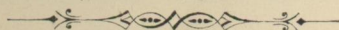


ИЗСЛѢДОВАНІЕ
НАДЪ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМЪ РАЗДРАЖЕНІЕМЪ НЕРВОВЪ.

КІМОРЕОНОМЪ.

Константина Данилевскаго.



ХАРЬКОВЪ.

Типографія М. Ф. Зильберберга, Рыбная ул., д. № 25 й.

1888.

НАСЛЕДОВАНИЕ

ИЛИ

ТЕКСТИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ

МОСКВА 1954

1954

1954

1954

ВВЕДЕНІЕ.

1. Настоящее изслѣдованіе представляет собою попытку къ изученію волнотока въ той формѣ, которая наиболѣе примѣнима въ электро-терапевтическомъ отношеніи. Новѣйшіе успѣхи электротерапіи ясно показываютъ, что раціональное примѣненіе ея способовъ можетъ быть гарантировано только при руководящемъ приложеніи фізіологическихъ законовъ. Въ силу этого, понятно фізіологическое изученіе какого либо электротерапевтическаго агента должно предшествовать изученію его въ патологическомъ отношеніи. Руководствуясь этимъ общепринятымъ принципомъ, я предварительно приступилъ къ изученію фізіологическихъ свойствъ волнотока. Предлагаемый трудъ представляет собою результаты этого изученія.

Въ фізіологической методикѣ за послѣдніе годы мы уже встрѣчаемъ попытки измѣнить обычные способы раздраженія нервовъ и мускуловъ, такъ какъ они оказались недостаточными для анализа чисто фізіологическихъ естественныхъ условій раздраженія нервовъ въ организмѣ; въ этомъ отношеніи еще очень ограниченное количество изслѣдованій, появившихся за послѣдній десятокъ лѣтъ, обнаружило замѣчательныя свойства осциллирующаго тока, какъ фізіологическаго раздражителя.

Въ самомъ дѣлѣ, хотя электричество, какъ раздражитель, наиболѣе приближается къ естественнымъ импульсамъ возбужденія, но, какъ показали новѣйшіе успѣхи фізіологій, ни эффекты индукціонныхъ ударовъ, ни—постояннаго тока не соотвѣтствуютъ

все таки эффе́ктамъ нормальнаго хода нервнаго возбужденія (Brücke, Fleischl, Loven, Kries и др.). На основаніи уже извѣстныхъ фактовъ а priori можно предположить, что искомымъ раздражителемъ можетъ служить постоянный токъ опредѣленной силы съ относительно рѣдкими колебаніями его густоты, протекающими ритмически съ опредѣленною небольшою скоростью. По этому поводу Fleischl говоритъ: „die Reactionen des Muskels auf lineare Stromschwankungen haben die grösste Ähnlichkeit mit seinen Leistungen bei dem natürlichen Gebrauche unserer Bewegungswerkzeuge und die „milderer“ Reize des Nerven durch Stromschwankungen von merklich endlicher Steilheit haben jedenfalls von den grellen Reizen durch Inductionsschläge und plötzliche Stromschliessungen und—Öffnungen das voraus, dass sie am Muskel Veränderungen hervorbringen, welche den im engeren Sinne physiologischen Functionen desselben näher stehen“ ¹⁾.

Свое заключеніе Fleischl основываетъ на опытныхъ данныхъ, изъ которыхъ выяснилось, что сокращеніе мускула, какъ эффе́ктъ раздраженія колебаніемъ постояннаго тока при опредѣленныхъ условіяхъ и сокращенія, вызванныя естественнымъ нервнымъ возбужденіемъ, имѣютъ одинаковую форму (по продолжительности). Затѣмъ онъ убѣдился, что ни одиночныя сокращенія, вызванныя одиночнымъ колебаніемъ тока, ни тетанусъ, вызванный рядомъ подобныхъ „нѣжныхъ“ раздраженій, не даютъ первыя—вторичнаго сокращенія, послѣдній—вторичной судороги. Въ этомъ отношеніи существуетъ нѣкоторое сходство между раздраженіемъ колебаніями гальваническаго тока и—естественнымъ физиологическимъ. Но аналогія идетъ еще дальше; она приобретаетъ особенное значеніе въ вопросѣ объ образованіи тетануса.

¹⁾ Fleischl, Untersuchungen über die Gesetze der Nervenregung. VI Abhandlung. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften. Wien. III Abtheilung. 1880 года, стр. 154.

Въ самомъ дѣлѣ, ни одинъ изъ до сихъ поръ извѣстныхъ искусственныхъ раздраженій не приближается къ естественному нервному возбужденію въ способности вызывать тетанусъ при относительно очень рѣдкихъ отдѣльныхъ раздраженіяхъ въ единицу времени. Fleischl же наблюдалъ сплошной тетанусъ при десяти раздраженіяхъ колебаніями тока въ одну секунду. Явленія этого рода, какъ онъ замѣчаетъ, даютъ ключъ къ уразумѣнію механизма произвольныхъ мышечныхъ сокращеній.

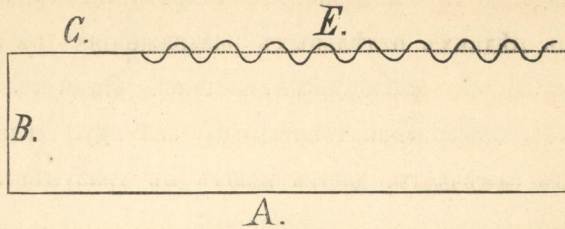
Этихъ предварительныхъ свѣдѣній достаточно, чтобы заключить, что волнотокъ или осциллирующій токъ представляетъ особенныя свойства раздражителя, отличныя отъ свойствъ—индукціоннаго и постоянного токовъ.

2. Для того, чтобы сдѣлать понятнымъ послѣдующее, я вкратцѣ здѣсь предположу общее понятіе о волнотокѣ. Болѣе подробно объ этомъ будетъ говорить въ 2-й главѣ.

Обыкновенно, при фізіологическихъ изслѣдованіяхъ, гальваническій токъ примѣняется, какъ раздражитель, или въ моментахъ замыканія и размыканія его, или же въ формѣ дѣйствующаго постоянного тока безъ измѣненія его силы. Въ послѣднемъ случаѣ, постоянный токъ графически можно представить какъ прямую линію, проходящую на опредѣленной высотѣ надъ абсциссой (изображающей время и нуль силы тока) и параллельную послѣдней.

Измѣненіе этой прямой линіи въ кривую или ломанную той или другой формы представляетъ собою извѣстныя колебанія тока, которыя будутъ измѣряться высотой ординатъ, соединяющихъ точки кривой съ абсциссой. Если же теперь, эти измѣненія силы тока, геср. его ординатъ, будутъ слѣдовать другъ за другомъ въ строго ритмическомъ порядкѣ на опредѣленной высотѣ отъ абсциссы и протекать въ измѣримый промежутокъ времени, то получится волнообразная кривая, которая графически изображаетъ волно-

токъ или осциллирующій токъ. Фиг. 1-я схематически представляет кривую волнотока.



Фиг. 1-я.

A — абсцисса времени, гдѣ сила тока $= 0$; *B* — ордината, изображающая данную силу первоначального тока; *C* — постоянный токъ; *E* — колебанія силы тока.

Этотъ волнотокъ можно разсматривать какъ бы составленнымъ изъ двухъ токовъ: одного — постоянного и равнаго средней высотѣ волнотока (пунктирная линія), а другого — алгебраически суммирующагося съ первымъ токомъ черезъ равные интервалы.

Стало быть, волнотокъ есть только извѣстная модификація постоянного тока опредѣленной силы. Понятно отсюда, что изученіе фیزیологическаго дѣйствія волнотока должно идти параллельно съ изученіемъ того же дѣйствія постоянного тока. При этомъ эффекты замыканія и размыканія того и другаго тока не должны приниматься во вниманіе при параллельномъ ихъ изученіи, такъ какъ заранѣе можно предполагать, что дѣйствіе ихъ въ томъ и другомъ случаѣ будетъ одинаково (см. ниже); главное же вниманіе должно быть обращено на сравнительное изученіе обоихъ токовъ при прохожденіи ихъ по нерву въ измѣримый промежутокъ времени.

Изъ этого простаго сопоставленія можно заключить, что изученіе раздражающаго дѣйствія того и другаго тока прямо вытекаетъ изъ содержанія закона Du Bois Reymond'a объ электрическомъ раздраженіи нерва. По смыслу этого закона, колебанія тока составляютъ главный моментъ раздраженія нерва.

3. Волнотокъ, разсматриваемый самъ по себѣ, есть раздражитель очень сложный: въ составъ его входятъ нѣсколько независимыхъ переменныхъ, и вліяніе его на нервъ обуславливается суммою этихъ элементовъ, какъ раздражителей. Именно, вліяніе волнотока на нервъ обуславливается отдѣльно дѣйствіемъ амплитуды колебанія тока, далѣе дѣйствіемъ его силы, формы и наконецъ, частоты колебаній въ единицу времени. Раздраженіе въ такомъ случаѣ должно разсматривать какъ функцію отъ нѣсколькихъ независимыхъ переменныхъ, входящихъ въ составъ волнотока, какъ суммарнаго раздражителя.

Ближайшая задача настоящаго изслѣдованія заключалась въ изученіи раздражающаго дѣйствія каждаго изъ вышеупомянутыхъ элементовъ раздраженія и въ указаніи значенія и роли каждаго изъ нихъ въ процессѣ раздраженія. Для этой цѣли, по предложенію проф. В. Я. Данилевскаго, я занялся въ 1881 году устройствомъ аппарата, предварительное сообщеніе о которомъ напечатано мною въ газетѣ „Врачъ“ (№ 22) за 1883 годъ¹⁾. Въ этомъ аппаратѣ даны всѣ условія, необходимыя для отдѣльнаго и комбинированнаго изученія вышеуказанныхъ элементовъ раздраженія (см. 2 главу). Такимъ образомъ, мы, выражаясь фигурально, разлагали волнотокъ на его составныя части и изучали въ отдѣльности каждую часть при прочихъ равныхъ условіяхъ.

Главное вниманіе было обращено на изученіе интервала волнотока; этотъ отдѣлъ получилъ у насъ наиболѣе подробную обработку во 1-хъ потому, что вліяніе интервала раздраженія связано съ вліяніемъ крутизны колебанія тока, которое составляетъ по Fleischl'ю существеннѣйшій моментъ въ процессѣ возбужденія

¹⁾ Вслѣдствіе постороннихъ обстоятельствъ, я могъ приступить къ точному физиологическому изученію волнотока только въ концѣ 1886 г. въ физиологической лабораторіи проф. В. Я. Данилевскаго.

нерва; во 2-хъ потому, что измѣненіе интервала сопровождается наиболѣе рѣзкими измѣненіями въ эффектахъ раздраженія, и наконецъ, въ 3-хъ, потому что предварительные, а затѣмъ многочисленные послѣдующіе опыты въ этомъ направленіи дали наиболѣе постоянные и тождественные результаты.

Менѣе обиленъ матеріалъ, предназначенный для изученія вліянія амплитуды колебанія волнотокъ, но тѣмъ не менѣе, все таки досточный для нѣкоторыхъ общихъ выводовъ. Дальнѣйшій вопросъ заключался въ детальномъ изученіи вліянія абсолютной высоты гальваническаго тока, около которой происходятъ колебанія тока, на силу раздраженія. Въ этомъ отношеніи, пробные опыты не дали точныхъ результатовъ, а потому этотъ вопросъ пока оставленъ мною въ сторонѣ и не введенъ въ настоящее изложеніе. Исслѣдованія, относящіяся къ изученію интервала и амплитуды волнотокъ, составляютъ содержаніе 3-й главы.

Нѣкоторые другіе вопросы, для которыхъ накопился досточный матеріалъ, не вошли въ настоящій трудъ. Къ этимъ вопросамъ относятся: вліяніе волнотокъ при извращеніяхъ направленія его въ нервѣ; вліяніе направленія волнотокъ при поляризаціи нерва на различныхъ полюсахъ его (въ смыслѣ закона Fleisch'я); вліяніе длины поляризуемаго участка нерва и т. д. Всѣ эти вопросы составятъ матеріалъ для отдѣльныхъ сообщеній.

По мѣрѣ накопленія фактовъ, возникали все новые и новые вопросы, съ рѣшеніемъ которыхъ связано было пониманіе смысла совершающихся явленій. Нѣкоторые изученные мною вопросы уже раньше разрабатывались Fleisch'емъ и Fuhr'омъ; другіе — возникали впервые. Вопросы о раздражающемъ дѣйстви „положительной“ и „отрицательной“ фазъ волнотокъ и о продолжительности мускульнаго сокращенія при раздраженіи двигательнаго нерва волнотоккомъ — изложены въ 4-й главѣ. Наиболѣе интересные факты мнѣ пришлось встрѣтить при изученіи

тетануса. Наблюденія Fleischl'я объ образованіи тетануса при большихъ интервалахъ раздраженія волнотокомъ и затѣмъ провѣренныя Fuhr'омъ, мною вновь точно констатированы даже при условіи примѣненія еще бѣльшихъ интерваловъ. Тетанусъ, наблюдаемый въ этихъ случаяхъ, образуется по совершенно иному закону, впервые формулированному Fleischl'емъ и отличному отъ закона складыванія сокращеній Helmholtz'a. Тѣмъ не менѣе, однако, рядомъ съ этимъ наблюдаются тетанусы, образованные и по закону суперпозиціи Helmholtz'a. Причины появленія тетанусовъ того и другого типа, а также всѣ факты, относящіеся къ тетанусу вообще, изложены мною въ 5-й главѣ.

