой принадлежащие к ней органы живо сокращались и которая, стало быть, была во всех отношениях действующей, превращают в такую, в которой по закону, найденному в § 9, действия нет, то есть в недействующую, подобную тем, что изображены на рис. 9, 13–15, 22, 31 и 56–59, и какого бы рода ни была цепь на рис. 64, отрицательное поведение которой в наших опытах мы отметили в начале этого параграфа. Эти недействующие цепи совершенно все равно что никаких.

Но эти странные явления возвращаются, когда недействующую цепь превращают в действующую. Они возвращаются тем скорее и сильнее, чем больше действенность цепи, и бывают живее всего и держатся дольше всего, когда действие цепи наибольшее из возможных. То, насколько цепь благоприятствует этим явлениям, в точности следует степени ее действенности, и наоборот; и как только недостает

действенности, недостает и их. Я не решаюсь объяснять эти явления: объяснение вышло бы гипотетическим, а тогда оно ни к чему не служит. Поэтому мы подождем, пока опыт не научит нас их истинной причине, и возьмем из них пока лишь то, что прямо из них следует: что во время замкнутого состояния действующих гальванических цепей внутренние (динамические) отношения находящихся в них звеньев видоизменены так, как они не видоизменены, когда цепь была недействующей; что в это состояние звенья приводятся замыканием цепи первого рода и выводятся из него ее размыканием; и что сохранение их в этом состоянии нельзя вывести ни из чего иного и свести ни к чему иному, как к *продолжению взаимного воздействия звеньев однажды замкнутых действующих гальванических цепей друг на друга*.

Кто, пожалуй, подумал бы, что при постановке описанных опытов видимое действие происходит от действия, которого прежде не было и которое лишь в мгновение операции было внесено в цепь употребленными для этого животными и другими частями, того можно было бы опровергнуть, показав ему опыты рис. 67–70. На первом из этих рисунков, если, как и на следующих, *e* и *f* — два значительно различных возбудителя, например цинк и серебро или наоборот, *a* приходит в сокращение, когда кончик довольно длинно препарированного нерва *c*, находящегося в цепи, загибают на сам этот нерв и кончик касается его в какой-нибудь точке *β*. На рис. 68 *a* дергается в то мгновение, когда нерв *c* касается сам себя в *α*, образуя петлю *β*; а на рис. 69 *a* сокращается, когда такая петля *β*, замкнутая в *α*, загибаясь, касается нерва *c* в *γ* или *δ*, даже если, оставаясь в соприкосновении с ним в одной из этих двух точек, она касается его в другой; и так эту игру можно было бы, если бы понадобилось, вести и дальше. Более того, на

рис. 70 сокращения наступают даже тогда, когда две ветви, прежде удаленные друг от друга, обе находящиеся при одинаковых внешних отношениях в замкнутой цепи *aefg*, — ветви, уже раздельно выходящие из спинного мозга в *g* и своим соединением в *h* образующие длинно отпрепарированный бедренный нерв *c*, — легко касаются друг друга в одной точке *α*. Здесь в цепь не входит решительно ничего, чего в ней не было бы прежде, и еще меньше что-либо из нее выходит; а рис. 71 окончательно снимает всякое подозрение об отведении раздражения, к которому, может быть, захотели бы свести эти явления. Здесь сокращается не только *a*, но также, и одновременно, *b*, когда нервы двух одинаковых, тоже не соединенных между собой конечностей *a* и *b*, находящиеся в двух совершенно отдельных цепях, но при совершенно одинаковых обстоятельствах, касаются друг друга в двух точках *α* и *β*, одинаково расположенных у обоих, так что для отведения здесь, по-видимому, нет решительно никакого основания. Этот опыт вместе с тем, как отчасти и предыдущие, покажет, что эти явления вовсе не следует объяснять — по крайней мере не одним только этим — действием, обусловленным несколькими малыми разнородностями во вновь замкнутой цепи, имеющей определенную форму возвращающегося в себя ряда тел: ведь здесь нельзя и думать о какой-либо заметной разнородности, которая, однако, как учат все опыты, была бы безусловно необходима для раздражения нерва воздействием звеньев замкнутой цепи такой формы друг на друга, даже при очень высоких степенях возбудимости раздражимых частей. Здесь следует, впрочем, упомянуть еще об одном обстоятельстве. Можно было бы предположить, что, коль скоро мы действительно убеждены в продолжении действия, начавшегося при замыкании

цепи, вплоть до ее размыкания, нерв или нервы раздражимых мышц, находящиеся в этой цепи, на столь же долгое время приводятся в состояние повышенной возбудимости, из которого снова вырываются, когда устраняются условия, наступление которых их в него привело. Я не могу, правда, ни утвердительно ответить на этот вопрос, ни совсем его отвергнуть; но, положим даже, что возбудимость действительно повышается оттого, что нерв находится в замкнутой действующей цепи, — это может иметь место лишь в той его части, которая непосредственно подвержена действию цепи. Ибо на рис. 72, где *f* и *e*, чтобы цепь была достаточно действенной, означают цинк и графит, а температура возбудимости *a* и *b* вместе с их нервами может стоять довольно высоко, при наложении дуги *o* или *t* сокращение никогда не появится — если только нервы, перекрещивающиеся в *α*, лишь надлежащим образом касаются друг друга и вне названной цепи нет проводящего соединения от *a* к *b*, — если его нельзя было получить, и притом довольно сильным, уже до замыкания цепи, употребив последнюю дугу в *g*. Лишь тогда, как только отрезок нерва, находящийся в основной цепи *fαe*, как бы мал он ни был, входит во вторую цепь, замыкаемую теперь проводящей дугой и самой по себе едва содержащую основание для действенности, лишь тогда, но тогда уж наверняка, появляются сокращения. Так бывает с дугами *n*, *m* и *p*; а при высокой возбудимости довольно уже того, чтобы в новую цепь попала точка соединения *α*, что происходит, когда замыкают через *s*.

Все явления, рассказанные в этом параграфе, имеют место не только в цепях той формы, которая выбрана для их показа (рис. 65, 66 и др.), и недостает их не только в приведенных выше формах отрицательных цепей: их находишь во всякой не слишком

слабо действующей цепи, как бы и из чего бы она ни была составлена, и совершенно не находишь во всякой цепи, вполне недействующей по закону, установленному в § 9, или незамкнутой, — если только степень естественной раздражимости уже не так высока, чтобы, например, на рис. 64 в *s* и в *i* уже наступали сокращения, когда соединяющее *e* есть тело, отличное от *e*, принадлежащего к главной цепи, и по проводимости гальванизма не значительно, хотя и действительно, отличающееся от нерва, как мышечная ткань, другой отрезок нерва и т. д.; это, впрочем, редко бывает, если раздражаемые органы уже подвергались сильно действующим цепям. «Когда» и «где», указанные при этом выше для рис. 65 и 66, остаются, впрочем, постоянно теми же, если *e* и *f* там получают общее значение *e* и *f* рис. 11 в § 12, и по сказанному в § 13 их можно предопределить для любого более сложного случая.

Опишу еще некоторые видоизменения этих опытов, может быть, небезынтересные для более опытных экспериментаторов; они принадлежат к одному классу с опытами о действии перевязки и перерезки раздраженных нервов, которые я, имея в виду то поучительное, что в них заключено, надеюсь исследовать в другом месте. А что они должны быть поучительны, можно заключить уже из того, что ни одна из предложенных до сих пор теорий гальванизма не смогла их верно объяснить; это же служит и подлинным признаком ошибочности самих этих теорий: верная теория должна объяснять все, по ней ничто не должно оставаться необъяснимым, ибо природа не знает исключений. — На рис. 65 мы видели, как возникали сокращения, когда *d* соединяли с *e* или *f* основной цепи через однородное с ним *e* или *f* или через какое-нибудь тело, не сильно отличающееся от *c*, *d* по проводимости гальванизма. Но если бы *c* и *d* были там перевязаны или

перерезаны в *n*, *n*, то всякая попытка получить указанным способом сокращение в одной из двух лапок была бы напрасной; она удалась бы снова лишь в том случае, если бы точка нерва, которую соединяют с *e* или *f*, лежала ниже *n*, между ним и мышцей. Точно так же не последовало бы сокращения в *a* или *b*, если бы жидкую, влажную или твердую дугу привели в соприкосновение только с отрезком нерва, лежащим выше *n*, в двух разных его точках. Если же проводящая дуга находилась, как на рис. 73, в указанном там или в обратном положении к частям цепи, где *f* и *e* имеют то же значение, что на рис. 11, и значительно отличаются друг от друга, например серебро и цинк, то *d* при касании второй точки в обоих случаях живо дергался, слабее — когда *f* лежало на нерве, а *e* на мышце. При *e* на нерве лапка *h* раздражимого нерва *i*, соединяющего с *e* отрезок нерва, лежащий выше *n*, сильно дергалась при замыкании и не дергалась или дергалась очень слабо при размыкании; так же и тогда, когда при обратном положении *hi* нерв обкладывало *f*. Когда положение *hi* снова совпадало с нарисованным на рисунке, то при *e* на нерве *h* дергалась при замыкании и размыкании большей частью довольно одинаково сильно; так же и тогда, когда *hi* лежал в обратном направлении, а *f* — на нерве. Но в то время как *d* и *h* часто претерпевали очень сильные сокращения, лапка *a*, что весьма примечательно, оставалась в полном покое, точно так же, как если бы *c* или *i* был куском мокрой губки и т. п., — лишь бы в *k* тщательно избегали сотрясения *f* и *e*, если это, как выше, были твердые тела. Это может дать новое доказательство того, что, пожалуй, не с проводящей дугой на рис. 64–66 и 72 действие впервые входило в цепь, а лишь уже существующее действие претерпевало видоизменение, и притом (по крайней мере

преимущественно) лишь там, где ставился опыт; ибо почему же, если бы было наоборот, не дергалась вместе с ними и *a*? —

§ 20. Продолжение доказательств того, что действие в гальванической цепи длится и после замыкания. Противоположные изменения раздражимости нерва под действием гальванизма в замкнутых цепях. Сокращения, которые часто продолжаются, пока действующая цепь замкнута

Я давно уже намеревался исследовать, оказывает ли и какое влияние на раздражимость животных органов то, что они долгое время подвергаются продолжающемуся воздействию гальванизма в цепях, которые держат замкнутыми, и будет ли это влияние, если оно есть, различным при различном направлении гальванического раздражения и каким именно. При опытах предыдущего параграфа я снова вспомнил об этом намерении, и результаты проведенных исследований самым совершенным образом отвечали моим предположениям. Я сообщаю здесь немногие относящиеся к этому наблюдения, так как они, помимо прочего, снова дают самое убедительное доказательство продолжения в гальванической цепи действия, начинающегося при ее замыкании.