Во всѣхъ своихъ опытахъ мнѣ пришлось убѣдиться въ томъ, что, въ предѣлахъ той частоты колебаній тока, которою я пользовался, наблюдается полный изохронизмъ мышечныхъ сокращеній съ колебаніями раздражающаго тока. Но тутъ же мнѣ пришлось натолкнуться на одинъ фактъ, который былъ затронутъ ранѣе Kries'омъ, Loven'омъ, Введенскимъ и др. Я говорю о слияніи отдѣльныхъ сокращеній мускула въ періоды. Въ этихъ случаяхъ, кривая, которую пишетъ непосредственно самъ мускулъ, чрезвычайно напоминаетъ кимографическую кривую давленія крови, гдѣ на большихъ дыхательныхъ волнахъ располагаются мелкія пульсовыя. Этотъ интересный фактъ обнаруживаетъ совершенно особенное свойство мускула складывать отдѣльные импульсы раздраженія въ періоды. Факты, сюда относящіеся, помѣщены въ 6-й главѣ. Въ этой же главѣ изложены результаты сравнительнаго изученія фізіологическаго дѣйствія волнотока и постоянного тока (гальванотонусъ).

Нѣкоторые другіе детальныя вопросы, которые имѣютъ близкое отношеніе къ моей задачѣ, затронуты на столько, на сколько это необходимо для уразумѣнія описываемыхъ явленій. Сюда отно

сятся вопросы о вліянні утомленія нервно-мускульнаго препарата на ефекты раздраженія и др.

Мнѣ остается сдѣлать небольшое замѣчаніе относительно аппарата. Изученіе его свойствъ (поляризаціи, сопротивленія и т. д.), какъ физическаго прибора, введено въ настоящій трудъ настолько, насколько это было необходимо для уясненія самаго метода изслѣдованія. Постоянство (законномѣрность) въ эффектахъ при одинаковыхъ условіяхъ раздраженія также служило для меня достаточною гарантіей въ томъ, что я имѣлъ дѣло съ постояннымъ раздражителемъ.

Судя потому, насколько результаты изслѣдованій раздражающаго дѣйствія волнотока на двигательный нервъ были плодотворны, новы и неожиданны у Fleisch'я и Fuhr'a, нужно полагать, что тѣ же условія раздраженія, будучи перенесены на другіе роды нервовъ (секреторные, сердечные, вазомоторные и др.), дадутъ не менѣ интересные и неожиданные результаты тѣмъ болѣе, что, какъ сказано выше, раздраженіе волнотокомъ по своимъ свойствамъ стоитъ значительно ближе къ естественнымъ условіямъ раздраженія, чѣмъ какіе либо другіе электрическіе раздражители.

ГЛАВА I.

4. Во введеніи уже было замѣчено, что волнотокъ по своей сущности есть измѣненіе силы постояннаго тока, протекающее ритмически въ опредѣленный промежутокъ времени. Понятно, что фізіологическое его дѣйствіе прямо вытекаетъ изъ содержанія закона Du Bois Reymond'a объ электрическомъ раздраженіи нервовъ. Законъ этотъ, открытый Du Bois Reymond'омъ въ 1845 году, формулированъ имъ слѣдующимъ образомъ: „Nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit in jedem Augenblicke ist es, auf den der Bewegungsnerv mit Zuckung des zugehörigen Muskels antwortet, sondern die Veränderung dieses Werthes von einem Augenblicke zum andern, und zwar ist die Anregung zur Bewegung, die diesen Veränderungen folgt, um so bedeutender, je schneller sie bei gleicher Grösse vor sich gingen, oder je grösser sie in der Zeiteinheit waren“ ¹⁾. По смыслу этого закона, простое мышечное сокращеніе, resp. раздраженіе нерва, получается только при замыканіи и размыканіи постояннаго тока; тогда какъ во все время прохожденія черезъ нервъ тока безъ измѣненія его силы мускуль остается въ покоѣ, т. е. раздраженіе не происходитъ. Последнее произойдетъ только въ томъ случаѣ, если постоянный токъ, проходящій по нерву, будетъ измѣнять свою силу. Но изслѣдованія показали, что и въ последнемъ случаѣ токъ не обнаружитъ раздражающаго дѣйствія, если измѣненіе его

¹⁾ Du Bois Reymond. Untersuchungen über Thierische Electricität. I Bd. 1848 г. стр. 258.

силы происходит очень медленно. И наоборотъ, тѣмъ сильнѣе раздраженіе, чѣмъ быстрѣе измѣняется сила тока въ единицу времени.

Законъ этотъ опредѣляетъ только въ общихъ чертахъ извѣстную зависимость между величиной эффекта и быстротой колебанія силы тока, но не даетъ точнаго количественнаго опредѣленія отношеній этихъ двухъ величинъ. Оно и понятно, потому что основаніемъ этого закона служили болѣе теоретическія соображенія и неточныя попытки прежнихъ изслѣдователей экспериментально доказать эту зависимость. По этому поводу Du Bois Reymond въ 1848 году писалъ: *Ebenso ist es denkbar, obschon auch hier kein bekannter Weg offen steht, dass man es dazu bringe, sich einen Strom von bestimmter, bekannter und hinreichend einfacher Dichtichkeitscurve zu verschaffen*“ ¹⁾. На сколько Du Bois Reymond сознавалъ всю важность опытнаго научнаго доказательства своего закона видно изъ того, что, спустя 12 лѣтъ послѣ формулировки своего закона, онъ опять возвращается къ нему съ попыткой экспериментальной провѣрки.

Въ 1861 году онъ описываетъ свой аппаратъ *Schwankungsrheochord*, имѣ specially изобрѣтенный для этой цѣли. Въ началѣ своей статьи онъ говоритъ: *„Mit wie grosser Wahrscheinlichkeit das von mir sogennante allgemeine Gesetz der Nerven-erregung durch den Strom aus der Gesamtheit der Thatsachen hervorging, die ich in dem ersten Bande meiner Untersuchungen dafür beibrachte, so hatte ich es doch an einem ganz unmittelbaren Beweise dafür fehlen lassen“* ²⁾.

Хотя еще до появленія закона Du Bois Reymond'a, были уже попытки экспериментально доказать раздражающее дѣйствіе

¹⁾ Du Bois Reymond. Untersuchungen u. s. w. стр. 272.

²⁾ Du Bois. Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu electrophysiologischen Zwecken, 1863 г. стр. 131.

колебанія гальваническаго тока на двигательный нервъ и вообще на нервную систему, но всѣ эти попытки по своей неточности и отсутствію градуировки не могли имѣть научнаго значенія.

Понятно, что и самъ Du Bois Reymond не придавалъ имъ большаго значенія, а смотрѣлъ на эти изслѣдованія только какъ на предварительныя попытки.

Къ числу самыхъ старыхъ опытовъ и аппаратовъ, предложенныхъ для этой цѣли, относятся опыты Риттера. Онъ первый доказалъ, что очень медленное нарастаніе гальваническаго тока, даже большой силы, не производитъ раздражающаго дѣйствія на нервную систему. Для этой цѣли, онъ соединялъ одну руку съ однимъ полюсомъ сильной гальванической батарееи, въ другую же руку бралъ виллообразно изогнутую проволоку. Теперь, если однимъ концомъ этой вилки прикоснуться къ другому полюсу перваго элемента и такимъ образомъ замкнуть токъ, пропустивъ его черезъ себя, и затѣмъ, въ слѣдующій моментъ, другимъ концомъ вилки прикоснуться къ слѣдующему полюсу 2-го элемента и т. д., то онъ, такимъ образомъ, постепенно по одному элементу могъ вводить въ цѣпь всю батарею (100 элементовъ). При подобныхъ опытахъ Риттеръ могъ констатировать полное отсутствіе какого либо явнаго раздражающаго дѣйствія электрическаго тока на нервную систему. Точно также онъ наблюдалъ отсутствіе размыкательнаго возбужденія, выключая постепенно изъ замкнутой цѣпи по одному элементу ¹⁾. Риттеръ пытался доказать это же положеніе другимъ болѣе точнымъ путемъ. Въ замкнутую цѣпь, состоящую изъ одного элемента Даніэля и двигательнаго нерва лягушки, онъ вводилъ сопротивленіе, которое по произволу могло быть увеличено или уменьшено. Для этой цѣли, онъ примѣнилъ жидкій реостатъ, состоящій изъ стеклянной трубки въ

¹⁾ Hermann. Handbuch der Physiologie. II Bd. 1879 года, стр. 51.

4 фута длины, наполненной проводящей токъ жидкостью съ извѣстнымъ сопротивленіемъ. Къ двумъ концамъ этой трубки отводились проволоки отъ цѣпи; одинъ конецъ проволоки укрѣплялся въ трубкѣ неподвижно, другой могъ быть передвигаемъ рукой по длинѣ трубки. Такимъ образомъ, передвиженіемъ подвижнаго конца проволоки можно было увеличивать и уменьшать высоту столба жидкости въ реостатѣ, т. е. его сопротивление, а слѣдовательно, измѣнять силу тока, проходящаго въ цѣпи. При всякомъ быстромъ передвиженіи подвижнаго конца проволоки происходило раздраженіе нерва и сокращеніе связаннаго съ нимъ мускула. При медленныхъ же движеніяхъ мускулъ оставался въ покоѣ ¹⁾).

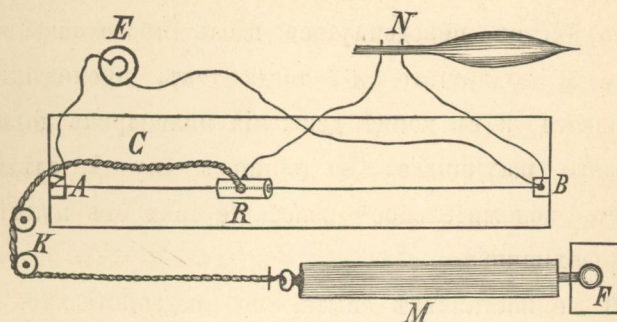
Marianini воспользовался тою же идеей; только вмѣсто жидкаго реостата онъ ввелъ въ цѣпь, состоящую изъ элемента и двигательнаго нерва, сухой полупроводникъ. Послѣдній представлялъ громадное сопротивление и потому при замыканіи мускулъ оставался въ покоѣ. По мѣрѣ того, какъ полупроводникъ, дѣлаясь влажнымъ, представлялъ все меньшее и меньшее сопротивление, токъ, проходящій по нерву, постепенно нарасталъ и уже при размыканіи цѣпи вызывалъ сокращеніе мускула. Во все же время усиленія тока, мускулъ оставался въ покоѣ ²⁾).

Всѣ эти и многіе другіе подобныя опыты, какъ выше было замѣчено, имѣютъ значеніе попытокъ; только со времени изобрѣтенія Schwankungsrheochord'a Du Bois Reymond'омъ стало возможнымъ подвергнуть этотъ вопросъ точной экспериментальной провѣркѣ. Не смотря на то, что его аппаратъ представляетъ серьезные недостатки, все же съ изобрѣтеніемъ его сдѣланъ первый шагъ къ точной градуировкѣ величины колебанія тока.

¹⁾ Сѣченовъ. Животное электричество. 1862 года, стр. 69.

²⁾ Hermann. Handbuch der Physiologie. II Bd. 1879 г. стр. 52.

Schwankungs-rheochord основанъ на принципѣ вѣтвленія тока побочнымъ замыканіемъ. Существенная часть аппарата состоитъ изъ туго натянутой желѣзной струны *AB* (см. фиг. 2-ю), вдоль которой свободно передвигается металлическій цилиндръ *R*, наполненный ртутью.



Фиг. 2-я.

Желѣзная струна проходитъ въ полости цилиндрика черезъ два отверстія, находящіяся съ обѣихъ сторонъ его. Къ этому подвижному цилиндрику съ одного конца прикрѣпляется шнуръ *C*, перекинутый черезъ два блока *K*, который другимъ концомъ связывается съ каучуковой трубкой *M*. Послѣдняя правымъ концомъ неподвижно укрѣпляется на подставкѣ *F*. Если теперь передвинуть цилиндръ къ концу *B* желѣзной струны и захватить его тамъ неподвижно задвижкой, то каучуковая трубка растягивается и остается въ напряженномъ состояніи до момента, когда задвижку въ *B* отпускаютъ. Въ этотъ моментъ, въ силу большой эластичности каучуковой трубки, цилиндръ со ртутью быстро движется вдоль струны до другого ея конца *A*, гдѣ опять захватывается неподвижно другой задвижкой. Главное условіе состоитъ въ томъ, чтобы въ моментъ отпусканія задвижки и захватыванія ею цилиндрика не происходило ни малѣйшаго сотрясенія послѣдняго.

Если ввести реохордъ въ цѣпь, соединивъ точки *B* и *R* съ нервомъ *N*, а точки *A* и *B* съ батареей *E*, тогда получаетъ

ся обыкновенная форма цѣпи съ побочнымъ замыканіемъ, гдѣ, по закону вѣтвленія токовъ, увеличеніе сопротивленія въ одной вѣтви сопровождается нарастаніемъ тока въ другой; при чемъ, это нарастаніе тока при извѣстныхъ условіяхъ будетъ идти пропорціонально измѣненію сопротивленія. Если затѣмъ заставить цилиндрикъ быстро передвинуться вдоль проволоки отъ одного конца его *B* до другаго *A*, тогда токъ, проходящій черезъ нервъ, усилится и въ концѣ движенія цилиндрика доростетъ до опредѣленнаго maximum'a. Въ данномъ случаѣ, слѣдовательно, произойдетъ „положительное“ колебаніе тока отъ нуля до опредѣленнаго maximum'a.