Если из двух лягушачьих лапок, стоящих на одинаковой степени возбудимости, одну обложить, как на рис. 1, где *d* означает цинк, а *b* — серебро или, ради более разительного исхода, графит, касающийся мышц значительной поверхностью, а другую обложить так же, но цепь у нее, в отличие от первой, не замыкать, и оставить обе спокойно лежать при указанных условиях, то, вынув *ac* из цепи примерно через час или меньше,

найдешь, что при одинаковых возбудителях и одинаковом их расположении первую *ac* можно привести в движение либо уже только слабо, либо вовсе нельзя, тогда как вторая еще дает живые сокращения; короче, в нерве *c* лапки *a* раздражимость исчезнет гораздо раньше, чем в нерве конечности, которая не лежала ни в какой замкнутой цепи. То же происходит с нервом, если его, нерв *a* рис. 23, один обложить теми же телами, но так, чтобы цинк *c* лежал в более удаленной от мышцы, а графит *b* — в более близкой к ней точке нерва, и замкнуть цепь. — Не так, а как раз наоборот выходит, когда отношения возбудителей обратные, то есть когда *d* на рис. 1 или *c* на рис. 23 — графит, а *b* — цинк. Из § 1 известно, когда и с какой силой следует ожидать сокращения в применяемых здесь формулах в моменты замыкания и размыкания этих цепей. На рис. 1 при последнем значении букв мы, как правило, видели более сильное сокращение при размыкании цепи; поэтому его следует ожидать и в нынешнем случае, когда примерно через полчаса размыкают так долго бывшую замкнутой цепь, — и его действительно получаешь, но гораздо более сильным, чем у лапки, не бывшей в цепи, если ее в это мгновение обложить тем же образом и затем разомкнуть цепь, замкнутую лишь несколько секунд назад. К тому же первая лапка приходит в покой не сразу после первого сокращения, как это обычно бывает при сокращении размыкания у лапок, подвергавшихся замкнутым цепям более короткое время, а лишь постепенно, — и не столько путем сокращений, повторяющихся заново через определенные промежутки и постепенно все слабеющих, сколько тем, что из сильной степени напряжения всех мышечных волокон, в которое она пришла при размыкании, она возвращается к прежнему покою скорее через равномерное, хотя отчасти и прерываемое мелкими колебательными сокращениями,

ослабление этого напряжения. Если же цепь размыкают лишь примерно через час и позже после первого замыкания, это совершается не так скоро, а лишь по прошествии иногда минуты и более. Часто страшно бывает напряжение, которое претерпевают все мышцы в это время, и все же его можно в то же мгновение снять, снова замкнув цепь: лапка погружается обратно в глубокий сон, из которого, однако, с каждым новым размыканием так же грозно пробуждается снова. Эти явления, хотя под конец и более слабые, можно при возбудимости, какая в среднем обычно бывает у этих животных, получать до третьего и четвертого часа после смерти; более того, я несколько раз видел их через 5 и даже через 6 часов после смерти животного, если употребленные части с самого мгновения их отделения от целого подвергались этой обработке. Если же лягушачьи лапки вместе со своими нервами долгое время после смерти лежали спокойно, то, отпрепарировав дальше нервы, до того окруженные мышечной тканью, я получал названные явления через десять–двенадцать часов, а иногда и спустя целые дни.

Этот противоположный исход можно получить в *одном* опыте на рис. 11, если оставить *ac*, *bd* в этой цепи, где *f* означает графит или серебро, а *e* — цинк, лежать долгое время, например несколько часов: *b* будет уже очень ослаблена, может быть, уже совсем нераздражима, тогда как *a* еще очень совершенно дает описанные странные явления. То же будет на рис. 40, а на рис. 35 и 42 по причинам, известным из § 12, подавлен будет нерв той лапки, что обложена *f*, тогда как обложенная *e* дает явления той, что на рис. 11 и 40 вооружена *f*. — Вообще мои немногие опыты позволили мне заключить, что из двух лягушачьих конечностей, вначале одинаково раздражимых, раздражимость *раньше* ослабевала или исчезала в нервах той, которая, пока другая без

цепи была предоставлена самой себе, находилась в замкнутой действующей цепи, и притом в такой, где при замыкании происходило сильнейшее сокращение, то есть где *e* (в общем значении § 12) обкладывало нерв посредственно или непосредственно или, если обложен был только нерв, где *e* обкладывало наиболее удаленную по длине нерва от его входа в мышцу точку, а *f* — более близкую к ней или саму мышцу, или, как мы можем выразить эти обстоятельства одним словом, где нерв подвергался гальваническому раздражению *положительно*, как это бывает с *b* на рис. 10–12, 33 и 40 или с *a* на рис. 35, 36, 42 и 44; — что из двух вначале одинаково раздражимых конечностей, пока одна столь же долго была предоставлена самой себе без цепи, раздражимость нерва другой ослабевала и уничтожалась *позже*, если она находилась в замкнутой действующей цепи, где не *e*, а *f* касалось нерва посредственно или непосредственно или, при обкладке одного только нерва, наиболее удаленной от входа в мышцы его точки, где, следовательно, в противоположность прежнему, нерв подвергался раздражению *отрицательно*, как у *a* на первых и у *b* на последних из названных рисунков; — что на рис. 11 возбудимость *d* ослабевает и уничтожается *раньше*, а *c* — *позже*, чем возбудимость нерва конечности *d* рис. 30, пролежавшей столько же времени вне цепи и стоявшей вначале на одной степени возбудимости с *a* и *b*. — Очень неожиданно видеть, как, когда на рис. 11 *b* уже значительно слабее еще очень живой *a*, через некоторое время становится наоборот, если положить *e* к *c*, а *f* к *d*. Теперь в прежде столь живой *a* возбудимость вскоре уходит так далеко, что *b*, прежде более слабая, теперь живее *a*; более того, *b* оказывается теперь гораздо раздражимее не только по сравнению с *a*, но и по сравнению с прежним состоянием своей собственной возбудимости. Именно,

если в начале опыта на рис. 11 *a* и *b* давали одинаково сильные подергивания при замыкании и размыкании, когда *f* лежало то у *c*, то у *d*, то через некоторое время при неизменной форме рис. 11 *b* будет давать при замыкании цепи гораздо более слабые подергивания, чем вначале, а *a* — более сильные при размыкании, чем прежде; наконец, всякое подергивание при замыкании в *b* прекращается, зато тем сильнее подергивания проявляются при размыкании в *a*, где вскоре переходят в продолжительное напряжение. Теперь прикладывают *f* к *d*, а *e* к *c*: при замыкании *a* очень сильно сокращается, а при размыкании *b* остается в покое. Через некоторое время *a* дает более слабое сокращение при замыкании, а в *b* снова появляются слабые подергивания при размыкании; они постепенно усиливаются, по мере того как те ослабевают, и наконец в *b* бывают лишь сильные подергивания при размыкании или состояние напряжения, а в *a* подергивания при замыкании совсем прекращаются. Теперь снова меняют порядок возбудителей — обратный процесс начинается заново, и так эту игру, если хватит терпения и возбудимость органа при этом не погибнет, можно продолжать несколько раз.

Но и это еще не все. Если ни *a*, ни *b* даже сразу после отделения от органического целого не были раздражимы гальванически одними животными частями, то такой становится *a* (или вообще конечность, обложенная *f*, то есть в установленном выше значении, как и всякая другая конечность, раздражаемая *отрицательно*), если она пролежала в цепи час или столько, что при размыкании цепи претерпевает описанные выше напряжения. Отчасти уже во время этих напряжений, а еще больше и полнее после них, эта конечность сокращается, и часто сильнее, чем это бывает даже при очень высоких степенях естественной возбудимости, если, как на рис. 26, загнуть кончик

или, как на рис. 27, поверхность нерва, находившегося в цепи, к лапке в направлении *α*, или если на рис. 28 привести *b* в соприкосновение с проводящим телом *c*, касающимся *a*, или если *c* (как *g* на рис. 70) есть еще органически сидящий на *b* кусок заключенного в свою оболочку спинного мозга, из которого *b* выходит. Почти у каждой лягушачьей лапки, которую я приводил в такое положение, что она давала названные выше явления продолжительного напряжения при размыкании цепи, это раздражение *одними животными частями* удавалось; так я видел его даже у конечностей, которые, отделенные от животного, пролежали без дела по полдня и почти по целым суткам и затем были приведены в названное положение. Эта высокая степень искусственно вызванной раздражимости, раз достигнув полного своего совершенства, держалась несколько минут, иногда четверть и полчаса; более того, она несколько раз выдерживала раздражения обычно очень сильно действующими цепями, как, например, на рис. 1, и после них не исчезала. Во время этого состояния повышенной возбудимости действенными были и другие соединения, которые при средней возбудимости дают слишком слабое раздражение, например рис. 5, если *c* и *d* были однородными металлами, скажем цинком и цинком. Своеобразно было, однако, то, что раздражение одними животными частями часто еще удавалось, когда однородных, а несколько раз даже мало разнородных металлов, как олово и свинец, было уже недостаточно; впрочем, подергивания на эти раздражения были в таких случаях лишь слабыми. — Такое повышение возбудимости ни разу не наступало у конечностей, подвергавшихся раздражению положительно; но его можно было вызвать, если нерв, прежде раздражавшийся положительно и еще не ставший

совсем нераздражимым, подвергали отрицательному раздражению.