При той же постановкѣ опыта, но предварительно соединивъ одинъ изъ проводниковъ, идущихъ къ нерву, не съ точкою *B*, а съ *A*, получится ослабленіе проходящаго черезъ нервъ тока или „отрицательное“ колебаніе его ¹⁾. Прямолинейное нарастаніе или ослабленіе тока, проходящаго по нерву, произойдетъ въ томъ только случаѣ, если передвиженіе цилиндрика будетъ совершаться съ равномерною скоростью. На самомъ же дѣлѣ, колебаніе тока не можетъ быть линейнымъ въ силу того, что каучуковая трубка не движется съ равномерною скоростью. Главный же недостатокъ аппарата Du Bois Reymond'a, какъ онъ самъ признается ²⁾, заключается въ несовершенствѣ устройства контакта между желѣзной струной и ртутью, наполняющей цилиндрикъ реохорда. Этотъ контактъ до такой степени непостояненъ, что въ цѣпи происходятъ постоянныя побочныя колебанія тока (толчки), которыя вызываютъ крайне неправильныя сокращенія мускула, затемняющія точное изслѣдованіе („Erschütterungs-zuckungen“ Du Bois Reymond'a). Тѣмъ не менѣе, Du Bois Reymond'у удалось

¹⁾ Du Bois Reymond. Beschreibung einiger Vorrichtungen u. s. w. 1863 года, стр. 131.

²⁾ I. с. стр. 139.

вызывать сокращеніе мускула колебаніями тока, хотя, какъ онъ замѣчаетъ, быстрота передвиженія металлическаго цилиндрика должна быть очень значительна.

Bernstein воспользовался тѣмъ-же принципомъ вѣтвленія токовъ, чтобы устроить аппаратъ, аналогичный аппарату Du Bois Reymond'a. Отъ главной цѣпи отходятъ двѣ вѣтви: въ одной изъ нихъ находится лягушечій препаратъ, въ другой—измѣняемое сопротивленіе. Последнее состоитъ изъ платиновой проволоки различной длины. Главное вниманіе его было обращено на то, чтобы измѣненіе сопротивленія въ одной изъ вѣтвей происходило съ равномерною скоростью. Для этой цѣли, дугообразно изогнутая проволока, прикрѣпленная къ маятнику, при качаніи послѣдняго равномерно погружается въ ртуть и слѣдующимъ движеніемъ маятника выводится изъ нея. При этомъ въ вѣтви, содержащей препаратъ нерва, получается колебаніе тока, которое Bernstein разсматриваетъ какъ „линейное“. До сихъ поръ, Bernstein ограничился только предварительнымъ сообщеніемъ (въ 1862 году), и подробные результаты его опытовъ еще не опубликованы ¹⁾.

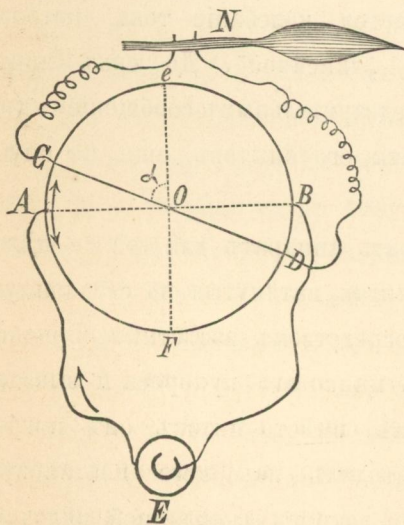
Hermann также пытался устроить аппаратъ для той же цѣли. Въ одномъ случаѣ, онъ бралъ двѣ нитки, натянутыя на стеклянную пластинку, при чемъ послѣдняя посредствомъ извѣстныхъ приспособленій погружалась въ растворъ цинковаго купороса и выводилась изъ него. Въ другомъ случаѣ, вмѣсто нитокъ онъ погружалъ въ сосудъ со ртутью и выводилъ изъ него платиновую проволоку, закрученную спиралью вокругъ стеклянной палочки. Тогда контактъ между платиной и ртутью былъ крайне непостояненъ, и потому при прохожденіи тока получались толчки ²⁾. Болѣе подробныхъ свѣдѣній въ литературѣ не имѣется.

¹⁾ См. Fleischl. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaft. Wien. 1877 г. 75 Bd, стр. 142.

²⁾ Hermann. Handbuch der Physiol. II Bd. 1879 г. стр. 34.

5. Изслѣдованіями Fleischl'я открывається періодъ точнаго изученія фізіологическаго дѣйствія волнотокъ на нервную систему. Для послѣдней цѣли, имъ изобрѣтенъ аппаратъ, названный Ortho-rheonom'омъ, въ которомъ устранены недостатки прежнихъ аппаратовъ. Въ немъ даны всѣ условія для точной градуировки величины колебанія тока (его силы, крутизны, амплитуды и пр.). Путемъ гальванометрическихъ опредѣленій Fleischl построилъ кривую измѣненія силы тока и опредѣлилъ форму этого измѣненія. Онъ первый далъ точное экспериментальное доказательство закона Du Bois Reymond'a. Въ виду всего вышесказаннаго, необходимо подробнѣе остановиться на изученіи его аппарата и на результатахъ, имъ достигнутыхъ.

Аппаратъ построенъ по принципу вѣтвленія токовъ съ Уитстоновымъ мостикомъ¹⁾. Въ существенныхъ чертахъ онъ состоитъ



Фиг. 3-я.

въ слѣдующемъ: внутри круга $AeBF$ (см. фиг. 3-ю), состоящаго изъ проводника электричества съ равномерной проводимостью во всѣхъ точкахъ, проходитъ мостикъ CD , представляющій собою подвижной діаметръ и вращающійся около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ круга $AeBF$.

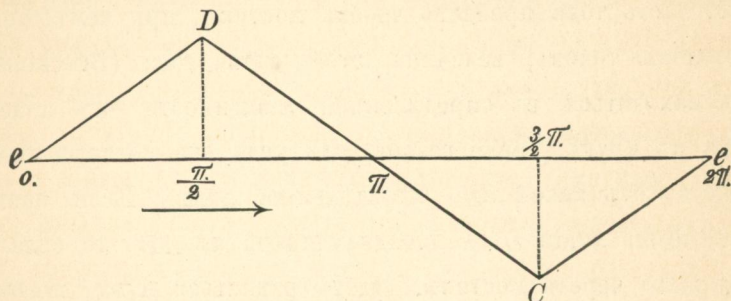
Концами своими мостикъ соприкасается съ окружностью круга и при своемъ вращеніи скользитъ по кругу. Къ какимъ либо

двумъ точкамъ этого круга, расположеннымъ на двухъ противоположныхъ концахъ воображаемаго діаметра AB , подходят про-

¹⁾ Fleischl. Sitzungsberich d. Akad. d. Wiss. Wien. 1877 г. 75 Bd. III Abth.

водники отъ батареи E . Стало быть, токъ по одному проводнику вступаетъ въ кругъ, затѣмъ вѣтвится на двѣ равныя части соотвѣтственно полукругу съ каждой стороны (AeB , AfB) и далѣе, слившись, обратно возвращается въ батарею. Распредѣленіе тока измѣняется, если ввести въ цѣпь мостикъ CD ; въ послѣднемъ случаѣ, часть тока пройдетъ черезъ мостикъ, при чемъ, по закону вѣтвленія токовъ, величина этой вѣтви тока ($Brückenstrom$) будетъ находиться въ опредѣленной зависимости отъ положенія мостика въ кругѣ, иначе говоря, отъ угла, на который мостикъ повернется отъ какой-либо опредѣленной линіи. Если поставить мостикъ вдоль линіи ef , перпендикулярной къ AB , то сила тока, проходящаго черезъ мостикъ, будетъ равняться нулю, потому что съ двухъ противоположныхъ сторонъ въ мостикъ будутъ заходить вѣтви тока равныя по силѣ и противоположныя по направленію. Если теперь передвигать мостикъ отъ линіи ef въ ту или другую сторону, то сила тока, проходящаго черезъ мостикъ, будетъ нарастать пропорціонально углу отклоненія мостика отъ линіи ef . Такъ напр., въ положеніи мостика по линіи CD (см. фиг.), сила тока будетъ измѣряться величиною угла α или — дуги eC . По мѣрѣ того, какъ мостикъ передвигается далѣе къ линіи AB , токъ въ немъ постепенно будетъ нарастать и, наконецъ, достигнетъ maximum'a, когда мостикъ придетъ въ положеніе AB . Въ силу тѣхъ же причинъ, при дальнѣйшемъ вращеніи, сила тока будетъ ослабѣвать по мѣрѣ того, какъ мостикъ будетъ удаляться отъ линіи AB и приближаться къ ef , гдѣ токъ опять будетъ равняться нулю. Такимъ образомъ, при полу-оборотѣ мостика (на 180°), черезъ него пройдутъ двѣ волны: одна волна нарастанія силы тока, другая — ослабленія. То же самое произойдетъ при дальнѣйшемъ передвиженіи мостика на слѣдующіе полу-оборота; только, въ этомъ случаѣ, черезъ мостикъ пройдутъ двѣ волны въ обратномъ направленіи, въ силу извращеннаго положенія мостика.

Чтобы сдѣлать это болѣе нагляднымъ, представимъ себѣ, по примѣру Fleischl'я, что металлическій кругъ $AeBf$ (фиг. 3-я) вытянутъ въ прямую линію, которая въ то же время служитъ абсциссой, гдѣ сила тока $= 0$, а также и временемъ, если вращеніе мостика совершается съ равномерною скоростью (см. фиг. 4).



Фиг. 4-я.

Ординаты изображаютъ силу тока. Предположимъ, что мостикъ дѣлаетъ одно полное вращеніе; тогда линія ee представитъ путь этого одиночнаго вращенія, растянутый въ прямую линію. При поворотѣ мостика на четверть круга отъ нуля до $\frac{\pi}{2}$ (отъ e до A — фиг. 3-я), токъ нарастаетъ до maximum'a (eD — фиг. 4); затѣмъ, послѣ второй четверти круга (отъ A до f — фиг. 3, или отъ $\frac{\pi}{2}$ до π — фиг. 4), токъ, проходящій черезъ мостикъ, ослабѣваетъ до нуля. То же самое получится при слѣдующемъ передвиженіи мостика на полъ-круга (отъ π до 2π — фиг. 4); но, какъ было выше замѣчено, черезъ мостикъ пройдетъ токъ въ противоположномъ направленіи, такъ что Fleischl его изображаетъ кривой, расположенной подъ абсциссой (eC — фиг. 4-я). Такимъ образомъ, при одномъ полномъ вращеніи мостика, черезъ него пройдутъ двѣ полныхъ „волны“ тока, изъ коихъ одна волна съ восходящей (eD) и нисходящей вѣтвями ($D\pi$) смѣняется вполнѣ такою же второю волною, но лишь идущей въ противоположномъ направленіи по мостику.

Условія колебанія тока нисколько не измѣняются, если вмѣсто мостика мы представимъ себѣ нервъ, расположенный точно такимъ же образомъ. Но такъ какъ нервъ представляетъ огромное сопротивленіе сравнительно съ металлическими проводниками (кругомъ $AeBf$ — фиг. 3), то понятно, что только ничтожнѣйшая часть тока могла бы заходить въ нервъ при вращеніи аппарата (мостика). Въ силу этого, для полученія эффекта нужно или сообщить аппарату громадную скорость вращенія, или же увеличить сопротивленіе остальныхъ проводниковъ. Fleischl воспользовался послѣднимъ условіемъ, замѣнивъ металлическій кругъ жолобомъ (Kreisrinne), наполненнымъ концентрированнымъ растворомъ цинковаго купороса. Въ этотъ жолобъ погружены неподвижные электроды, идущіе отъ батареи и расположенные по диаметру жолоба на двухъ противоположныхъ концахъ его (A, B — фиг. 3). Вышеописанный вращающійся мостикъ своими свободными концами (C, D) также погружается въ тотъ же жолобъ; въ центрѣ же онъ неподвижно прикрѣпляется къ подвижному вертикально стоящему столбу O (фиг. 3). Всѣ концы, погруженные въ жолобъ, состоятъ изъ тщательно амальгмированного цинка. Раздражаемый нервъ (N — фиг. 3) вводится въ цѣпь мостика аппарата посредствомъ особенныхъ приспособленій, которыя здѣсь я описывать не буду. На вертикально стоящемъ столбѣ O (фиг. 3) укрѣплены маховое колесо для равномернаго вращенія аппарата и приводъ для соединенія послѣдняго съ какимъ либо двигателемъ.

На основаніи вычисленій и гальванометрическихъ опредѣленій, Fleischl доказалъ, что наростаніе (ослабленіе) тока въ мостикѣ, при равномерномъ вращеніи его, будетъ происходить прямолинейно; отсюда и колебанія тока, производимыя его аппаратомъ, онъ называетъ „линейными“. Только при достиженіи maximum'a наростанія тока, прямая линія нѣсколько уклоняется отъ своего направленія и дѣлаетъ небольшое колѣно; послѣднее обстоятель-

ство обуславливается нѣкоторымъ несовершенствомъ въ устройствѣ самаго аппарата. Впрочемъ это уклоненіе отъ прямой линіи настолько незначительно, что Fleischl съ полнымъ правомъ разсматриваетъ вышеупомянутыя колебанія, какъ „линейныя“. Въ аппаратѣ Fleischl'я даны всѣ условія для точной градуировки колебанія тока, а именно, вмѣсто колебаній гальваническаго тока, протекающихъ съ безконечной крутизной въ неизмѣримо малый промежутокъ времени, Ortho-rheonomъ даетъ колебанія, измѣримыя по времени. Въ зависимости отъ большей или меньшей скорости вращенія мостика, получаются колебанія тока, протекающія съ различной быстротой нарастанія и ослабленія его, resp. съ различной крутизной. Далѣе, при одинаковой скорости вращенія мостика, съ измѣненіемъ силы проходящаго черезъ аппаратъ гальваническаго тока измѣняется амплитуда колебаній тока при одинаковомъ числѣ ихъ въ единицу времени. Наконецъ, возможны случаи, гдѣ колебанія тока протекаютъ съ одинаковой крутизной, но при различныхъ амплитудахъ и при различной скорости въ единицу времени.