Примечательно, что вызванное положительным гальваническим раздражением *подавление или уничтожение раздражимости нерва* лишь *местное*, совершенно так же, как это было замечено в § 7 о действии некоторых угнетающих, так называемых химических тел и как это наблюдают при отмирании нервов, подвергнутых одному лишь действию воздуха. Именно, как в последнем случае нерв ниже места, побывавшего на воздухе и только что отмершего, если отпрепарировать его дальше, находишь еще раздражимым, и часто еще очень раздражимым, и как на рис. 8 мертвым находишь лишь отрезок нерва *bc*, побывавший во вредно действующей жидкости, тогда как лежащий ниже отрезок *mb* еще жив, — так же обстоит дело и с гальванически перераздраженными нервами. Если на рис. 1 только что или с некоторых пор уже не получаешь сокращения, хотя *b* и *d* — тела, сильнее всего действующие друг на друга, и положение их самое благоприятное, то оно все же происходит, и довольно сильно, если ту часть нерва, которая до сих пор находилась в бедре, отпрепарировать дальше, так чтобы она непосредственно входила в цепь; но раздражение напрасно, как только ее снова обкладывают мышечной тканью до прежнего места, и оно снова появляется, как только между этой мышечной тканью и местом, до которого нерв был отпрепарирован, оставляют свободным хотя бы самый маленький кусочек нерва, со всех сторон окруженный воздухом, как единственный проводник между лапкой и этой облекающей мышечной тканью. (Сравни с этим явления при перевязке нерва и при обкладывании мышечной тканью отрезка нерва, лежащего ниже перевязки, которые описывают *Валли* в «Разъяснениях врачебной науки» и т.

д. *Гуфеланда* и *Геттлинга*, т. I, вып. 2, с. 181, и *фон Гумбольдт* в упомянутом сочинении, с. 207–210. Эти явления, как можно строго доказать самыми разнообразными опытами, сводятся именно к отведению изменения качества, текущего в гальванической цепи, через мышечную ткань, которая проводит его охотнее. Течение в цепи идет по нерву или в нерве лишь до тех пор, пока не находит лучшего проводника, чем он, но, как только может выбирать между нервом и мышечной тканью, переходит в нее и возвращается в нерв лишь тогда, когда к этому вынуждает недостаток лучшего проводника, и никогда — когда этого принуждения нет. А так как это изменение качества непременно должно протекать непосредственно через возбудимый нерв, чтобы вызвать в нем подобное же изменение, — изменение, которое для того, чтобы распространиться к сокращаемому мышечному волокну и там вызвать сокращение, безусловно связано лишь с одним путем, с нервом, еще ненарушенно и органически связанным с сокращаемым, еще раздражимым мышечным волокном, и которое, раз начавшись в нем, задерживается не мышечной тканью и вообще ничем внешним, а только нарушением необходимой для этого организации нерва, в каком случае оно, может быть, и вовсе не начнется; изменение, которое, следовательно, раз оно следует совсем иным путям, должно быть и совсем иного рода, чем вызывающее его изменение, текущее в цепи как таковой, — то видно, какой важный довод дают эти явления против абсолютного тождества того, что течет в гальванической цепи как таковой, и того, что распространяется от раздраженного места еще раздражимого нерва к мышечному волокну, хотя бы это «что» в одном или обоих случаях, как оно, пожалуй, и есть, было вообще лишь порождением некоего определенного нечто и, следовательно,

относилось бы к последнему, как определение, действование, — к определенному, к содеянному. Я пока не стану показывать, в каком противоречии этот довод находится с некоторыми положениями нескольких новейших теорий гальванизма, а именно теорий *Аккермана* и *фон Гумбольдта*, и лишь обращаю внимание на чистый факт.)

Но как подавление или уничтожение раздражимости нерва положительным гальваническим раздражением есть нечто скорее *местное*, так, по-видимому, обстоит дело и с так называемым *повышением* ее отрицательным раздражением. За это говорят следующие наблюдения. Если у лягушачьей лапки, нерв которой уже столь долго подвергался отрицательному раздражению, что при размыкании цепи наступает состояние напряжения, отрезать нерв у его входа в лапку в то время, когда она, вскоре после размыкания, находится в сильном напряжении, то в то же мгновение лапка возвращается к прежнему покою. То же происходит, когда в цепи был один только нерв, как на рис. 74. Если перерезать его в *m* так, чтобы концы через вставленные между ними ножницы еще оставались в посредственном соединении и цепь, следовательно, оставалась замкнутой, то *a* остается в покое, но в то же мгновение претерпевает сильнейшие длительные напряжения, как только между одним или обоими концами нерва проникает воздух и цепь, стало быть, прерывается; эти напряжения, однако, тотчас же снова прекращаются, как только нерв перерезают в *n*, — соединяют ли ножницы оба конца этого разреза или нет. Далее, лапка переходит в состояние напряжения без предварительного размыкания цепи, если на рис. 3, пока цепь держат замкнутой, отрезок нерва *ab* отчасти или целиком обкладывают мышечной тканью, но не тогда, когда эта обкладка делается на *bd*. (Здесь именно благодаря тому, что

течение в цепи получает более выгодный путь, отрезок нерва *bc* изымается из действия цепи, и для него это все равно, как если бы цепь разомкнули. Этот опыт мог бы вместе с тем послужить полным опровержением для того, кто при опытах § 19, рис. 64–73, думал бы, что действие лишь входит в цепь вместе с проводящей дугой: ведь здесь это действие должно было бы скорее успокаивать, чем нарушать покой, и то состояние напряжения, стало быть, вовсе не должно было бы возникать.) Раздражение цепями из одних животных частей при этих обстоятельствах тоже происходило большей частью лишь тогда, когда на рис. 3 звеном цепи был отрезок нерва *ba*, побывавший в повышающей цепи, хотя было и несколько немногих случаев, когда сокращение появлялось и при касании отрезка *bd* на рис. 26, с которым, однако, еще был связан побывавший в раздражении отрезок *ba*. Эти немногие случаи, которым противостоит много отрицательных случаев того же рода, могли бы, следовательно, решать вопрос о повышении раздражимости нерва, простирающемся дальше отрезка нерва, бывшего в цепи, лишь в том случае, если бы было доказано, что они не имеют причины в других, еще неизвестных обстоятельствах. И тогда выводы о повышении и понижении раздражимости нерва и о его продолжительности, сделанные выше из тех явлений, были бы верны лишь для отрезков нерва, бывших непосредственно в цепи, — как ни несомненно и то, что остальные части нерва, видоизмененного в одном месте, а с ними и органически связанные с ними мышечные волокна, тоже претерпевают изменения, ибо между всеми частями существует теснейшая взаимная связь и с видоизменением одной из них дано видоизменение всех остальных, которое, однако, повсюду должно быть различным в зависимости от положения части относительно

остальных и от прочих их отношений. Дальнейших исследований, из которых следовало бы нечто определенное, я еще не проводил, но случайные наблюдения, конечно, уже указывают на то, что и части, в цепи не бывшие, но органически связанные с непосредственно подверженными ее действию, претерпели изменения, которые различались бы по различию видоизменения тех.

Но что бы ни следовало из всех этих явлений, ближайшее, что из них вытекает и ради чего я их здесь преимущественно и рассказал, — это *продолжение действия в однажды замкнутых действующих гальванических цепях*. С каждым наступлением иных чувственных отношений, как чего-то произведенного, нам дано понятие действия, и мы спрашиваем, что его обусловило. То изменение качества нервного волокна не могло быть без причины, и мы находим, что оно стоит в теснейшей связи со свойствами цепи. Но то определенное изменение качества происходило не сразу, а постепенно, и оно прерывалось, как только отменялись условия, с которыми оно наступило. В них, следовательно, и коренилось его произведение, а с продолжением этого произведения дано вместе с тем и продолжение производящей причины. — Во всякой недеятельной цепи, которая здесь все равно что никакая, этих явлений нет. —

Как в описанных наблюдениях встречался случай, что существующие сокращения (при состоянии напряжения мышц при повышенной возбудимости их нервов) надолго прерывались замыканием действующих цепей, так и в состоянии естественно высокой возбудимости при замыкании весьма деятельных цепей иногда находишь, что после очень сильного сокращения при замыкании, пока цепь остается замкнутой, в мышцах раздраженных нервов продолжается дрожь, которая порой

переходит в напряженное состояние этих частей, прерываемое то более слабыми, то более сильными сокращениями. Я нашел это явление действительно не столь редким, как я и другие обычно думали, с тех пор как стал нарочно подвергать органы животного сильным раздражениям вскоре после его смерти, — после того как более точное рассмотрение связи внешних (местных) отношений вообще с внутренними (динамическими) показало мне эти явления возможными, а в некоторых случаях, пожалуй, и необходимыми. Общее замечание в § 14 о том, когда появляются сокращения, терпит поэтому некоторое ограничение, и оговорка «*обыкновенно*» была необходима. — Я видел также случаи, когда уже существующие слабые сокращения, которые часто замечаешь у недавно препарированных лягушек, прерывались замыканием действующей цепи, пока она существовала, и начинались снова при размыкании. — Все это опять указывает на продолжающееся после замыкания действие в гальванической цепи.

§ 21. Доказательство продолжения действия в гальванических цепях из одних животных частей. Общее положение о продолжении действия во всякой действующей цепи

Опыты §§ 15–20 самым полным образом доказали продолжение действия в замкнутых, значительно деятельных цепях; однако, хотя во всех этих цепях были и животные части — ведь они служили для этого необходимым реагентом, — все же в приведенных цепях всегда содержались и звенья, значительно отличающиеся по качеству от животных, как металлы, уголь, графит, щелочи, кислоты и т. д. Поэтому можно было бы, пожалуй, прийти к мысли, не им ли и не их взаимному соединению друг с

другом следует приписать это продолжение и не отсутствует ли оно в цепях из одних животных частей. А так как нам особенно важно доказать, что оно имеет место и здесь, то мы обратим внимание на этот вопрос, чтобы узнать, как решает его природа.