Простѣйшіе опыты, которые служили экспериментальнымъ доказательствомъ „общаго закона нервнаго возбужденія“ Du Bois Reymond'a, заключались въ слѣдующемъ: отъ батарееи, состоящей изъ 5 элементовъ Даніэля, проведены электроды къ Ortho-rheonom'у и въ опредѣленныхъ точкахъ (*A* и *B* — фиг. 3) прижимались винтами. Электроды же, идущіе отъ мостика къ нерву, были неполяризующіе съ кисточками (Pinselelektrodenpaare), на которыя накладывался нервъ отъ свѣжаго нервно-мускульнаго препарата. Затѣмъ, Fleischl провѣрялъ свой аппаратъ такимъ образомъ, что устанавливалъ мостикъ Rheonom'a въ положеніе *ef* (фиг. 3) и пробовалъ реакцію мускула на замыканіе и размыканіе тока; если мускулъ оставался въ покоѣ, то это служило указаніемъ на отсутствіе тока въ нервѣ, resp. въ мостикѣ. При уста-

новѣѣ же мостика на нѣкоторый небольшой уголъ отъ первоначальнаго положенія, уже появлялись сокращенія мускула на замыканіе и размыканіе тока. При вращеніи же мостика съ небольшою скоростью, Fleischl замѣчалъ, что мускулъ остается все время вращенія въ покоѣ; увеличивая же скорость вращенія, а слѣдовательно и крутизну колебанія тока, онъ, наконецъ, достигалъ опредѣленной границы, за которой мускулъ начиналъ отвѣчать сокращеніями. При этихъ опытахъ Fleischl могъ констатировать, что на одинъ полный оборотъ мостика мускулъ отвѣчаетъ только однимъ или двумя сокращеніями.

Особенное значеніе при раздраженіи нерва Fleischl приписываетъ крутизнѣ наростанія (resp. ослабленія) тока; именно, онъ показалъ, что нервъ обнаруживаетъ необыкновенную чувствительность къ небольшому даже измѣненію крутизны колебанія тока, достигаемому небольшимъ измѣненіемъ скорости вращенія мостика, и наоборотъ—большую нечувствительность даже къ большимъ измѣненіямъ амплитуды колебанія тока. Если крутизна колебанія тока будетъ представлять незначительную величину или же равняться почти нулю, то раздраженіе нерва не произойдетъ, и мускулъ остается въ покоѣ, какъ бы не измѣнялись остальные перемѣнныя величины, будетъ ли то сила тока, направленіе его, продолжительность его дѣйствія и т. д.

Раздраженіе нерва, напротивъ, произойдетъ въ томъ только случаѣ, если крутизна колебанія тока достигнетъ достаточной величины, которая будетъ различна въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. На основаніи своихъ изслѣдованій, Fleischl приписываетъ раздражающее дѣйствіе только „положительному“ колебанію; „отрицательное“ же колебаніе ни при какихъ крутизнахъ, повидимому, не обладаетъ раздражающими свойствами. Дальнѣйшее изложеніе результатовъ изслѣдованій Fleischl'я будетъ помѣщено ниже (см. главы 4, 5, 6)

водники, идущіе отъ батаррей *El* (фиг. 5). Передвиженіе радіуса *D* происходитъ при помощи маховаго колеса, укрѣпленнаго на той же вертикальной оси, на которой укрѣпленъ подвижной радіусъ, при томъ такимъ образомъ, что движенія ихъ могутъ происходить независимо другъ отъ друга. Вращающееся маховое колесо, достигши равномерной скорости, посредствомъ особаго механизма захватываетъ подвижной радіусъ и переводитъ его въ новое положеніе, гдѣ онъ задерживается безъ сотрясенія особыми запираателями; самъ же маховикъ, оставивъ радіусъ, продолжаетъ вертѣться съ тою же скоростью. Движеніе радіуса *D* непосредственно регистрировалось на вращающемся барабанѣ штифтикомъ *F*, который помощью нитки, перекинутой черезъ 2 блока *g* и *h* и обвитой вокругъ оси *O*, приводился въ движеніе при малѣйшемъ передвиженіи радіуса *D*. Такимъ образомъ, на записывающемъ цилиндрѣ верхнее перо *K*, связанное съ мускуломъ, записывало кривую сокращенія, а нижнее *F* — чертило весь ходъ движенія радіуса *D*, т. е. ходъ колебанія тока. Стало быть, каждый разъ съ точностью можно было опредѣлять (по положенію *D*) тотъ моментъ колебанія тока, когда произошло сокращеніе.

Весь кругъ (жолобъ) *ABC* (фиг. 5) въ аппаратѣ Fuhr'a есть ни что иное, какъ свернутая въ кругъ проволока Schwankungsrheochord'a Du Bois Reymond'a, скользящій цилиндрикъ котораго соотвѣтствуетъ подвижному радіусу Rheonom'a. На чертежѣ (фиг. 5) видно расположеніе частей во время хода опыта; *N* — нервъ съ мускуломъ, *S* — ключъ Du, Bois Reymond'a, *W* — коммутаторъ, помощью котораго проводникъ *M* можно соединять съ точками *A* или *B*.

Если соединить проводникъ *M* съ точкою *A*, установить подвижной радіусъ у точки *A* и пропустить токъ черезъ аппаратъ, тогда послѣдній (токъ) пройдетъ частью по жолобу къ другому полюсу *B*, а частью по пути *AW* къ коммутатору и далѣе, че-

резъ нервъ по другому проводнику въ подвижной радіусъ, откуда по всей длинѣ жолоба возвратится къ другому полюсу батареи *B*. При движеніи же подвижнаго радіуса отъ *A* къ *B*, путь, проходимый токомъ по жолобу (а слѣдовательно и сопротивление его), будетъ уменьшаться, стало быть, токъ въ нервѣ—усиливаться („положительное колебаніе“). Наоборотъ, если соединить электродъ, идущій отъ коммутатора, съ точкою *B*, тогда, при движеніи радіуса *D* отъ *A* къ *B*, токъ, проходящій черезъ нервъ, будетъ ослабляться („отрицательное колебаніе“). Въ этомъ случаѣ, токъ, идущій отъ элемента черезъ *A*, вѣтвится на двѣ части: одна часть тока идетъ по жолобу къ другому полюсу *B* и обратно въ элементъ, другая же меньшая вѣтвь входитъ изъ жолоба черезъ радіусъ *D* въ нервъ, откуда черезъ *B* обратно въ элементъ; при вращеніи же радіуса *D*, путь, проходимый токомъ между точкою *A* и радіусомъ, постепенно будетъ увеличиваться, стало быть, сила тока—ослабляться. Если не допустить движенія радіуса *D* до конца (до *B*), а, переставляя запирателя, уменьшить экскурсію его размаха, то при „отрицательномъ“ колебаніи ослабленіе силы тока не дойдетъ до 0, „при положительномъ“—не дойдетъ до maximum'a, т. е. амплитуда колебаній тока будетъ меньше.

Fuhrg отдѣльно изучалъ дѣйствіе на нервъ какъ „положительнаго“ колебанія тока, такъ и „отрицательнаго“. Въ первомъ случаѣ, онъ нашелъ, что при меньшей крутизнѣ (усиленія тока) раздраженіе всегда появлялось позже, чѣмъ при большей крутизнѣ, при чемъ оба момента раздраженія соотвѣтствовали приблизительно одинаковой силѣ тока. По окончаніи опыта, Fuhrg задерживалъ реономъ рукою и, осторожно вращая, отыскивалъ именно то положеніе подвижнаго радіуса, въ которомъ замыканіе цѣпи прямо рукою впервые давало сокращеніе; при этомъ оказалось, что раздраженіе во время реономическаго опыта (отъ вращенія

женіе за функцію одной только крутизны нарастанія тока. Fuhr'у не удалось количественными опредѣленіями установить закона отношеній между крутизной нарастанія тока и моментомъ наступленія сокращенія (по времени).

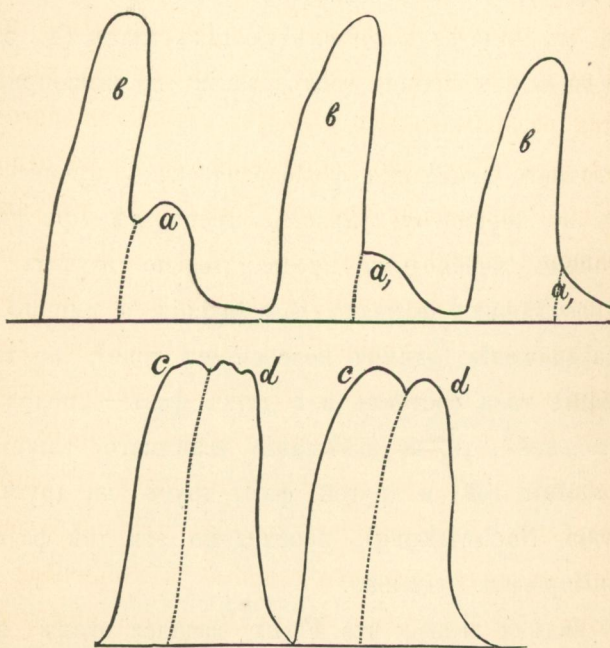
Изучая раздражающее дѣйствіе на нервъ „отрицательнаго колебанія“ тока, Fuhr пришелъ къ выводамъ, совершенно противорѣчающимъ выводамъ Fleischl'я. По Fuhr'у, „отрицательное колебаніе“ тоже даетъ сокращеніе даже при малой крутизнѣ; но эффекты этихъ сокращеній весьма неправильны, неравномѣрны; ему не удалось показать ясно прямую зависимость эффекта отъ силы тока, какъ это имѣло мѣсто при „положительномъ колебаніи“.

Далѣе, въ другомъ сообщеніи¹⁾ Fuhr приводитъ свои изслѣдованія съ Ortho-rheonom'омъ Fleischl'я. Результаты, имъ полученные, во многомъ расходятся съ результатами, полученными Fleischl'емъ. Главный пунктъ, гдѣ мнѣнія ихъ расходятся, снова касается раздражающихъ свойствъ „отрицательнаго колебанія“. Fuhr получалъ нѣсколько сокращеній во время одного полного оборота Ortho-rheonom'a, при чемъ оказалось, что каждое отдѣльное сокращеніе соотвѣтствуетъ каждой фазѣ колебанія тока. Нѣкоторыя изъ этихъ сокращеній — максимальныя, которыя онъ называетъ „главными“ сокращеніями (Hauptzuckung); другія — меньшія, „вторичныя“ сокращенія. „Главныя“ сокращенія, какъ утверждаетъ Fuhr, чаще соотвѣтствуютъ періоду „отрицательнаго колебанія“; но иногда — соотвѣтствуютъ и „положительной фазѣ“ колебанія. Впрочемъ всѣ эти кривыя сокращеній сложны и запутаны въ силу того, что главныя и вторичныя сокращенія не являются обособленными, но суммируются между собой. Иногда вторичныя сокращенія скрыты (latent), и на кривыхъ сокращеній ихъ нельзя обнаружить; иногда же они видимы, и въ этомъ

¹⁾ Fuhr. Versuchsergebnisse mit Fleischl's Rheonom. Pflüger's Arch. 1886 г. Bd. 38, стр. 313—320.

случаѣ ихъ присутствіе ясно видно то въ формѣ рѣзкаго приподнятія нисходящей вѣтви „главнаго“ сокращенія, то въ менѣе замѣтной формѣ (удлиненіе верхушки главнаго сокращенія, замедленное паденіе нисходящей вѣтви его). Причины этихъ явленій различны; условія, при которыхъ является та или другая форма сокращенія, очень сложны. Кривыя на фиг. 7-й показываютъ въ общихъ чертахъ отношеніе „главныхъ“ и „вторичныхъ“ сокращеній между собой въ той формѣ, какъ ихъ получалъ Fuhr. Отдѣльныя сокращенія b , b , b суть главныя сокращенія, которыя вызываются „отрицательнымъ колебаніемъ“ тока (по Fuhr'у), рѣже—положительнымъ. „Вторичныя“ сокращенія въ однихъ случаяхъ рѣзко видимы (a , a) и падаютъ на нисходящую вѣтвь

Фиг. 7-я А.



Фиг. 7-я В.

главнаго сокращенія; въ другихъ случаяхъ, они все менѣе и менѣе видимы, сглаживаются и представляютъ только покатость въ нижней части нисходящей вѣтви a' .

Иногда вторичное сокращеніе падаетъ на верхушку главнаго сокращенія, которая въ этихъ случаяхъ или представляетъ явленное вторичное приподнятіе съ углубленіемъ въ срединѣ ея или же только плоскую неровную поверхность (*cd cd* фиг. 7-я В).

Сокращенія сами по себѣ иногда очень длительны и продолжаютъ все время вращенія Rheonom'a; иногда же настолько кратковременны, что производятъ впечатлѣніе сокращеній, полученныхъ отъ индукціонныхъ ударовъ.