Что взаимное соприкосновение двух различных влажных животных частей дает определяющую причину действия в гальванической цепи, это мы узнали в § 10 из того, что цепи из одних животных частей, такие как на рис. 25–28, при своем замыкании (и размыкании) и при надлежащей степени возбудимости вызывали сокращение находящихся в них раздражимых органов. Видно даже, как действие в этих цепях определяется по тем же самым законам, которые мы выше, в §§ 9 и 10, развили для гальванических цепей вообще. Если на рис. 26 и 27 сильнейшее действие наступает даже тогда, когда *c* касается мышц не своей лапки, а другой, связанной с его собственной еще органически или через проводники, то оно в то же мгновение исчезает, если на рис. 37 соединить нервы обеих лапок, которые следует представлять себе органически связанными, между собой на равных расстояниях от входа в мышцы в *a*, или на рис. 52 — двумя однородными кусками мышечной ткани, лягушачьей печени и т. д. *a*, *a* с замыканием в *γ*; и оно появляется снова, если один нерв касается уже не другого, непосредственно или, как на последнем рисунке, посредственно через однородные тела, а куска мышечной ткани, соединенного с лапкой того или другого. Но что же это такое, как не переход, по второму закону § 11, действующих цепей в недействующие и последних обратно в первые? — А что связано с теми же условиями и подчинено тем же законам, от того следует ожидать и одинакового качества, и потому уже по одному этому продолжение действия в этих цепях следовало бы считать необходимым. Но пойдем дальше. Что

определяющие причины действия, данные соприкосновением разнородных животных частей, вносят и свою долю, когда в цепи присутствуют совершенно отличные от них звенья, как металлы и т. д., тому учат разнообразнейшие опыты. Если *b* и *c* на рис. 23, так же как *b* и *d* на рис. 1, — однородные тела, то при более высокой возбудимости на последнем рисунке действие будет видно, тогда как на первом его нет. Рис. 9 при этой более высокой жизненности будет, как и рис. 13, 14 и 15, отрицательным, но станет положительным, как только одно *e* на рис. 9 и 15 или одно *f* на рис. 13 и 14 ляжет на саму *a* или *b*, так что освободившийся тем самым нерв целиком выйдет из цепи; и формулы рис. 34 и 35, отрицательные, когда *f* и *e* в них однородны, становятся положительными, когда одно из двух в первом случае непосредственно обкладывает мышцы одной лапки, а во втором — ее нерв. Сравни с этим § 11. Но что соответствует в этих опытах переходу недейственности цепей в действенность, как не вхождение и выход определяющих причин действий, данных соприкосновением разнородных животных частей, — переход одинаковой делимости цепей в неделимость? — Но и уже существующая действенность гальванических цепей, где действие было настроено преимущественно телами, значительно отличающимися от животных частей, и их взаимным соприкосновением, видоизменяется вхождением и выходом разнородностей, возникших от соприкосновения животных частей. Всем экспериментаторам известно, например, что при прочих равных обстоятельствах подергивания сильнее и получаются дольше, когда при положительном раздражении (см. § 20) *f* (в общем значении рис. 11, § 12) обкладывает мышцы или хотя бы кусок мышечной ткани, соприкасающийся с ближайшим к ним местом их нерва, а *e* — верхнюю часть нерва, чем когда оба

вооружают нерв непосредственно; а при отрицательном раздражении сокращения слабее и скорее исчезают, когда *e* лежит на первом описанном, а *f* — на последнем месте, чем когда оба непосредственно касаются нерва. Это можно очень отчетливо заметить при еще сильной возбудимости и употреблении мало различающихся возбудителей, как свинец *e* и олово *f*, или при более низкой возбудимости и сильнее действующих телах, как цинк и висмут или серебро, если только избегать других обстоятельств, способных вызвать видоизменение и часто кажущихся незначительными. Здесь, следовательно, уже существующее действие увеличивается — и притом на нечто совершенно однородное с ним. В предыдущих параграфах мы видели, что сила подергиваний следовала действенности цепей, или, вернее, мы оценивали эту по той; но дальнейшее показало нам, что эта оценка (при одинаковых степенях возбудимости) верна, ибо и при других реагентах указываемая ими степень действия следовала силе подергиваний. Подергивания же следовали силе, с какой действовали на ощущение, и как росло одно, росло и другое. И неужели это увеличивающее, возникшее из совместного действия одних животных частей и вполне однородное с увеличиваемым, возникшим из совместного действия не животных частей, могло бы увеличивать степень продолжающегося действия цепи, не будучи само по себе способно действовать продолжительно? — Но не будем дольше задерживаться на вероятностях: мы можем достичь достоверности, и вот она. Ключ к ней содержит § 19. На трех чрезвычайно живых, быстро препарированных лягушках, превосходно дававших опыты рис. 25–28, — из нескольких, на которых я это пробовал, — я сделал следующие наблюдения. Замкнув цепь в названных формулах, я касался *a* на рис. 26 и 27

или *b* на рис. 28 обоими концами маленькой дуги из мышечной ткани, подобной *n* на рис. 66, — и лапки сокращались. Я размыкал цепь — и сокращений, как и на рис. 63, не было. Я снова замыкал — и они наступали вновь. Их не было на рис. 37 и 52 в значении, данном в этом параграфе. Они возвращались, и притом сильнее, и держались дольше, когда *a* на рис. 25 был металлическим стержнем, а именно цинковым. При условии замкнутого состояния цепи действенными бывали и такие соединения, действенность которых пропадала, когда этого условия недоставало. Так, опыт рис. 22 у *фон Гумбольдта* в упомянутом сочинении (табл. III и с. 65), не удававшийся ему при незамкнутой цепи (что, впрочем, при надлежащим образом высокой возбудимости удается вполне хорошо), удавался, если цинковая пластинка, подложенная под нерв, была соединена с мышцей через совершенно подобную ей пластинку или сама; *b* мог быть куском нерва или мышечной тканью, мог быть даже опять-таки куском цинка. — И так видно, что и здесь эффект был связан с действием основной цепи. Если она по закону § 9 была недействующей, недоставало и его, и он имел место лишь тогда, когда было оно. Поэтому мы можем вывести отсюда, и притом здесь особенно для цепей из одних животных частей, тот же результат, что дали подобные опыты в § 19: а именно что измененное состояние, в котором находятся звенья цепи во время ее замкнутого состояния, ни к чему иному не сводится, или, вернее, что этим доказано *продолжение взаимного воздействия звеньев в однажды действующих гальванических цепях из одних животных частей после их замыкания*. — Если же мы соединим с этим результаты исследований §§ 15–20, то ничто больше не мешает нам установить как обоснованное со всех сторон следующее важное положение:

Во всякой действующей гальванической цепи определенное замыканием воздействие ее звеньев друг на друга, их взаимное видоизменение друг другом, длится до тех пор, пока длятся условия, с наступлением которых оно началось, то есть пока цепь остается замкнутой, и прекращается, когда эти условия отпадают, то есть при размыкании цепи.

§ 22. Доказательство того, что при всякой, даже высшей степени возбудимости для возбуждения связанных с цепью органов нужно конечное количество действия, которое меняется обратно этой степени, и что бывают малые степени действия, которые без мышечного движения все же постоянно присутствуют в цепи

Но остается ответить еще на один вопрос, который нам могут задать, а именно: всякое ли изменение, производимое в раздражимом мышечном волокне взаимодействием звеньев гальванической цепи, непременно, даже при самой малой своей величине, обнаруживается соразмерным ему, быстро наступающим и потому легко заметным изменением положения частей этого волокна относительно друг друга, то есть видимым движением, или нет? — и следует ли, стало быть, когда такого движения нет, заключать и о полном отсутствии действенности цепи, или нет? — Как ни уверенно большинство наших читателей уже заранее, по иным причинам, выскажется за последнее, тем не менее необходимо и важно показать здесь особо: *что не всякая степень действия в гальванической цепи может возбудить мышечное движение; что при всякой температуре возбудимости есть определенная степень действия x, ниже которой всякое действие < x при прочих, во всем одинаковых с прежними*

обстоятельствах бездейственно; что с каждой иной степенью возбудимости иным будет и это x, при котором или выше которого только и может проявиться мышечное движение; и что это x находится в обратном отношении к возбудимости органа, то есть оно тем меньше, чем она выше, и тем больше, чем она ниже.

Если раздражимость лягушачьей лапки и ее нерва на рис. 1 упала уже настолько, что сокращения больше не получаешь, когда *b* и *d* — однородные куски металла, например оба цинк, то сокращения снова появятся, и притом сильные, если при цинке *d* кусок *b* — свинец; если прекратятся и здесь, их еще получишь, оставив *d* прежним, когда *b* — олово, а если уже и здесь нет — когда *b* железо, затем медь, затем висмут, затем ртуть, затем серебро, затем золото, затем уголь, затем одна из проводящих руд, затем графит; и когда наконец даже соединение цинка с графитом только что перестало возбуждать сокращение, оно все еще происходит, если *b* — кристаллическая известь бурого камня. Это известные опыты (ср. *Пфафф*, в упомянутом сочинении, с. 60). То же замечаешь на рис. 11, если при неизменном цинке *e* кусок *f* проходит весь этот ряд. Далее видно, что при прочих равных обстоятельствах, например при одинаковых поверхностях соприкосновения обкладок с мышцами и т. д., и при одной и той же степени возбудимости сила сокращений относится так же, как расстояние между примененными обкладками в приведенном ряду: она растет, когда это расстояние увеличивается, и падает, когда оно уменьшается. Длительность действенности гальванической цепи на мышечное движение относится, стало быть, как сила сокращения при той же степени возбудимости. Но при одинаковой возбудимости сила сокращения находится в прямом отношении к величине действия в цепи; следовательно,

длительность действенности гальванической цепи на мышечное движение относится как величина ее действия. Но претерпевает ли величина этого действия изменение вместе с изменением состояния возбудимости органа? Не переходит ли она, может быть, вместе с ней в ничто? — Никоим образом. Вспомним опыты, рассказанные в § 19. Там разнообразно было показано, что действие не впервые входило в цепь вместе с проводящей дугой, даже если бы та сама была, как *c* на рис. 73, нервом, ненарушенно и органически связанным с еще возбудимыми мышцами, а что лишь уже существующее действие могло претерпевать видоизменения. Там было сказано — и с тех пор, как я это написал, я нашел тому самое разительное подтверждение, — что если *n* на рис. 66 то же, что *c* на рис. 73, то принадлежащая ему лапка при прочем одинаковом устройстве цепи сокращалась с совершенно одинаковой силой, были ли *a* и *b* на рис. 66 еще очень возбудимы, или мало, или уже совсем мертвы. Но при одной и той же возбудимости *a* и *b* на рис. 66 или *a* на рис. 73 сокращение, которое претерпевает *d* на последнем рисунке или лапка, принадлежащая к *n*, на первом, относится совершенно так же, как величина действия в цепи: при одинаковом действии оно одно и то же, и наоборот. Действие цепи, стало быть, в первом случае при угасании возбудимости заметно не менялось, оно оставалось тем же; более того, оно оставалось тем же даже при полном отсутствии возбудимости органов основной цепи. И так видно — важный факт, — что действие цепи не зависит от степени возбудимости находящихся в ней органов, что оно действительно может иметь место, хотя бы возбудимости и не было. Но все же орган как звено цепи, как и всякое другое ее звено, непосредственно участвует в этом действии: взаимодействием он видоизменяет внутренние отношения остальных звеньев, а они

действуют обратно на него, и он тоже видоизменяется. Здесь, стало быть, действительно есть изменение в органе, и все же оно не обнаруживается никаким видимым движением. Мы действительно имели бы случай, когда существующее действие все же не вызывает мышечного движения.