Многое осталось непонятно и Fuhr'y, напр. онъ говоритъ: „es ist durchaus räthselhaft, warum in einem Fall der zunehmende, im andern der abnehmende Strom als Hauptreiz wirkt“¹⁾; далѣе, почему сокращенія одинъ разъ длительны, другой разъ—кратковременны. Детальное рассмотрѣніе результатовъ Fuhr'a, какъ и Fleischl'я, мы отлагаемъ до слѣдующихъ главъ (4. 5. 6.), гдѣ будутъ помѣщены и наши изслѣдованія по вышеприведеннымъ вопросамъ.

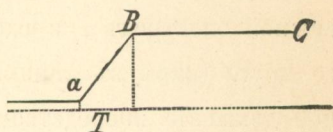
7. Для точнаго пониманія физиологическихъ процессовъ, происходящихъ въ нервно-мышечномъ препаратѣ при раздраженіи его волнотокомъ, необходимо предварительно изучить его дѣйствіе въ простѣйшихъ формахъ раздраженія, а именно, при одиночномъ раздраженіи (однимъ колебаніемъ тока); но такъ какъ одно колебаніе тока состоитъ изъ двухъ фазъ—„положительной“ и „отрицательной“, то, во избѣжаніе взаимнаго вліянія эффектовъ раздраженія той и другой фазы другъ на друга (явленія послѣдствія, *Nachwirkung*), необходимо эти двѣ фазы раздраженія анализировать отдѣльно.

Мы уже видѣли выше, что Fuhr задался этимъ вопросомъ: подвергнуть строгому анализу процессы раздраженія при одиночномъ колебаніи тока; но тамъ же было говорено, что ему все-таки не удалось установить закона отношеній между раздраженіемъ

¹⁾ Fuhr. I. с. 320 стр.

и эффектомъ, потому что онъ не могъ получить числовыхъ выражений величины раздраженія. Въ этомъ отношеніи изслѣдованія Kries'a являются первыми, которые даютъ точныя количественныя опредѣленія закона Du Bois Reymond'a.

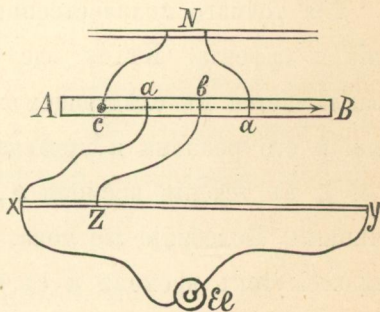
Для послѣдней цѣли, Kries устроилъ свой аппаратъ, названный имъ Feder-rheonom'омъ; при устройствѣ его, онъ имѣлъ въ виду слѣдующія условія: 1) чтобы нарастаніе тока представляло прямую линію (aB — фиг. 8-я); 2) чтобы токъ, достигши извѣстнаго maximum'a, оставался бы на этой высотѣ все время, пока онъ замкнутъ (BC — фиг. 8-я) и наконецъ, 3) чтобы продолжительность нарастанія тока — T была мала (въ предѣлахъ отъ $1/100$ до $1/5$ секунды).



Фиг. 8-я.

Принципъ его аппарата заключается въ слѣдующемъ: AB представляетъ жолобъ съ проводящей токъ жидкостью (фиг. 9-я).

Часть жолоба ab отведена въ цѣпь батареи El . Отъ нерва N идутъ два проводника cN и aN , погруженные оба свободными концами въ жолобъ. Одинъ электродъ aN неподвижный, другой — cN можетъ передвигаться вдоль всего жолоба. Пространства Aa и Bb представляютъ „todte Strecke“, т. е. во всѣхъ точкахъ между A и a (resp. B и b) потенциалы одинаковы; поэтому, при передвиженіи c отъ A



Фиг. 9-я.

къ a , сила тока въ нервѣ не измѣнится, она остается максимальной; по мѣрѣ передвиженія c отъ a къ b , токъ, проходящій черезъ нервъ, будетъ ослабляться, потому что сопротивление будетъ увеличиваться; далѣе, прошедши b вправо c движется по участку, bB , гдѣ сила тока уже не мѣняется ($= 0$).

При обратномъ движеніи точки c , токъ въ нервѣ будетъ нарастать по тѣмъ же причинамъ, какъ раньше было говорено. Такъ какъ сопротивленіе нерва сравнительно очень велико по отношенію къ сопротивленію $caba$, то сила тока въ нервѣ будетъ измѣняться пропорціонально длинѣ $caba$, т. е. при равномерномъ передвиженіи c , получится „линейное колебаніе“ тока.

Въ аппаратѣ жолобъ кругообразный, наполненный насыщеннымъ растворомъ сѣрноокислаго цинка (какъ у Fleischl'я); подвижной электродъ c представляетъ собою подвижной радіусъ этого круга (какъ въ аппаратѣ Fuhr'а), приводимый во вращательное движеніе посредствомъ пружины. Сила батаррейнаго тока, пропускаемаго черезъ аппаратъ, градуировалась по принципу Rheochord'a посредствомъ проволоки xy (фиг. 9-я) и подвижной точки Z . Такъ какъ сопротивленіе xy (2S.E.) ничтожно сравнительно съ сопротивленіемъ ab (600 S.E.) и съ сопротивленіемъ N (до 20.000 S.E.), то сила батаррейнаго тока въ цѣпи $xabz$ будетъ измѣняться пропорціонально измѣненію длины xZ .

Для точнаго количественнаго опредѣленія величины раздраженія и эффекта, Kries ввелъ свой quotient, сущность котораго заключается въ слѣдующемъ: колебаніе тока, получаемое при помощи его реонома и протекающее отъ нуля до опредѣленной силы I_s въ теченіи времени ϑ , характеризуется этими двумя величинами. Колебаніе же тока, протекающее въ безконечно малый промежутокъ времени и съ безконечной крутизной характеризуется только силою тока I_m . Раздраженіе отъ перваго колебанія тока онъ обозначаетъ терминомъ—„Zeitreiz“; раздраженіе отъ втораго колебанія, вызываемаго простымъ замыканіемъ тока, обозначаетъ терминомъ—„Momentanreiz“. Эффектъ отъ Zeitreiz'a (сокращеніе мускула) можно получить точно такой же величины и соотвѣтственнымъ Momentanreiz'омъ I_m путемъ подбора. Въ этомъ

случаѣ, $\frac{I_s}{I_m}$ — будетъ служить числовымъ выраженіемъ отношенія силъ тока для каждаго времени ϑ .

Это отношеніе $\frac{I_s}{I_m} = n$, онъ называетъ „Reizungsdivisor'омъ“ для данной величины ϑ . Легко видѣть, что $n > 1$, потому что для полученія одинаковыхъ эффектовъ раздраженія сила тока I_s должна быть больше — I_m , какъ протекающей въ безконечно малый промежутокъ времени, а потому и сильнѣе раздражающей.

Если ϑ будетъ увеличиваться при постоянной величинѣ I_s , то эффектъ раздраженія будетъ соотвѣтственно ослабѣвать. Для полученія первоначальнаго эффекта, силу тока I_s необходимо увеличить; стало быть, отношеніе $\frac{I_s}{I_m}$ или, divisor n также увеличится. Наоборотъ, съ уменьшеніемъ величины ϑ , силу тока I_s также необходимо соотвѣтственно уменьшить, чтобы получить первоначальный эффектъ раздраженія; слѣдовательно, divisor n уменьшится. Такимъ образомъ, Kries констатировалъ строгую зависимость между измѣненіемъ величины ϑ и соотвѣтствующимъ измѣненіемъ divisor'a n . Величины ϑ , I_s и I_m опредѣляются путемъ опыта, такъ что для каждой величины ϑ можно получить соотвѣтствующее числовое выраженіе divisor'a n . Для примѣра этой зависимости между ϑ и n , Kries приводитъ слѣдующія числовыя отношенія, выведенныя изъ опытовъ:

Для $\vartheta = 0.0125$ секунды — $n = 1,5$.

„ $\vartheta = 0.025$ „ — $n = 2,1$.

„ $\vartheta = 0.0499$ „ — $n = 3,7$.

„ $\vartheta = 0.0998$ „ — $n =$ до 8,7. и т. д.

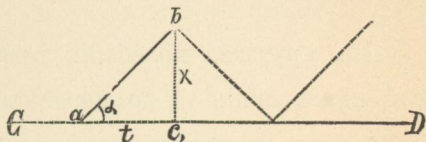
то есть, чѣмъ дольше длится наростаніе тока I_s , тѣмъ слабѣе эффектъ раздраженія, иначе говоря, тѣмъ больше нужно увели-

чить силу тока I_s , чтобы получить первоначальный эффект (измѣряемый по I_m); въ силу этого, отношеніе $\frac{I_s}{I_m}$ или divisor n будетъ соотвѣтственно увеличиваться.

Далѣе, Kries нашелъ, что, при одинаковой крутизнѣ колебанія тока, эффектъ раздраженія будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дольше продолжается само колебаніе тока, т. е. высота сокращенія растеть съ увеличеніемъ силы тока (въ извѣстныхъ границахъ). Впрочемъ, эту зависимость не всегда возможно было ясно констатировать.

ГЛАВА II.

8. Въ предисловіи была дана общая характеристика волнотокка. Теперь необходимо нѣсколько подробнѣе остановиться на этомъ и установить болѣе точно взаимное отношеніе постояннаго тока и волнотокка, а также различныя формы послѣдняго. Подъ волнотоккомъ, какъ было сказано выше, слѣдуетъ понимать рядъ колебаній тока, протекающихъ съ періодическою послѣдовательностью другъ за другомъ въ равные промежутки времени и на одинаковомъ разстояніи отъ абсциссы ($= 0$ силы тока). Каждое такое колебаніе тока, взятое въ отдѣльности, состоитъ изъ двухъ частей—наростанія тока (поднятія кривой) и ослабленія его (опусканія); первую часть также называютъ „положительнымъ“ колебаніемъ (фазой), вторую — „отрицательнымъ“. Простѣйшій случай будетъ тотъ, когда измѣненіе силы тока представляетъ форму прямой линіи ab (см. фиг. 10), начинающейся отъ абсциссы CD (представляющей нуль силы тока и время). Тогда положеніе этого колебанія по отношенію къ абсциссѣ будетъ определяться двумя величинами— t , въ теченіе котораго совершается колебаніе тока ($t = ac$) и maximum'омъ силы тока или высотой ординаты x .



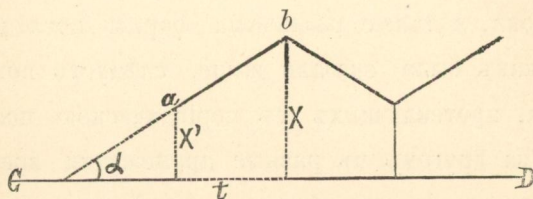
Фиг. 10-я.

Отношеніе (Quotient) этихъ двухъ величинъ — $\frac{x}{t}$ есть величина постоянная для даннаго колебанія тока. Въ зависимости

отъ этого Quotient'a, очевидно, находится крутизна колебанія тока, опредѣляемая угломъ α .

Съ увеличеніемъ силы тока x при постоянной величинѣ t , увеличивается крутизна нарастанія и ослабленія тока; наоборотъ, съ увеличеніемъ времени t при неизмѣнной величинѣ x , уменьшается уголъ α , геср. крутизна колебанія.

То же имѣетъ мѣсто и для случая, представленнаго на фигурѣ 11-й, гдѣ колебаніе тока ab происходитъ на нѣкоторой высотѣ отъ абсциссы; но только здѣсь для характеристики колебанія тока величины x и t недостаточны, такъ какъ онѣ не опредѣляютъ крутизны колебанія тока.



Фиг. 11-я.

Для послѣдней цѣли должна быть дана еще одна величина — амплитуда колебанія тока, опредѣляемая разностью minimum'a и maximum'a ординатъ ($x - x_1$, фиг. 11-я). Для этихъ случаевъ, Quotient получить слѣдующее выраженіе

$$\frac{x - x_1}{t}.$$

Здѣсь крутизна колебанія тока или уголъ α , образуемый продолженіемъ линіи ab до пересѣченія съ абсциссой CD , находится въ тѣхъ же отношеніяхъ къ величинамъ $x - x_1$ и t , какъ и въ предыдущей формулѣ, т. е. измѣняется пропорціонально $x - x_1$ и обратно пропорціонально времени t .

Величина x или абсолютная высота силы тока не вліяетъ на крутизну колебанія его во второмъ случаѣ.

До сихъ поръ я говорилъ о такихъ колебаніяхъ тока, которыя ограничены прямыми линіями; тѣ же колебанія, которыя протекаютъ по кривымъ линіямъ, обнаруживаютъ гораздо болѣе сложныя условія для анализа.

Колебаніе тока по отношенію къ времени можетъ быть двухъ родовъ: 1) или колебаніе въ тѣсномъ смыслѣ, когда оно протекаетъ въ измѣримый промежутокъ времени, 2) или же такое, которое протекаетъ почти въ бесконечно малый промежутокъ времени. Этотъ родъ колебанія имѣетъ мѣсто при замыканіи и размыканіи постояннаго или индукціоннаго токовъ. Въ этомъ изслѣдованіи насъ интересуетъ только первая форма измѣненія силы постояннаго тока.