Но, могут сказать, дело было в возбудимости: ее не было, и потому мышечное движение и не могло последовать; может быть, оно и последовало бы, будь она хоть сколько-нибудь налицо. Однако снова рассмотрим явление, рассказанное в начале этого параграфа. Если олово и свинец на рис. 1 или 11 из-за столь сильно упавшей возбудимости уже не вызывали сокращения при замыкании, а цинк и медь еще вызывали, то указанным реагентом находишь действие *как в первом*, так и во втором соединении: находишь более слабое, при вступлении которого сокращения не было, и более сильное, при вступлении которого сокращение действительно появлялось. Если бы орган основной цепи перестал возбуждаться и этим соединением, его еще возбуждали бы цинк и серебро, а если уже и они нет — цинк и графит и т. д. Но всегда наш реагент — раздражимая лапка, принадлежащая нерву, который касается в двух точках *c* на рис. 1 или *c* либо *d* на рис. 11, — испытанным ею сокращением показывал бы действие в цепях, бездейственных для мышечного движения из-за слишком слабой раздражимости их предмета, так же хорошо, как при цепи, действующей непосредственно видимо; и чем ниже падает возбудимость органов основной цепи, тем большее количество бездейственного для мышечного движения действия будет обнаруживаться. Здесь, стало быть, случаи, *когда при еще существующей возбудимости значительные степени наличного действия не в состоянии возбудить сокращение, но все же это действие следует тем же законам, что и тогда, когда благодаря*

более высокой степени раздражимости своего предмета оно в состоянии произвести видимое движение. И так как мы знаем, что при указанных обстоятельствах действие не впервые входит в цепь вместе с нашим реагентом, а им лишь обнаруживается уже существующее в цепи, то при всякой степени возбудимости можно найти количество действительно существующего в цепи действия, при замыкании которой органы остаются в покое, — лишь бы описанный реагент обладал надлежащей степенью возбудимости, которая, однако, всегда должна превосходить возбудимость органа основной цепи. Это количество оказывается тем меньше, чем больше возбудимость органа, и тем больше, чем она ниже. Действие, только что ставшее бездейственным, находишь все же существующим, а то, которое теперь нужно, чтобы вызвать мышечное движение, — большим прежнего, и так далее. И так как при этих конечных степенях возбудимости мы всегда встречаем конечные величины действий, неспособных вызвать мышечное движение, и видим, что величина последних определяется первыми в обратном отношении, то лишь если бы первые были бесконечно велики, вторые были бы бесконечно малы, то есть равны нулю. Но бесконечно высокая степень возбудимости невозможна — невозможна уже потому, что если бы такая действительно существовала и существовала прежде, то переход к конечной, какую мы находим, мог бы совершиться лишь в бесконечное время, в вечность, то есть никогда; а тем самым невозможно и второе — бесконечное уменьшение x, его исчезновение, и наоборот. *Стало быть, и в цепях из одних животных частей, при замыкании которых мы даже при очень высокой возбудимости уже не видим сокращения, и в них, лишь бы эти цепи обладали признаком неделимости на равные половины, тем не менее должно иметь место действие, только оно меньше*

того x, которое дано этой степенью возбудимости. — Но присутствие этого < x можно, как, пожалуй, и следовало ожидать, действительно показать чувственно, если соединить его в цепях с уже существующим действием, очень близко подходящим к x возбудимости находящихся в этой цепи органов; и наступление сокращения удостоверяет теперь, что возбуждающее его действие > x и что, стало быть, к < x этой цепи прибавилось нечто = > x − < x, отчего составилась сумма < x + > x − < x = > x. Это > x − < x следует искать не в чем ином, как в прибавившихся, самих по себе недостаточных для мышечного движения определяющих причинах, возникших от соединения разнородных одних животных частей. Ведь совершенно непонятно, а потому никогда и не может встретиться в опыте (ибо для этого его все же надо было бы понять), как это > x − < x стало здесь, в этой действующей цепи, сопровождаемой мышечным движением, действием, то есть вообще чем-то, если само по себе оно уже не было чем-то, если, напротив, оно должно было стать тем, чем было теперь, лишь благодаря чему-то вполне ему однородному, — о котором, однако, тогда пришлось бы с таким же правом сказать, что оно стало тем, что оно есть, лишь благодаря последнему. Но как от простого сложения ничего с ничем могло бы получиться нечто, как 0 + 0 = 1, — это совершенно непостижимо и потому невозможно. — А как обстоит дело с возникновением чего-то из ничего, так, пожалуй, обстоит оно и с переходом чего-то обратно в ничто, или с тем, как, если *n* означает конечное число, 1/*n* могло бы стать = 0 (цифре нуль).

Примечательный опыт может дать тому пример, но для его понимания нужно сперва установить некоторые обстоятельства, до сих пор еще не встречавшиеся. Известно, что на рис. 12, где *f* и *e* — два различных металла, а *i*, *i* — два однородных влажных

проводника, например куски мокрой губки, лапки *a* и *b* при еще существующей возбудимости претерпевают при замыкании сокращения. Известно, что эти сокращения относятся как различия в сродстве *f* и *e* к кислороду, или, общее, как различия обоих по качеству; что данные тем самым определяющие причины действий равны этим различиям, ибо различия по качеству и суть сами определяющие причины; и так же относятся и определяемые ими действия — как определяющие их причины, ибо те суть причины лишь постольку и в таких степенях, поскольку и насколько велики эти различия. Что определяющие причины, данные в соприкосновении *f* с *i* и *e* с *i*, по своей степени находятся во взаимном отношении с определяющей причиной в *g*, — известно, и, как и в § 13, нет нужды принимать во внимание эти другие определяющие причины: ведь *g* есть то, что оно есть, лишь благодаря тому, что другие суть то, что они есть, и наоборот; *g*, стало быть, может быть и есть представитель всех сразу так же, как и любая другая, отчего выбор одной из них становится совершенно произвольным, лишь бы в сравнительных опытах выбиралась одинаково расположенная определяющая причина. Пусть поэтому *g* будет той определяющей причиной, которой мы пользуемся, чтобы выразить величину действия в цепи. Как она растет, растет и действие; как она падает, оно убывает. Мы знаем, что (в этой записи пусть названия веществ, соединенных знаком + и дающих определяющую причину действия, выражают саму степень действия) цинк + бурый камень > цинк + графит > цинк + уголь > цинк + золото > цинк + серебро > цинк + ртуть > цинк + висмут > цинк + медь > цинк + железо > цинк + олово > олово + свинец и что (цинк + свинец) · *m* = цинк + серебро, или (цинк + свинец) · *n* = цинк + бурый камень.

Далее находишь, что при надлежащей возбудимости органов на рис. 76 — где левое *p* и *i* следует представлять себе однородными, оба цинк, *g* и *f* — равными *i* и *i* на рис. 12, а *i* — состоящим из двух частей, как, например, *e* на рис. 13, — сокращение бывает, когда после того, как *p* справа, означающее свинец, олово, железо и т. д., и *i*, уже связанное с ним через *f*, приведены в непосредственное соприкосновение, цепь замыкают в указанной точке деления *i*. Но возникшее тем действие несколько слабее, чем в том случае, когда *i* не связано одновременно с *f* непосредственно. Это доказывается сокращением, которое при том же способе замыкания претерпевает одна из двух находящихся в цепи лапок, а именно *a* слева, если левое *p* при неизменном цинке *i* взять равным *p* справа, то есть если то было, например, серебро, тоже серебром; это сокращение, однако, не появляется, как только *g* слева, равное *f*, тоже соединяет *p* этой стороны с *i* и на обеих сторонах, стало быть, наступает равенство. Далее находишь, что при равных между собой *p*, *p* и одинаковом способе соединения обоих с *i* через *f* и *g* ни одна из лапок не сокращается даже при высшей возбудимости, если между *p* и *i* справа поместить, как угодно, либо все металлы, следующие в приведенном ряду от цинка до серебра и дальше, — свинец *k*, олово *l*, железо *m*, медь *n*, висмут *o*, — либо лишь некоторые из них, так, как это сделано на рис. 75, тогда как на рис. 76 слева промежуток между *p*, которое следует представлять себе соединенным с *i* продолжением *g*, и *i* остается пустым. Итак, даже в этих кажущихся запутанными соединениях видишь величайшую гармонию с тем, что найдено в §§ 12 и 13 для более простых сочетаний, если заметить, например, что и здесь действие, определенное непосредственным соприкосновением *p* и *i* на рис. 76 при тамошних обстоятельствах (соединении обоих

через *g*), совершенно равно сумме действия, возникающей на рис. 75 из многих меньших различий по качеству в *r*, *s*, *t*, *u*, *v*, *w* между *i* и *p*, — точно так, как мы нашли это в § 13 для более простых случаев; и как там, так и здесь любая одинаково расположенная главная определяющая причина, находящаяся в непосредственной взаимосвязи с остальными, может служить представителем действия во всей цепи. В тех более простых случаях было видно, как при падающей возбудимости органа существующая степень действия, до тех пор достаточная для возбуждения сокращения, становилась наконец для этого недостаточной и как должна была вступить более сильная, чтобы видимо действенно раздражать. Поэтому как там, так и здесь, при обстоятельствах рис. 75 и 76 (повторном соединении возбудителей через влажные части *f* и *g*), в период раздражимости органа наступит момент, когда существовавшее до тех пор действие слишком слабо, чтобы и дальше вызывать мышечное движение; а так как при одинаковых возбудителях действие при способе соединения рис. 76 к тому же слабее, чем без него, то этот момент наступит здесь тем раньше. Но так как и здесь есть различные степени действия, идущие параллельно тем, что упомянуты в начале этого параграфа без такого способа соединения, то если *p* и *i* на названном рисунке слева равны, например оба цинк, а *p* справа — свинец, и это соединение как раз перестало действовать, сокращение еще произойдет, если *p* будет оловом, а если и здесь уже нет — если оно будет железом и т. д. Далее, по сказанному выше, все равно, соединено ли это *p*, которое пусть теперь будет железом, с *i* непосредственно или же оно касается кусочка олова (лежащего вместе с тем на *f*), а тот — кусочка свинца (стоящего в том же отношении к *f*), и лишь этот касается *i*; и в цепь входит одна и та же степень действия,

замкнется ли она сразу — тем, что после того, как только что описанное соединение уже сделано, *i* приходит в соприкосновение с левым *p*, — или же постепенно, так что сначала *i*, касающееся *f* на конце, более удаленном от органов, соединяют с левым *p*, затем куском свинца — точку *f*, лежащую внутри уже замкнутой цепи, с этим *i* (как это делает *k* с *i* на рис. 75), затем оловом — подобную точку на *f* с прежним свинцом (как там *l* с *k*) и, наконец, железом *p* — такое же место *f* с ближайшим оловом. Поэтому вполне понятно, что это дает нам хорошее средство поместить органы в область весьма значительных сумм действия, которые могут определяться не только соединениями, доходящими до железа, но и любыми идущими дальше, до серебра или бурого камня, или вообще любыми соединениями, какого бы рода они ни были, — и все же не дать всей этой сумме сразу подействовать на мышечное движение. Ведь однажды возникшее и продолжающее существовать действие в это время обычно никогда не бывает деятельно в этом смысле с видимым успехом, а лишь при своем вступлении и выходе, и при каждом увеличении действия в цепи на мышечное движение прямо расходуется лишь то, на сколько нынешнее действие отличается от непосредственно предшествующего. (Ибо явлений, связанных с теми, что рассказаны в четвертом абзаце § 19 при рис. 65, здесь ожидать нечего: *f* и *g* на рис. 75 и 76 играют ту же роль, что внешние отрезки нервов на рис. 65, когда они отделены перерезкой или перевязкой в *n* от отрезков, еще ненарушенно и органически связанных с мышцами, — а тогда те явления при втором замыкающем *e* и *f* отпадают.) Понятно также, что если бы возбудимость раздражимых органов в гальванической цепи упала уже так низко, что те различия порознь, даже наибольшее из них (каким в приведенном ряду, пожалуй, будет различие цинка и

свинца), примененное в одиночку при обстоятельствах, выраженных на рис. 76, уже не могло бы возбудить мышечного движения, то можно было бы без всякого сокращения, которое органы при этом претерпели бы, постепенно подвергнуть их такой сумме действий, которая, если бы им подвергли их сразу, была бы способна возбудить в них еще сильные сокращения, — короче, сумме, которая была бы < x · *n* = > x.

Эта возможность в опыте, который будет сейчас рассказан с помощью рис. 75, совершенно переходит в действительность. Здесь *a* и *b* — две лягушачьи лапки, соединенные однородным проводником *e*, *c* и *d* — их нервы; раздражимость их упала как раз настолько, что если на рис. 76 подвергнуть их действию наибольшего из прочих различий, встречающихся в опыте, — различия цинка и свинца, — так что при неизменной однородности *f* и *g* левое *p* и *i* — оба цинк, а правое *p* — свинец, то ни в одной из них при замыкании цепи уже не появляется подергиваний; *g* и *f* равны друг другу и те же, что на рис. 76, *h* и *i* — сухие цинковые стерженьки. Один прикладывают к *g*, другой к *f* и замыкают в *q*: все спокойно, ибо цепь несет признак одинаковой делимости. Прикладывают свинец *k* к *f* и *i* — все остается спокойным. Так продолжают с оловом *l*, железом *m*, медью *n*, висмутом *o* и серебром *p*, но покой все время сохраняется, если только все тела от *h* до *p* совершенно сухи и прибор не терпит помех от сотрясения и т. п. Можно продолжать и дальше с названными выше телами, вплоть до бурого камня, — и все остается так же спокойно. Но тем не менее в цепь вошла весьма значительная сумма действия, которая вся и теперь, после замыкания, продолжается. В ее присутствии убеждаешься по сокращению, которое претерпевает *b* при еще достаточной возбудимости, если соединить *p* и точку на *d* вторым *p*. Это тот же

случай, что с *f*, *d*, *f* на рис. 65. Определеннее и вернее присутствующее действие обнаруживается сильным сокращением еще очень раздражимой лягушачьей лапки, подобной *d* на рис. 73, нерв которой, как здесь *c*, касается в двух точках нерва той или другой лапки, или обоих нервов сразу, или нерва и мышцы, или даже только узкого проводящего *g* или *f*. Очень определенно видно, как подергивания этой лапки растут, когда действие в цепи растет, и как они вместе с ним снова убывают и исчезают, когда снимают сначала *p*, затем *o* и так далее, пока цепь совсем не будет разобрана. Если расставить все от *i* до *p* по рис. 75, не замкнув прежде *h* и *i* в *g*, и теперь замкнуть, то *a* при этом сильно сокращается, и *b*, может быть, тоже, но *a* при размыкании — никогда, если к тому не побудят другие обстоятельства. Эти подергивания убывают и исчезают, если перед опытом убирать *p*, *o* и т. д. одно за другим; они возвращаются и растут, когда их снова добавляют. Но если снимать их одно за другим, пока в *q* цепь остается замкнутой, то никаких сокращений не бывает. Здесь, очевидно, нечто, некое > x, разлагается на *n* частей, каждая из которых равна < x. Оно делится, и деление конечно, а с ним конечна и часть; никогда не может она перейти в ничто, всегда остается нечто; и так мы имели бы убедительнейшее доказательство того, *что в гальванических цепях, по первому закону § 11 не делимых на равные половины, действие имеет место и тогда, когда мышечного движения при его вступлении и выходе нет, только это действие тогда слабее, чем когда оно сопровождается сокращением подверженных ему органов*. Но как несомненно то, что возбудимость существует, так она вечно будет оставаться в пределах конечного, и так же несомненно для всякого возбуждения вообще потребуется конечная степень действия. Но эта конечная степень, как бы мала

она ни была, все еще делима, делима до бесконечности, и этих частей я всегда могу взять меньше, чем число, выражавшее количество сделанных. Всегда и всюду поэтому может быть степень действия меньшая, чем нужная для возбуждения даже при высшей встречающейся степени возбудимости, как бы мала ни была эта нужная степень; и так и в цепях *из одних животных частей*, если возбуждение производит единственно или по крайней мере прежде всего деятельность этой определенной формы, будут степени существующего действия более слабые, чем нужная для видимого действия = > x; но это все еще деятельность того же рода, той же формы и т. д. Наше доказательство, стало быть, вполне имеет силу для *всякой* гальванической цепи, какого бы рода она ни была, лишь бы она содержала уже достаточно часто упомянутые условия.

Как велико влияние деятельности в только что описанных цепях рис. 75 на органы, тому служит еще ясным доказательством то, что даже при уже очень вялой возбудимости органы все же подвергаются тем примечательным изменениям, о которых говорилось в § 20. Я несколько раз видел, как в *b* на названном рисунке длительным действием тамошней цепи во время долгого замкнутого состояния — хотя оно было достигнуто без малейших подергиваний *a* или *b* — снова вызывалась такая степень возбудимости, при которой лапка в миг размыкания приходила в состояние напряжения, а когда оно ослабевало, вне цепи сильно сокращалась, если ее нерв загибали назад к мышцам и приводили в соприкосновение с ними наподобие рис. 26 и 27, тогда как в *a* при сильном раздражении сокращения были слабыми или их больше не было вовсе. Тогда я положил почти мертвую *a* на место *b*, а столь возбудимую *b* — налево; через некоторое время эта была мертва, *a* же снова ожила. Что может разительнее доказать

присутствие и продолжение в гальванической цепи таких степеней действия, которые меньше x и при вступлении которых мышечного движения не бывает, чем это! —

ВТОРОЙ ОТДЕЛ

✦

Выводы из результатов предыдущих исследований

§ 23. Повторение условий действенности гальванизма

До сих пор мы занимались перечислением самых примечательных явлений, встречающихся при гальванизме, то есть посредственно или непосредственно чувственно воспринимаемых изменений, которые производила прежде всего в органах деятельность, данная одним лишь замыканием возвращающегося в себя ряда тел определенного качества, расположенных в определенном порядке, среди которых находились нервы или мышцы более или менее раздражимого животного органа или то и другое вместе, — как ее начало и прекращение, так и ее длительное продолжение во время замкнутого состояния этого круга. Мы отыскивали условия, с которыми она дана, и законы, которым она подчинена. Так мы получили общие результаты, из которых теперь кратко повторим лишь те, что особенно нужны нам здесь.

Мы нашли, что для деятельности в известной форме требуется:

Чтобы все звенья цепи были хорошими проводниками электричества (немногие исключения см. § 3).

Они должны были быть различного качества, ибо только тем вообще даны определяющие причины деятельности. Всякое действование в природе стремится к *равновесию*. При *однородном* же качестве равновесие с самим собой уже есть, и *основания для деятельности нет*.

Цепь должна была быть смешанной из твердых и жидких тел; а так как животные части во влажном состоянии суть самые настоящие смеси твердого и жидкого, то понятно, как и одни животные части при надлежащих условиях могут давать действующие цепи.

Цепь, в которой должна иметь место деятельность в известной форме (динамическая циркуляция), не должна делиться никакими двумя точками своего круга на две половины, в которых звенья и их взаимные отношения были бы одинаковы. Половины должны быть неравны, а для этого нужно по меньшей мере три отличных друг от друга качества: в нашем случае три различные животные части, или две и одна влага, или одна и две различные влаги, одна или обе животные или не животные.

§ 24. Те же условия в животном теле

Но где эти условия выполнены определеннее, чаще и разнообразнее, чем —

в живом животном теле!

Повсюду в нем находятся требуемые три разнородности. Где мышечное волокно без нервов и жидкостей разного рода? Где нашлась бы в теле часть, которая не содержала бы приводящих и отводящих сосудов, наполненных различными жидкостями? В какой же связи находятся друг с другом мышцы, нервы, сосуды, клетчатка, кровь и т. д.? Не сплошь ли это постоянно замкнутые цепи? — Где найдется в животном теле, от более одушевленного нервного волокна вниз до (относительно) менее организованной кости, часть, в которой не происходил бы постоянный обмен материи, соединение и разделение вещества? Но при всяком соединении различаешь два соединяющихся и одно соединенное,

при всяком разделении — разделяемое и два разделенных, в обоих случаях три различных, а большего гальванизм как условия своей действенности не требует! Всякую часть тела, как бы проста она ни была, следует, стало быть, рассматривать как систему бесконечно многих бесконечно малых гальванических цепей, ибо делить можно до бесконечности, и все еще части будут казаться (в этом отношении) подобными целому. Такие же *системы* снова входят *звеньями* в высшие цепи, эти — звеньями в еще более высокие, и так далее до величайшей, объемлющей все остальные. Так части возвращаются в целое, а целое — в части. — Но иначе ли в человеческом теле, иначе ли в оболочке червя? Иначе ли от слона вниз до нежной наиды, от кита до инфузории? — Нет! Повсюду есть основание, а с ним и обоснованное. И обоснованное есть

длящаяся деятельность в длительно замкнутых цепях.