Колебаніе силы тока, протекающее въ измѣримый промежутокъ времени, въ свою очередь представляетъ два случая: 1) когда измѣненіе силы тока происходитъ прямо пропорціонально времени, т. е. когда высота ординаты увеличивается или уменьшается черезъ равныя промежутки времени на одинаковую величину, и 2) когда не существуетъ подобной пропорціональной зависимости между этими двумя величинами. Въ первомъ случаѣ, форма колебанія тока будетъ линейная, и само колебаніе называется „линейнымъ“; во второмъ случаѣ, колебаніе выразится въ формѣ кривой, которая можетъ быть чрезвычайно разнообразной (выпуклой, вогнутой и т. д.).

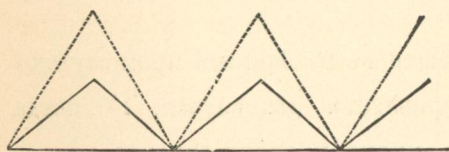
Затѣмъ, колебанія тока могутъ быть или одиночными, или же однообразно повторяющимися въ строго ритмическомъ порядкѣ. Последнюю форму колебанія мы называемъ волнотокомъ.

Одиночныя колебанія могутъ состоять изъ двухъ моментовъ: изъ нарастанія тока и послѣдующаго равновеликаго ослабленія его $\text{—}\wedge\text{—}$, или же состоять только изъ одной какой либо фазы— нарастанія или ослабленія; въ фазѣ нарастанія, токъ, дойдя до опредѣленнаго maximum'a, удерживается на немъ $\text{—}/\text{—}$.

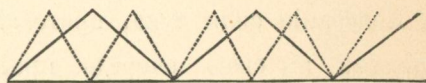
Волнотокъ характеризуется слѣдующими четырьмя факторами:

- 1) амплитудой колебанія силы тока,
- 2) числомъ колебаній въ единицу времени,
- 3) формой кривой колебанія и наконецъ,
- 4) абсолютной силой проходящаго волнотока.

Измѣненіе каждаго изъ этихъ факторовъ въ отдѣльности опредѣляетъ, понятно, особенный видъ кривой волнотока: такъ, напр., съ увеличеніемъ амплитуды колебаній, при одинаковой частотѣ ихъ въ единицу времени, соотвѣтственно увеличивается крутизна колебаній (фиг. 12-я); послѣдняя также увеличивается съ уменьшеніемъ интервала колебаній при прочихъ равныхъ условіяхъ (фиг. 13-я).

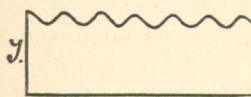


Фиг. 12-я.

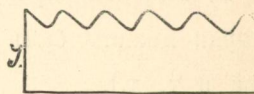


Фиг. 13-я.

Чрезвычайно разнообразныя формы волнотока можно подраздѣлить на двѣ категоріи: на правильныя и неправильныя. Правильныя формы суть такія, въ которыхъ обѣ части каждаго колебанія расположены симметрически (фиг. 14-я); въ противномъ случаѣ, форму волнотока мы будемъ называть неправильною (фиг. 15-я).



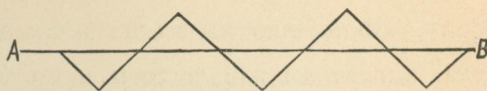
Фиг. 14-я.



Фиг. 15-я.

Затѣмъ, необходимо различать два рода волнотока по направленію его: волнотокъ съ переменнымъ направленіемъ и съ постояннымъ. Подъ первымъ слѣдуетъ разумѣть такой волнотокъ, который при каждомъ послѣдующемъ колебаніи мѣняетъ свое направленіе. Въ этомъ случаѣ, колебанія одного направленія изображаются графически расположенными по одной сторонѣ абсциссы, а другаго направленія—по другой (фиг. 16-я).

Изъ чертежа видно, что волнотокъ послѣ каждого колебанія пересѣкаетъ абсциссу AB , т. е. доходитъ до нуля (Fleischl). Волнотокъ съ постояннымъ направленіемъ, въ свою очередь, можетъ протекать на различной высотѣ отъ аб-

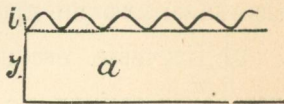


Фиг. 16-я.

сциссы ($= 0$ силы тока); среднюю высоту ординатъ, возстановленныхъ отъ абсциссы къ точкамъ кривой волнотока, мы будемъ считать мѣриломъ абсолютной силы пропускаемаго волнотока.

Волнотокъ, независимо отъ его формы, амплитуды колебанія и т. д., можно разсматривать состоящимъ изъ основнаго постоянного тока и опредѣленнаго излишка силы тока, который алгебраически суммируется съ основнымъ токомъ черезъ опредѣленные интервалы. Судя по постановкѣ условій, здѣсь возможны три случая:

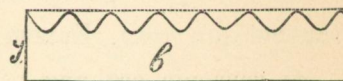
1) когда къ основному току J , прибавляется часть силы тока i , какъ излишекъ. Въ этомъ случаѣ, основ-



Фиг. 17-я—а.

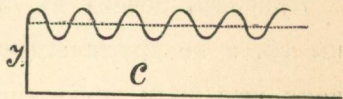
ной постоянный токъ служить нижней границей волнотока (фиг. 17—а).

2) Когда отъ основнаго тока J , отнимается опредѣленная часть силы тока i ; тогда основной токъ служить верхней границей волнотока (фиг. 17—б) и наконецъ, 3) когда къ основному току J прибавляется и затѣмъ отнимается часть силы



Фиг. 17-я—б.

тока i , гдѣ только $\frac{i}{2}$ представляетъ излишекъ силы. Въ этомъ случаѣ, колебанія тока происходятъ по обѣ стороны основнаго тока, который служитъ средней высотой волнотока (фиг. 17—с).



Фиг. 17-я—с.

9. Изъ всего только что сказаннаго, легко видѣть, что понятіе о волнотокѣ чрезвычайно широкое: говоря о волнотокѣ вооб-

ще, мы наталкиваемся на безконечное разнообразіе его формъ, амплитуды, частоты и т. д. Слѣдовательно, передъ изученіемъ фізіологическаго дѣйствія волнотокъ, необходимо заранѣе оговорить, что именно мы желаемъ въ немъ изучить: вліяніе ли формы, амплитуды или частоты и пр. Ясно, что изученіе волнотокъ должно быть строго въ опредѣленныхъ границахъ обусловлено требованіями задачи.

Въ основѣ настоящаго изслѣдованія лежали слѣдующія задачи:

1) Изученіе фізіологическаго дѣйствія не одиночнаго колебанія силы гальваническаго тока, а цѣлаго ряда ихъ, проходящихъ черезъ двигательный нервъ въ ритмическомъ порядкѣ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго промежутка времени.

2) Изученіе вліянія волнотокъ, протекающаго на различныхъ высотахъ отъ абсциссы, т. е. при различной абсолютной силѣ основнаго гальваническаго тока J и при разныхъ направленіяхъ его (измѣняемыхъ по произволу въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ).

3) Изученіе его при различныхъ амплитудахъ, каждый разъ устанавливаемыхъ по произволу на любой величинѣ; при чемъ колебанія тока должны имѣть типъ правильной періодической волны, т. е. протекать между опредѣленными границами силы гальваническаго тока. Наконецъ,

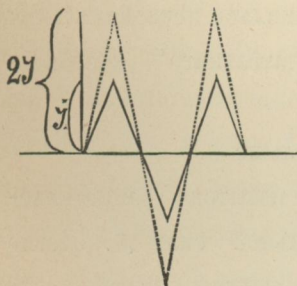
4) изученіе его при различной частотѣ колебаній въ единицу времени, измѣняемой въ возможно широкихъ предѣлахъ.

Причины, почему въ основу настоящаго изслѣдованія положены тѣ, а не другія задачи, объясняются тѣми мотивами, которые нами уже были высказаны во введеніи (см. стр. 1).

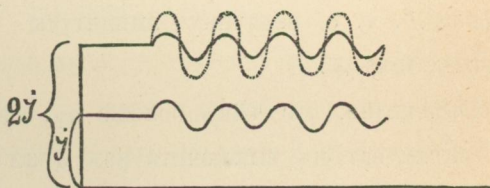
Изъ существующихъ аппаратовъ, предназначенныхъ для превращенія гальваническаго тока въ волнотокъ, одинъ только Ortho-rheonom Fleischl'я даетъ рядъ колебаній или волнотокъ; всѣ же прочіе аппараты (Du Bois Reymond'a, Fuhr'a, Kries'a) приспособлены для полученія только одиночныхъ колебаній.

Изъ описанія устройства и дѣйствія Ortho-rheonom'a легко видѣть, что 1) Ortho-rheonomъ даетъ волнотокъ съ переменнымъ направленіемъ (альтернативы); 2) онъ даетъ только одну форму кривой волнотока (прямолинейную), что можетъ оказаться недостаточнымъ при сравнительномъ изученіи различныхъ формъ его; 3) въ силу техническихъ свойствъ, онъ не пригоденъ для получения большой частоты колебаній тока¹⁾

Такимъ образомъ, Ortho-rheonomъ, по своимъ свойствамъ не удовлетворяетъ поставленнымъ выше задачамъ. Слѣдуетъ еще замѣтить, что въ Ortho-rheonom'ѣ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, амплитуда колебанія тока находится въ прямой зависимости отъ силы пропускаемаго гальваническаго тока: съ увеличеніемъ послѣдней, увеличивается соотвѣтственно амплитуда колебанія тока (фиг. 18—а); условія нашей задачи исключаютъ эту зависимость, т. е. амплитуда колебанія должна быть по произволу устанавливаема на любой величинѣ до извѣстной степени независимо отъ силы основнаго гальваническаго тока (фиг. 18—b).



Фиг. 18-я—а.



Фиг. 18-я—b.

Въ виду всего только что сказаннаго, по предложенію проф. В. Данилевскаго, мною устроенъ новый аппаратъ, гдѣ вышеизложенныя требованія въ достаточной степени удовлетворены.

¹⁾ Наибольшая частота, достигаемая Ortho-rheonom'омъ, равняется приблизительно шести полнымъ оборотамъ мостика въ 1 сек., что соотвѣтствуетъ 12 волнообразнымъ колебаніямъ тока. При большей частотѣ происходитъ разбрызгиваніе жидкости изъ жолоба.

Принципъ его заключается въ томъ, что колебаніе силы тока производится въ общей одиночной цѣпи помощью введенія въ цѣпь и выключенія изъ нея постоянного опредѣленнаго сопротивленія.

Допустимъ, что въ формулѣ Ома

$$J = \frac{E}{W}$$

(E есть электровозбудительная сила, W — сумма всѣхъ сопротивленій цѣпи) къ первоначальному общему сопротивленію W прибавляется опредѣленный избытокъ сопротивленія w_1 , тогда сила тока J измѣнится, и мы получимъ

$$J_1 = \frac{E}{W + w_1}$$

Ясно, что сила J_1 будетъ уже теперь меньше первоначальной силы J и разность ихъ

$$J - J_1 = i$$

представляетъ величину, на которую уменьшилась первоначальная сила J , т. е. величину амплитуды „отрицательнаго“ колебанія силы тока J .

Очевидно, что чѣмъ больше w_1 , тѣмъ больше i .

Если затѣмъ выключить изъ цѣпи этотъ избытокъ сопротивленія w_1 , то J_1 вновь достигаетъ первоначальной силы J . Легко видѣть, что волнотокъ получится въ томъ случаѣ, когда w_1 съ періодическою послѣдовательностью прибавляется къ общему сопротивленію W и затѣмъ отнимается отъ него. Колебанія тока, получаемыя этимъ путемъ, можно выразить слѣдующимъ рядомъ:

$$J - i, J_1 + i, J - i, J_1 + i, \dots$$

Крутизна колебанія тока находится въ зависимости отъ скорости, съ какою происходитъ включеніе и выключеніе сопротив-

ленія w_1 ; величина же колебанія тока или его амплитуда i зависитъ отъ величины w_1 . Эту зависимость двухъ величинъ w_1 и i легко опредѣлить изъ формулы Ома; мы имѣли

$$J - J_1 = i.$$

Подставляя для J и J_1 ихъ выраженія, получимъ:

$$i = \frac{E}{W} - \frac{E}{W + w_1} = E \frac{w_1}{W^2 + Ww_1} \text{ отсюда } \frac{i}{J} = \frac{w_1}{W + w_1}.$$

Обратное получимъ, если вмѣсто того, чтобы прибавлять избытокъ сопротивленія w_1 , мы будемъ отнимать опредѣленное сопротивление w_{11} отъ общаго сопротивленія W ; въ этомъ случаѣ, получится новая сила тока J_{11} , которая будетъ больше первоначальной силы J . Понятно, что колебанія тока будутъ протекать уже между J и J_{11} .

Измѣненіе сопротивленія въ цѣпи достигалось измѣненіемъ высоты столба жидкаго реостата опредѣленнаго сопротивленія. Этотъ реостатъ составляетъ существенную часть мною устроеннаго аппарата, къ описанію котораго мы переходимъ.

10. Реостатъ состоитъ изъ вертикально стоящей стеклянной трубочки r (таб. I черт. 1-й и 2-й), внутри которой находятся два металлическихъ стерженька: одинъ c_1 (таб. II черт. 5-й) — короткій и неподвижно укрѣпленный снизу; другой-же q (таб. I) болѣе длинный проходитъ черезъ верхнее отверстіе трубки и свободно можетъ двигаться внутри послѣдней вверхъ и внизъ. Движеніе это совершается при посредствѣ часоваго механизма, съ которымъ верхній стержень сочленяется слѣдующимъ образомъ: на оси одного изъ колесъ часоваго механизма (a — таб. I. черт. 2-й ¹⁾) неподвижно укрѣпленъ металлическій массивный кругъ bc , по діаметру

¹⁾ Чертежъ 1-й на таб. I. изображаетъ аппаратъ спереди; 2-й — сбоку (въ разрѣзѣ). На обоихъ чертежахъ одинаковыя буквы обозначаютъ однѣ и тѣ же части аппарата.