Что же стоит тверже, что обосновано сильнее, чем **доказательство того, что постоянный гальванизм сопровождает жизненный процесс в животном царстве**?

§ 25. Несколько намеков на то, что отсюда могло бы следовать для объяснения некоторых явлений в жизни животного тела

Итак, мы оправдали заглавие нашего сочинения и тем получили результат, по-видимому, немаловажный. Но неужели из взгляда на животное тело как на *систему бесконечно многих, самым разнообразным образом входящих друг в друга и действующих друг через друга, постоянно деятельных гальванических цепей* ничего более не следует? Неужели это должно стоять так сухо? О нет, конечно; и этот ответ не нуждается в оправдании для того, кто

обратил внимание на многообразные важные отношения, открывавшиеся ему по ходу наших исследований. Более серьезное их рассмотрение, сравнение их с другими явлениями природы, развитие того, что из них вытекает, и точнейшее согласование всего этого и подтверждение его опытом и через опыт я откладываю до другого времени; но несколько беглых намеков мне, надеюсь, будет позволено дать уже теперь, хотя бы и несовершенно.

Степень деятельности всех этих цепей определяется качеством их звеньев, и наоборот. Ни в одном их звене не может произойти изменение, которое не оказало бы влияния на целое, на цепь: ведь тем видоизменена степень ее действия, тем эта цепь стала как звено высшей цепи иным звеном, а с тем и действие этой высшей стало иным, и так далее. Но § 20 так ясно научил нас, какое влияние эта деятельность имеет на состояние органа, как оно претерпевает видоизменения вместе со степенью этой деятельности. Ни в одном звене, стало быть, не может произойти изменение без того, чтобы то же не случилось и с остальными; и как действие высших цепей видоизменяется общими причинами, так тем самым видоизменяются и все низшие и их звенья: имеет место совершеннейшее взаимоопределение. Но эти видоизменения, пожалуй, не могут распространяться по всей системе равномерно. Мыслимо, что с повышением действия одной цепи (по отношению к ее прежнему состоянию) действие второй понижается, третьей уничтожается, а так как каждая из этих деятельностей имеет определенное направление, действие четвертой переходит в противоположное направление, тогда как пятая повышается как раз на столько же, сколько первая, а шестая — гораздо больше нее, и т. д.; ибо для каждого из указанных здесь и для многих других случаев опыт дает подтверждающие

примеры. — Так, может быть, всякое изменение пространственных отношений различных частей тела друг к другу могло бы сопровождаться возникновением новых сочетаний цепей и упразднением прежних из-за изменившегося положения их звеньев друг к другу. Кажется, будто ничто не может войти в тело, не повлияв на действие этих сочетаний цепей, и ничто не может удалиться из него без их изменения. Неужели всякое лекарство — а среди них так много таких, способ действия которых мы до сих пор не могли понять, — если не единственно, то непременно всегда наряду с прочим, действует ли оно в остальном химически или механически, не видоизменяет благополучие или страдание тела изменениями, которые оно вызывает в действиях гальванизма в системе цепей животного тела, и не действует ли оно часто преимущественно этим путем? Оно могло войти как звено или изменить прежние звенья химически и тем то повышать, то понижать степень действия цепи; оно может изменять среды, в которых действуют эти цепи, — а что и они должны иметь весьма значительное влияние на степень действия в цепи, это каждому покажется весьма вероятным, и опыт это подтверждает; об этом я, впрочем, думаю поговорить подробнее в другой раз. Что же происходит, когда наружно употребляют соляные, железные, серные или другие ванны, когда втирают ртутные средства, летучую мазь и другие средства? Что — когда соли, кислоты, мускус, опий и т. д. принимают внутрь, когда они или их так называемые тонкие части принимаются в кровь; когда кровь тем самым как звено стольких деятельных цепей, а с ней и действие всех их, претерпевает изменение; когда она видоизменяет вещество, которое должен получить орган, а тем — деятельность этого органа, и так далее? Не известны ли самые действенные

возбудители гальванизма большей частью давно уже как вызывающие примечательные изменения в животном теле и потому отчасти как действенные лекарства? Посмотрите еще очень неполный их перечень в § 6. Изумляешься, видя на рис. 12, когда *f* — цинк или другой металл, а *e* — надлежащим образом разбавленный *экстракт опия* или так же хорошо просто растертый с горячей водой *опий*, действие, равное действию двух различных металлов. Какое примечательное место занимает в том ряду уголь — этот уголь, который с некоторых пор так отличается как лекарство! Чем свободнее он от связанного воздуха, чем лучше выжжен, тем действеннее он в гальванизме, но тем больше он дает и врачу. Жареная, поджаренная пища раздражает сильнее, но в ней и углерод, это столь деятельное в гальванизме вещество, более или менее освобожден. Опьяняющий винный спирт немало видоизменяет действие гальванических цепей, но он же так деятельно раздражает и в животном теле. Так называемые смягчающие средства — масла, слизи и т. д. — в соединении с сильными возбудителями гальванизма, например со щелочами, сильно понижают степень их действенности. Что, если бы все тела по своему отношению к гальванизму располагались в ряды, идущие, может быть, параллельно тем, на какие их делит разумная Materia medica? У меня есть основание, судя по опытам, считать утвердительный ответ на этот вопрос более чем вероятным. Не станет ли так однажды возможным для врача за рабочим столом несколькими опытами над раздражимым мышечным и нервным волокном отыскать средство, которое должно спасти его больного? Не следовало бы уже теперь обратить внимание на то, чтобы испытать некоторые тела, ради их дешевизны, как действенные лекарства? Что, например, производит в животном теле

кристаллическая известь бурого камня, это (для меня по крайней мере) столь примечательное вещество, что — графит и другие?

Но не только изменения в больном теле — и состояние здорового, по-видимому, может ожидать кое-какого разъяснения. Не следует ли из наших рассуждений прежде всего (в надлежащем смысле слова) *особая* раздражимость каждой отдельной части тела? Нужен ли еще физиологу чувствительный нервный флюид, распространяющийся на ближайшие части, чтобы объяснить ощущение в местах, более бедных нервами? Неужели нечего ждать разъяснения о столь часто трудно объяснимом явлении сострадания частей? Ничего — о некоторых странных явлениях в животном теле, например при животном магнетизме и т. д.? Ничего — о еще загадочной функции того или иного органа? Ничего — о кажущемся упразднении или, определеннее, лишь изменившемся направлении химических сил в живом теле? Никакого расширения, никакого исправления теории способа действия органов чувств? Не видели ли мы выше при действии гальванизма на органы чувств, что ощущение длилось, пока цепь была замкнута, и не заключили ли мы отсюда с такой истиной о продолжении действия в цепи? Но ведь в животном теле повсюду замкнутые цепи, и повсюду они посредственно или непосредственно связаны с нервами, способными передавать вызванное в них изменение. Постоянно, стало быть, существует известная сумма ощущения (да позволят мне это неопределенное выражение вместо лучшего, которое мне сейчас не приходит на ум); но пока в системе есть единство, гармония всех действий, или, что одно и то же, пока есть здоровье, до тех пор не будешь сознавать этой массы ощущения: ведь она равномерна, и даже если бы она правильно колебалась, это колебание было бы равномерным и потому не доходило бы до сознания. Это то

состояние, когда „себя не чувствуешь“. Но когда единство нарушается, наступает дисгармония тех действий или возникает отличие части или целого от прежнего состояния, и притом достаточной величины, — когда мы можем сопоставлять, тогда только мы обыкновенно ощущаем с сознанием: теперь мы знаем, что нам тепло, что нам холодно, теперь только мы обоняем, вкушаем, слышим, видим, осязаем. Если бы в дальнейшем оказалось законом: все, что ускоряет или замедляет химические процессы, вызывает иные их продукты, что вообще изменяет качество, то видоизменяет и действенность гальванизма, и наоборот, — то будет ли влияние тепла, света, электричества на животное тело так же трудно понять, как порой до сих пор? Не получат ли более верных представлений об изменениях, которые претерпевает от этого орган? Станет ли менее непостижимой тесная связь между телесными и душевными страданиями — то, как, например, внезапные перемены в душевном состоянии вызывают болезни тела, и наоборот? Где же великая связь между телом и душой? — Но вот еще что: если бы в животной машине было тело, качество которого через правильные промежутки менялось; если бы это тело было звеном цепи, действие которой прежде всего касалось бы известных нервов легко сокращаемых мышц; если бы эти мышечные волокна принадлежали, скажем, сосудам, в которых жидкости должны продвигаться попеременным сужением и расширением этих сосудов, — что же было бы следствием изменения действия той большой цепи, к которой принадлежит это тело, изменения, так правильно определенного колебанием качества этого тела и постоянно возвращающегося? Без сомнения, попеременное сужение и расширение тех сосудов. А с ним? Продвижение содержащихся в них жидкостей. Но есть ли в жизни животного тела (в животной

экономии) тело, обладающее этими свойствами? О да! кровь. Нагруженная кислородом (окисленная), она идет во все части тела, отдает его там и возвращается (раскисленная) к легким, так же нагруженная веществом, отчасти способным заново связывать кислород, отчасти излишним для тела; здесь она снова меняет свое качество, чтобы начать ту игру заново. А как важно при гальванизме различное отношение к кислороду, этому достаточно научили §§ 12 и 13. Предположим теперь, что гальваническое действие, которое прежде текло через все части, нужные для того отправления, было бы каким-нибудь случаем отведено через близлежащую часть, проводящую, может быть, как раз теперь лучше; или из-за недостатка кислорода в легких уже не могло бы возникнуть различие по качеству, нужное для того различия действий, которое необходимо для надлежащего видоизменения состояния сокращения мышечных волокон тех сосудов; или каким-нибудь мыслимым случаем направление действия, прежде направленного к жизни, вдруг стало бы обратным (нервы сокращаемых мышечных волокон раздражались бы, например, вместо прежнего положительного (см. § 20) теперь отрицательно), — что последовало бы? Кровообращение прекратилось бы, больной казался бы мертвым. Если бы теперь в первом случае, когда ближайшие возможные отведения были бы уже известны, приложили к выходу и входу проводящего пути в надлежащую цепь проводник лучший, чем тот, что дает отведение; или во втором случае дали бы — а не делали ли этого уже действительно? — крови в легких, например вдуванием кислородного воздуха, возможность снова получить нужное различие по качеству; или, как в последнем случае, приложили бы где-нибудь на протяжении действующего круга значительно сильное действие, идущее в одном направлении с действием,

направленным к жизни, например действие двух различных металлов, и в последнем случае достаточно сильное, чтобы за вычетом противоположно действующей степени действия в цепи, которую надо обратить, все еще оставалось действие, достаточно большое для возбуждения частей, принадлежащих к этой системе цепей, — что тогда, вероятно, произошло бы? Снова начался бы пульс, и умерший пробудился бы. Почти кажется, будто мы здесь приближаемся к великой тайне объяснения кровообращения. Но это могла бы быть лишь видимость, а настоящий естествоиспытатель хочет достоверности, а не видимости. Да простят нам поэтому эти предположения, которые, как иначе и быть не может, многим, даже очень многим, должны показаться довольно смелыми и которые можно было бы умножить еще многими другими; может быть, мыслящая голова, знакомая со всем богатством гальванических явлений, защитит нас до тех пор, пока опыт, который мы непременно должны об этом допросить, не выскажется определеннее за то или другое.

§ 26. Бывает ли действие в цепях, среди звеньев которых нет частей животного?

Этот вопрос я слышу обращенным к нам, и хотя ответ на него требует глубоких исследований, которые будут предприняты в другое время, все же не бесполезно сказать о нем заранее несколько слов.

До сих пор мы говорили о деятельности, об определяющих причинах деятельности, не заботясь о том, *что* же деятельно. Не могло ли бы уже то обстоятельство, что нам ни разу не понадобилось спрашивать об этом «что», навести на мысль, что этот вопрос, пожалуй, может быть излишним и в других случаях?

Между тем в нашем случае деятельным объявляли то водород, то кислород, то электричество, то заставляли раздражимые нервы выделять более тонкий флюид, который затем, смотря по свойствам звеньев цепи и претерпев от них то больше, то меньше сопротивления, должен был с большей или меньшей силой, чем без этого сопротивления, снова взрывообразно разряжаться в нерв или мышцы и через более тесное соединение веществ, бывших прежде в более газообразном состоянии, производить сокращение примерно так, как электрическая искра, когда она соединяет два газа в капельную жидкость, то есть в гораздо меньший объем. Двум первым допущениям доказательство гальванизма, простирающегося дальше животного царства (динамической циркуляции вообще), не было бы особенно противно, если бы опыт и без того уже прямо не говорил против тех гипотез. Столь же мало было бы оно противно третьему, где деятельно электричество. Но последнее, одно из новейших, выдвинутое господином *фон Гумбольдтом*, вероятно, плохо уживалось бы с этим доказательством, ибо по нему только животные части, только животные части, содержащие раздражимые нервы, могут давать тот флюид, текущий в цепи. Может показаться странным, что мы в нашем сочинении ни разу не упомянули этой теории, ни разу — циркулирующего нервного флюида; но мы хотели отделить факты от гипотез, и потому это отвлечение было необходимо. Наши законы, чисто взятые из опыта, останутся законами; будущее может решить в пользу того или другого. Опыт никогда не приходит в противоречие с самим собой, не придет он в него и с теми законами. Поведение причины, действующей в гальванической цепи, останется поведением деятельности, определяющие причины ее всегда останутся теми же, что бы ими ни определялось, и только разнородность будет

давать эти определяющие причины, — лишь бы не забывать, что такое собственно разнородность и что она вполне верно определяется только различием совокупностей качества и количества двух материй. Но ведь качество тела определяется вместе с тем и его пространственным отношением к другим телам. Все в природе, например, тяготеет друг к другу; тяжесть есть лишь наибольшее тяготение, но все следует одним и тем же законам, а известно, что тяжесть растет и убывает обратно квадратам расстояния. И так в цепях рис. 13–15 *полное* равенство на обеих сторонах могло бы наступить лишь тогда, когда *f* и *e* были бы совершенно одинаковой величины, их расстояние от органа и между собой всюду одинаково и т. д. Предположим теперь, что действительно существует флюид, перетекающий из нервов в звенья цепи, — даже теория *фон Гумбольдта* должна была бы подчиниться тем законам. — Легко видеть, какая нужна осторожность, чтобы не решать о подобном слишком поспешно. — Проверка ходячих до сих пор теорий, особенно последней, представляется немаловажной, тем более что мы уже в нескольких местах этого сочинения наталкивались на обстоятельства, не желавшие согласоваться с положениями этой последней. Но такая проверка требует гораздо более глубоких исследований, ибо речь идет ни много ни мало как об истине, а с ней шутить нельзя. Поэтому мы пока оставляем ее за собой и выставляем лишь еще несколько общих идей.

Излагая доказательство того, что постоянный гальванизм сопровождает жизненный процесс в животном царстве, нам вовсе не нужно было спрашивать, требуются ли непременно животные части, присутствующие в цепи, для действия в ней; довольно было знать, что и одни животные части дают действующие цепи. (Наше доказательство ничуть не пострадало бы и в том случае,

если бы нам показали, что действие имеет место и в цепях менее чем из трех таких частей; оно даже выиграло бы при этом, если бы этот случай уже не содержался в целом.) — Но что же такое животная часть и что — тело, к которому она принадлежит? Оно есть система действующих друг в друге сил; его часть есть то, что она есть, через свое целое, а целое обосновано частями; то и другое взаимно суть средство и цель, и произведение всякое мгновение иное и все же опять то же самое, — динамическая система, которая своей деятельностью заново обосновывает эту же деятельность, а с ней и длительность своего существования. Этой системы отдельный орган есть часть, определенное динамическое отношение, и три таких различных отношения дают действующие цепи. Но та система сама есть то, что она есть, не сама по себе одна: она такова лишь постольку, поскольку она часть высшей динамической, но совершеннейшей органической системы — *природы*, и тем, что она вообще есть, она обязана самой природе. Природа есть идеал всех органических существ, абсолютно замкнутая в себе, вечная в себе и вечно то, что она есть, живущая, пребывающая — *природа*. Мировые тела — ее кровяные шарики, млечные пути — как мышцы, и небесный эфир струится по ее нервам. И, о какое соотношение! — лишь в существах, приближающихся к точкам, в триллионы раз меньших, чем мельчайший из тех кровяных шариков, лишь в них должна была бы проявляться деятельность в той определенной форме (замкнутой цепи)? Поистине, я этого не понимаю; невозможно, чтобы она не имела места повсюду во *всей природе*! Где солнце, где атом, который не был бы частью, не принадлежал бы этому *органическому ВСЕМУ, живущему ни в каком времени, объемлющему в себе всякое время*? — Где же остается различие между частями животного, растения, металлом и камнем? — Не

все ли они части *великого Все-Животного — природы*? — — Всеобщий, до сих пор еще не известный *закон природы*, кажется, светит нам навстречу! — Но, может быть, дальнейшее покажет, что это больше, чем видимость.

§ 27. Каково отношение гальванизма к электричеству и обоих к химии?

Я не могу закончить этих рассуждений, не сказав еще кратко кое-что о столь видимом общении между гальванизмом, электричеством и химией.

Если бы встала задача указать условия, при которых *три* находящихся вне друг друга, отличных друг от друга *тела, наполняющих пространство, без полного* перехода троичности в единство (качества), без так называемого химического соединения, могли бы действовать, и притом каждое на другое *непосредственно и вместе с тем посредственно*, — как решили бы эту задачу? — Коренной формулой *гальванизма*, рис. 20. Но *сколько* различных тел *самое большее* отвечало бы требованию — в этой форме возвращающегося в себя круга действовать каждое на другое *посредственно и непосредственно вместе*? — *Три*, и не больше. Но к *трем* сводится и самая сложная гальваническая цепь, и столько же различных звеньев необходимо для действующей цепи.

Далее: *сколько* различных тел, наполняющих пространство, могут разом *только непосредственно*, касаясь друг друга, действовать друг на друга, устанавливать динамическое равновесие *без полного* перехода различия в единство? — *Два*. И их произведение? — *Электричество*.

А как называют процесс, где *два* тела, наполняющих пространство, различного качества *полностью* переходят в единство качества? — *Химическим*.

И так выясняется отношение гальванизма к электричеству и электричества к химии. Можно ли еще удивляться, находя в гальванизме столь точное отношение к химическим соотношениям? Можно ли еще удивляться тесной связи между гальваническими и электрическими явлениями? (Сравните, например, превосходные опыты *Вольты*, в упомянутом месте, вып. 1, с. 128, вып. 4, с. 474, с §§ 3, 12 и 13 выше, откуда легко можно предсказать множество открытий, которые предстоит сделать.) — И так как в *полном* динамическом процессе, так называемом *химическом*, содержится и *частичный*, *электрический*, как в целом часть, то покажется ли странным возвещение, *что система электричества — не такая, какова она теперь, а какой она однажды будет, — станет вместе с тем системой химии, и наоборот*? —

§ 28. Заключение

На этот раз я прерываю эти рассуждения в надежде, что своим предметом они станут для других столь же важны, как для меня. Главный их результат, указанный заглавием, кажется действительно одним из тех плодов, которых с открытием гальванических явлений и после него надеялись дождаться от них с таким глубоким убеждением. Но еще не все они созрели. Как! если бы действительно не *гальванизм* в прежнем ограниченном значении слова, а вообще *действие* различных по качеству тел, наполняющих пространство, друг на друга *в его форме* было *всеобщим законом природы*, а законы, установленные в § 11, —

ближайшими его определениями? Каких расширений могли бы тогда ждать для себя физиология растений и зависящие от нее ветви естествознания, химия, минералогия, геогнозия, даже физиология вселенной? — Пусть всмотрятся как следует в первое положение § 27 и судят сами! — И неужели новый взгляд на *электричество* в том же параграфе окажется менее плодотворным следствиями для этого учения, в котором столько темного, что из-за самой темноты его едва подозревают? — О вы, привыкшие *мыслящим* взором созерцать природу, вы, кому дорога истина! нужна ли вам еще просьба беречь это дерево, заботливо за ним ухаживать? — ведь плодов у него много, и каждый достоин того, чтобы созреть. Поистине, жатва вознаградит вас. Уже само несовершенство этого сочинения может доказать вам, что это не дело одного человека: лишь соединенная сила многих в состоянии его завершить.