котораго проходитъ широкая металлическая пластинка d ; на двухъ противоположныхъ концахъ пластинки укрѣплены муфты ef , которыя обхватываютъ длинный большой винтъ y , проходящій вдоль пластинки по діаметру круга. При вращеніи пуговки g рукою, винтъ свободно вращается въ муфтахъ вдоль своей продольной оси. Вдоль винта, при его вращеніи, передвигается массивный металлическій цилиндръ h , который имѣетъ въ серединѣ отверстіе съ соотвѣтствующей винтовой нарѣзкой. Для того, чтобы цилиндръ, при вращеніи пуговки g , не крутился вмѣстѣ съ винтомъ, на сторонѣ обращенной къ пластинкѣ круга, онъ имѣетъ плоскую поверхность, упирающуюся въ пластинку d и скользящую по ней. Другая (передняя) сторона цилиндрика h — i оканчивается штифтикомъ съ надѣтымъ на него мѣднымъ роликомъ. Съ другой же стороны, верхній подвижной стержень q реостата плотно скрѣпленъ съ поперечной перекладной m , которая, въ свою очередь, прикрѣплена неподвижно къ другой перекладинѣ kl винтами nn ; внутри послѣдней прорѣзана прямолинейная щель kl , расположенная горизонтально. Вышеупомянутый штифтъ съ роликомъ — i сочленяется съ брускомъ kl такимъ образомъ, что первый располагается внутри щели kl . Изъ подобнаго рода сочлененія легко видѣть, что, при круговомъ вращеніи штифта i вмѣстѣ съ кругомъ bc , поперечный брусокъ kl вмѣстѣ съ прикрѣпленнымъ къ нему стержнемъ q реостата будетъ то подниматься, то опускаться.

Во избѣжаніе боковыхъ качаній этого стержня, къ упомянутому поперечному бруску m прикрѣплены съ боковъ длинные штифты, которые, какъ въ салазкахъ, скользятъ въ пазахъ двухъ неподвижно укрѣпленныхъ вертикальныхъ столбовъ pp .

Для плавнаго, равномернаго движенія верхняго подвижнаго стержня реостата, по другой сторонѣ оси a вдоль винта передвигается противовѣсъ tt , который уравниваетъ грузъ, состо-

ящій изъ вышеупомянутаго цилиндрика h , ролика, двухъ поперечныхъ брусковъ Kl и m и т. д. ¹⁾.

Оба груза (tt и h, kl, m и пр.) передвигаются вмѣстѣ однимъ и тѣмъ же вращеніемъ пуговки g на равныя разстоянія отъ оси a , но — въ противоположныя стороны; такимъ образомъ, въ каждый моментъ равные по вѣсу грузы расположены на одинаковомъ разстояніи отъ оси a , т. е. моменты силъ каждый разъ будутъ равны между собой ²⁾.

Часовой механизмъ приводится въ движеніе посредствомъ различныхъ тяжестей, подвѣшенныхъ на струну. При помощи тормазы ходъ часоваго механизма можетъ быть моментально остановленъ. Для равномерной скорости аппаратъ снабженъ автоматическимъ регуляторомъ. Другой регуляторъ служитъ для сообщенія ходу аппарата различной скорости, начиная отъ самыхъ медленныхъ.

Вышеупомянутый реостатъ, какъ сказано, состоитъ изъ стеклянной трубки съ толстыми стѣнками; внутренній діаметръ ея (трубки) равняется 3-мъ mm . Трубка наполнена растворомъ цинковаго купороса въ глицеринѣ, о чемъ подробно будетъ говорить ниже. Два стержня c_1 и l (таб. II, черт. 5-й) — подвижной и неподвижный, сдѣланы изъ ковannaго цинка; плоскіе концы ихъ, обращенные другъ къ другу, тщательно амальгамированы; боковыя же поверхности покрыты изолирующимъ слоемъ лака; поперечникъ стержней равняется 2-мъ mm .

¹⁾ Безъ этого уравнивающего груза, движеніе подвижнаго стержня вверхъ и внизъ происходитъ крайне неправильно, неравномѣрно: при медленномъ ходѣ аппарата, верхній стержень очень медленно поднимается (или совсѣмъ не поднимается) и затѣмъ быстро опускается. При частыхъ же колебаніяхъ, въ силу тѣхъ же причинъ, происходятъ „толчки“. Причина этого явленія заключается въ неравномѣрномъ распределеніи грузовъ относительно оси a .

²⁾ Движеніе грузовъ въ противоположныя стороны обуславливается различной винтовой нарѣзкой каждой половины винта: одна половина его нарѣзана „правымъ винтомъ“, другая — „лѣвымъ“.

Нижній короткій стерженець неподвижно прикрѣпленъ къ каучуковому цилиндру a_1 , служащему оправой нижняго конца стеклянной трубочки r ; свободный же (амальгамированный) конецъ его выстоитъ въ просвѣтъ трубки. Чертежъ 5-й (таб. II-я) представляетъ реостатъ въ разрѣзѣ:

h — стеклянная трубка; a' — каучуковая оправка; c' нижній неподвижный стержень; l — длинный подвижной стержень; k — шкала для измѣренія величины размаха верхняго стержня.

Реостатъ вводится въ цѣпь батарейнаго тока такимъ образомъ, что одинъ проводникъ, идущій отъ батареи, зажимается металлической клеммой C (таб. I. черт. 1-й), отъ которой идетъ проволока, соединяющаяся съ небольшимъ выступомъ, идущимъ отъ нижняго конца неподвижнаго стерженька (b_1 таб. II. черт. 5-й).

Другой проводникъ точно также зажимается другой клеммой D (таб. I. черт. 1-й); отъ нея далѣе идетъ тонкая воластановская платиновая проволочка, закрученная спиралью, которая спаивается съ небольшимъ выступомъ g' , находящимся на верхнемъ концѣ подвижнаго стержня l (таб. II. черт. 5-й).

Обѣ вышеупомянутыя металлическія клеммы тщательно изолированы отъ прочихъ металлическихъ частей аппарата пластинками изъ твердаго каучука; точно также и верхній подвижной стержень q , прикрѣпленный къ горизонтальному бруску m , изолированъ отъ него прокладкою изъ того же каучука (s).

Для регистраванія частоты колебаній верхняго стержня служатъ отмѣтчики или счетчики.

Одинъ счетчикъ считаетъ число колебаній, протекающихъ съ очень большой частотой и отмѣчаетъ каждыя 25 колебаній верхняго электрода (q) передвиженіемъ стрѣлки по циферблату. Это передвиженіе сопровождается звукомъ (щелканіемъ) отъ сотрясенія пружины, такъ что съ большимъ удобствомъ можно отсчитывать число колебаній по звуку во время самаго хода опыта. Такъ какъ этотъ счетчикъ, соединенный съ однимъ изъ ко-

лесь часового механизма, принадлежит къ типу самыхъ обыкновенныхъ то я его здѣсь описывать не буду.

Другой счетчикъ—электромагнитный употребляется при меньшихъ скоростяхъ колебаній и отмѣчаетъ каждыя четыре колебанія черточкой на вращающемся барабанѣ Марей. Счетчикъ этотъ имѣетъ отдѣльную цѣпь съ отдѣльной батареей (см. дальше).

Наконецъ, третій отмѣтчикъ, также электрическій, служитъ для регистрированія медленныхъ колебаній верхняго электрода; онъ отмѣчаетъ каждую четверть колебанія его, такъ что четыре отмѣтки приходятся на одно „полное“ колебаніе стержня (вверхъ и внизъ): двѣ отмѣтки соотвѣтствуютъ двумъ крайнимъ положеніямъ его (верхнему и нижнему), другія двѣ—обѣимъ среднимъ положеніямъ. Для этой цѣли, сзади металлическаго круга *bc* (таб. I. черт. 2-й) на ту же ось *a* плотно насажена четырехконечная звѣздочка *ni*, такимъ образомъ, что каждый конецъ звѣздочки въ извѣстный моментъ, при опредѣленномъ положеніи верхняго электрода, соприкасаясь съ неподвижно укрѣпленной пружинкой *x* (таб. I. черт. 2-й), замыкаетъ токъ отдѣльной гальванической цѣпи; этотъ моментъ отмѣчается на вращающемся барабанѣ черточкой посредствомъ электромагнита, введеннаго въ ту же цѣпь. Вмѣсто пружинки *x* можно подвести снизу подъ звѣздочку металлическую чашечку, наполненную ртутью. Сообразно тому, съ какими скоростями приходится имѣть дѣло, заранѣе передъ каждымъ опытомъ устанавливается одинъ изъ трехъ описанныхъ счетчиковъ.

Для измѣненія частоты колебаній навѣшиваются на струну различныя тяжести (отъ 5 до 20 фунтовъ), приводящія въ движеніе часовой механизмъ; кромѣ того, для той же цѣли, на ось безконечнаго винта часового механизма насаживаются флюгера различной поверхности. Благодаря этимъ приспособленіямъ, часто-

та колебаній можетъ измѣняться въ широкихъ предѣлахъ (отъ одного колебанія въ 2 секунды до 75 колебаній въ 1 сек.).

Мы уже выше говорили о томъ, что амплитуда колебанія силы тока J находится въ зависимости отъ величины вводимого въ цѣпь (и выключаемаго изъ нея) сопротивленія w_1 (стр. 40—41). Измѣненіе же величины w' достигается измѣненіемъ размаха верхняго электрода въ реостатѣ (о пропорціональной зависимости между величиною размаха электрода и соотвѣтственнымъ измѣненіемъ амплитуды колебанія тока см. ниже).

Вращая пуговкой g (таб. I. черт. 1-й и 2-й) въ ту или другую сторону, мы увеличиваемъ или уменьшаемъ разстояніе между штифтомъ i и центромъ вращенія a , т. е. измѣняемъ длину радіуса круга, описываемаго штифтомъ. Соотвѣтственно этому измѣняется величина размаха верхняго электрода, которая, понятно, равняется удвоенному разстоянію штифта i отъ оси a . Благодаря мелкой нарѣзкѣ винта y , градуированіе амплитуды колебанія стержня можетъ быть доведено до $1/10$ mlm.; величина же размаха стержня каждый разъ по произволу можетъ быть устанавливаема въ предѣлахъ отъ 1 до 30 mlm. Сбоку къ стеклянной трубкѣ реостата вплотную приставлена шкала съ дѣленіями на миллиметры, по которой легко опредѣляется величина размаха верхняго электрода q .

Измѣненіе абсолютной силы волнотокa достигается или измѣненіемъ электровозбудительной силы E въ цѣпи, или же измѣненіемъ сопротивленія W въ той же цѣпи. Первое достигается измѣненіемъ числа элементовъ батаррей; второе—введеніемъ въ цѣпь или выключеніемъ изъ нея какого либо постоянного сопротивленія. Роль послѣдняго, между прочимъ, выполняетъ столбъ жидкости, который вводится между концами электродовъ въ трубкѣ реостата. Для каждаго опыта этотъ столбъ остается неизмѣннымъ. Онъ вводится въ реостатъ слѣдующимъ обра-

зомъ: при помощи нижней пуговки Z (таб. I. черт. 1-й; E —табл. II. черт. 5-й) весь реостатъ r передвигается вмѣстѣ съ нижнимъ электродомъ вверхъ и внизъ около верхняго электрода. Передвиженіе это происходитъ при помощи обыкновеннаго саннаго приспособленія AAB (таб. I. черт. 2-й). Величина сопротивленія опредѣляется отсчитываніемъ величины вводимаго столба жидкости по шкалѣ, находящейся сбоку около пуговки Z . Шкала раздѣлена на миллиметры. Такимъ образомъ, въ реостатѣ находятся—такъ сказать—два сопротивленія, изъ которыхъ одно—перемѣнное, обусловливаемое размахами верхняго электрода; другое же—постоянное, которое предварительно устанавливается для каждаго опыта отдѣльно и соответствуетъ первоначальному разстоянію между электродами, напр. при ближайшемъ ихъ расположеніи между собой. Разстояніе это можетъ измѣняться въ предѣлахъ отъ $\frac{1}{2}$ mlm. до 20 mlm.

Отъ предварительной установки верхняго электрода по отношенію къ нижнему зависитъ положеніе волнотока относительно первоначально взятой силы гальваническаго тока (фиг. 17-я a, b, c), т. е. будетъ ли основной гальваническій токъ служить верхней, средней или нижней границей волнотока. Если замкнуть батареинный токъ при установкѣ электродовъ на ближайшемъ разстояніи ихъ другъ отъ друга, тогда при колебаніяхъ верхняго электрода основной токъ, по понятнымъ причинамъ, будетъ служить верхней границей волнотока. Обратное получится, если начальное разстояніе между электродами будетъ максимальное.

Въ началѣ 2-й главы, мы говорили о томъ, что формы колебанія тока или волнотока могутъ быть чрезвычайно разнообразны: прямолинейныя, выпуклыя, вогнутыя и т. д.

Легко видѣть, что различныя формы волнотока главнымъ образомъ обусловливаются различною скоростью включенія въ общую цѣпь и выключенія изъ нея перемѣннаго сопротивленія w_1 , т. е.,

другими словами, различною формою колебанія верхняго электрода реостата ¹⁾. Изъ устройства нашего аппарата становится очевиднымъ, что форма колебанія электрода находится въ зависимости отъ формы щели KL (таб. I. черт. 1-й), которая можетъ быть по произволу измѣняема въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

Чертежъ 6-й (табл. II) представляетъ, для примѣра, такое измѣненіе формы щели, которое обусловливаетъ быстрое опусканіе верхняго электрода, соотвѣтствующее $\frac{1}{4}$ оборота круга bc (таб. I) и медленное поднятіе въ продолженіе $\frac{3}{4}$ оборота того же круга. Форму колебанія верхняго электрода, геср. волнотокъ, въ этомъ случаѣ, можно себѣ представить такою, какъ это схематически изображено на фиг. 15-й ²⁾.

II. При установкѣ аппарата, намъ, прежде всего, пришлось имѣть дѣло съ выборомъ жидкихъ проводниковъ для реостата. Задача заключалась въ томъ, чтобы найти такой жидкій проводникъ, который, будучи включенъ въ цѣпь, обусловливалъ замѣтное измѣненіе силы тока J при небольшомъ уже измѣненіи вы-

¹⁾ Это простое отношеніе формы волнотокъ къ формѣ колебанія верхняго электрода имѣетъ мѣсто въ томъ только случаѣ, если сила тока измѣняется пропорціонально измѣненію сопротивленія W ; въ противномъ случаѣ, это отношеніе является болѣе сложнымъ.

²⁾ Конечно, фیزیологическое значеніе той или другой формы волнотокъ можетъ быть доказано только опытнымъ путемъ; но а priori можно предположить, что измѣненіе формы волнотокъ не будетъ безразлично по отношенію къ эффектамъ раздраженія нерва. Помимо этого, есть еще одна сторона дѣла, заслуживающая вниманія: въ Orthorheonomъ Fleischl'я измѣненіе крутизны колебанія тока, при неизмѣнной силѣ баттерейнаго тока, достигается только соотвѣтствующимъ измѣненіемъ частоты колебаній въ единицу времени. Стало бытъ, въ этомъ случаѣ, приходится имѣть дѣло съ двумя неизвѣстными: съ вліяніемъ измѣненія крутизны колебанія и, рядомъ съ этимъ, съ вліяніемъ измѣненія частоты колебаній. Въ нашемъ аппаратѣ даны условія, благодаря которымъ крутизна колебаній и частота ихъ могутъ протекать независимо другъ отъ друга: форма волнотокъ, схематически изображенная на фиг. 15-й и другія ей подобныя формы, отнесенныя нами къ группѣ „неправильныхъ формъ колебаній тока“ (стр. 36), ясно показываютъ, что та или другая крутизна колебанія тока обусловливается только соотвѣтствующимъ измѣненіемъ формы щели KL (таб. I. черт. 1-й) и независима отъ частоты колебаній. Очевидно, что, мѣняя только форму щели, мы будемъ имѣть волнотокъ, протекающій съ различною крутизною при одинаковой частотѣ колебаній въ единицу времени.

соты его столба. Очевидно, что это можно достигнуть при условии, если искомый жидкий проводникъ будетъ представлять значительное сопротивленіе по отношенію къ суммѣ всѣхъ прочихъ сопротивленій той же цѣпи. Это положеніе легко доказать на основаніи формулы Ома.

Допустимъ, что цѣпь состоитъ изъ батареи съ сопротивленіемъ W_e , нерва съ сопротивленіемъ W_n , искомага сопротивленія W_x и сопротивленія прочихъ проводниковъ (металлическихъ) W_r ; тогда сила тока въ данной цѣпи получитъ слѣдующее выраженіе

$$J = \frac{E}{W_n + W_e + W_r + W_x}.$$

Такъ какъ сопротивленіе металлическихъ проводниковъ W_r и внутреннее сопротивленіе элементовъ W_e слишкомъ ничтожны сравнительно съ сопротивленіемъ нерва W_n , то ихъ можно не принимать въ расчетъ. Допустимъ теперь, что W_n значительно больше W_x ; тогда, очевидно, включеніе въ знаменатель дроби и выключеніе изъ нея сопротивленія W_x будетъ мало вліять на колебаніе всей дроби, т. е. на силу тока J . Если же, наоборотъ, W_n значительно меньше W_x , то алгебраическій прибавокъ $\pm W_x$ къ знаменателю обусловитъ значительныя колебанія всей дроби, а слѣдовательно, значительныя колебанія силы тока J .

При устройствѣ жидкихъ реостатовъ обыкновенно пользуются водными концентрированными растворами сѣрноокислаго цинка (рѣже—мѣди). Но, какъ извѣстно, сопротивленіе столба этого раствора совершенно ничтожно сравнительно съ сопротивленіемъ куска нерва одинаковой длины и одинаковаго поперечнаго разрѣза. Легко, отсюда, видѣть, что столбъ такой жидкости долженъ быть крайне великъ въ реостатѣ, если имѣютъ въ виду измѣнять силу тока J въ достаточной степени. Это одно изъ затрудненій, которое для нашей цѣли дѣлаетъ почти невоз-

возможным приспособленіе подобныхъ реостатовъ, вводимыхъ въ общую цѣпь: экскурсіи подвижнаго электрода въ нѣсколько десятковъ сантиметровъ потребовали бы устройства крайне громоздкаго аппарата¹⁾. Понятно, насколько было важно отыскать другія жидкія среды, которыя бы представляли прохожденію электрическаго тока значительное абсолютное сопротивление сравнительно съ сопротивленіемъ куска нерва.

Таковою искомою жидкостью оказался глицеринъ.

Сколько намъ извѣстно, это вещество еще не было точно исследовано по отношенію къ его электропроводимости²⁾. Поэтому, намъ пришлось изучить его свойства (въ разныхъ концентраціяхъ и смѣсяхъ) по отношенію къ его электрической проводимости и поляризаціи.

Химически чистый глицеринъ (фабрики Зарга) есть непроводникъ электричества — его гальваническое сопротивление безконечно велико. Въ цѣпь, заключающую 8 элементовъ *Leclanché* (последовательно соединенныхъ) и чувствительный мультипликаторъ *Du Bois Reymond'a* (съ 20,000 оборотовъ) былъ введенъ между платиновыми электродами столбъ глицерина отъ $\frac{1}{2}$ до 1 mm. Магнитная стрѣлка мультипликатора осталась въ покоѣ. Рядъ подобныхъ наблюденій далъ тотъ-же результатъ. Если же взять глицеринъ съ примѣсью небольшого количества

¹⁾ Конечно, абсолютное сопротивление столба воднаго раствора цинковаго купороса было бы совершенно достаточно при введеніи его въ цѣпь (съ нервомъ) въ качествѣ побочнаго замыканія. Такой способъ мы видѣли при описаніи *Ortho-rheonom'a Fleischl'a*. Но наша задача — ввести реостатъ въ общую цѣпь съ нервомъ — имѣла своимъ основаніемъ практическія цѣли электротерапіи. Въ самомъ дѣлѣ, если включить тѣло человѣка въ цѣпь *Ortho-rheonom'a*, то, при вращеніи послѣдняго, получится волнотокъ, проходящій черезъ тѣло человѣка; но абсолютная сила проходящаго волнотока будетъ тѣмъ ничтожнѣе, чѣмъ сопротивление *Ortho-rheonom'a* будетъ меньше сопротивленія тѣла человѣка. Такъ какъ отношеніе этихъ сопротивленій очень велико, то ясно, что для полученія волнотока такой абсолютной силы, которая была бы достаточна для электротерапевтическихъ цѣлей (= 10, 15 или 20 элементамъ), необходима такая сила тока, которая получалась бы отъ громаднаго числа элементовъ.

²⁾ Было только замѣчено, что онъ почти не проводитъ тока.

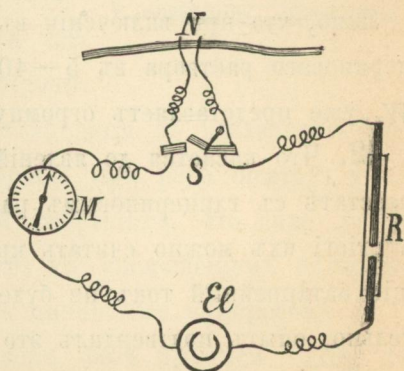
не-перегнанной воды, то замѣчается отклоненіе магнитной стрѣлки на нѣсколько градусовъ, что, во всякомъ случаѣ, указываетъ на крайне незначительную силу тока (на томъ же мультипликаторѣ покойный нервный токъ сѣдалищнаго нерва лягушки вызывалъ среднее отклоненіе стрѣлки на $15—25^{\circ}$). При постепенномъ разведеніи глицерина водою происходитъ быстрое нарастаніе его электропроводимости. То же самое произойдетъ, если вмѣсто воды растворить въ глицеринѣ химически чистый сѣрнистый цинкъ. Въ этомъ случаѣ, глицериновый растворъ можетъ служить проводникомъ электричества, при чемъ, по мѣрѣ усиленія концентрации раствора, проводимость его растетъ до извѣстнаго предѣла.

Ближайшая задача заключалась въ опредѣленіи предѣла концентрации смѣси глицерина съ цинковымъ купоросомъ для того, чтобы, при возможно малыхъ экскурсіяхъ верхняго электрода Кимореонова, величина переменнаго сопротивленія W_x (см. форм. Ома, стр. 49) была бы достаточно велика сравнительно съ сопротивленіемъ нерва W_n . Для этихъ опредѣленій мною былъ примѣненъ методъ субституціи.

Сущность этого метода состоитъ въ томъ, что получается одно и то же отклоненіе стрѣлки мультипликатора, одинъ разъ, при прохожденіи тока черезъ опредѣленный участокъ нерва; другой же разъ — черезъ столбъ глицериноваго раствора опредѣленной концентрации. Схема опыта представлена на фигурѣ 19-й.

Цѣпь состояла изъ одного элемента Leclanché El , чувствительнаго мультипликатора Du Bois

Reymond'a M , куска сѣдалищнаго нерва лягушки въ 1 см. длины, вырѣзаннаго изъ нижней трети бедра и положеннаго на



Фиг. 19-я.

два неполяризующіе электрода *N*, ключа Du Bois Reymond'a *S* и реостата *R*, наполненнаго глицериновымъ растворомъ цинковаго купороса опредѣленной концентраціи. Металлическіе проводники взяты изъ толстой проволоки. Въ началѣ опыта, приводятъ концы электродовъ реостата до соприкосновенія ихъ между собой и замѣчаютъ величину отклоненія стрѣлки мультипликатора при прохожденіи тока только черезъ нервъ. Затѣмъ, замыкая ключъ Du Bois Reymond'a, выключаютъ нервъ изъ цѣпи и, постепенно раздвигая концы электродовъ реостата, отыскиваютъ такое положеніе ихъ, при которомъ получается то же отклоненіе стрѣлки мультипликатора.

Такимъ образомъ, съ достаточною точностью опредѣляютъ искомую высоту столба реостата, сопротивленіе котораго равняется сопротивленію опредѣленнаго куска нерва. Для этихъ опредѣлений одинъ объемъ насыщеннаго раствора цинковаго купороса въ глицеринѣ разбавлялся 10—20 объемами чистаго глицерина. Изъ ряда опытовъ выяснилось, что, при этихъ степеняхъ разжиженія ($1/10$ — $1/20$), столбъ глицериноваго раствора въ нѣсколько миллиметровъ (5—12 mlm.) представлялъ приблизительно то же сопротивленіе, какъ и нервъ въ 1 см. длины.

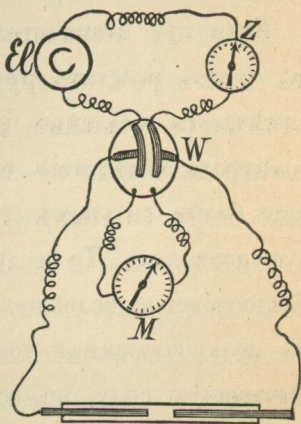
Ясно, что при включеніи въ цѣпь (и выключеніи) столба глицериноваго раствора въ 5—40 mlm., переменное сопротивленіе W_x уже представляетъ огромную величину.

12. Что касается до явленій поляризаціи, развивающихся въ реостатѣ съ глицериновымъ растворомъ цинковаго купороса, то аргументы ихъ можно считать крайне ничтожными, если проходящій батареинный токъ не будетъ чрезмѣрно сильнымъ. Дѣйствительно, опытъ подтвердилъ это предположеніе. Но предварительно необходимо было рѣшить вопросъ: не развивается ли собственная электромоторная сила въ реостатѣ при существующемъ сочетаніи цинковыхъ электродовъ съ глицериновымъ растворомъ цин-

кового купороса? Опыты дали отрицательный результат. Если составить цѣпь изъ реостата съ даннымъ растворомъ и мультипликатора Du Bois Reymond'a, то, при любомъ разведеніи глицериноваго раствора, при замыканіи цѣпи (если опытъ производится съ извѣстными предосторожностями) стрѣлка мультипликатора почти всегда остается въ покоѣ.

Для изслѣдованія явленій поляризаціи, опыты производились по слѣдующей схемѣ (см. фиг. 20).

Одна цѣпь состояла изъ одного элемента Leclanché El , Universal-Rheometer'a Zenger'a Z , реостата R и коммутатора Поля W безъ перекрещивающихся перекладинъ („Виппа безъ креста“); другая цѣпь—изъ того же реостата R , коммутатора W и мультипликатора Du Bois Reymond'a M . Если замкнуть первую цѣпь передвиженіемъ дуги коммутатора, то токъ отъ элемента пройдетъ черезъ бус-соль Z и реостатъ. По прошествіи напр. одной минуты, быстрымъ опрокидываніемъ дуги коммутатора замыкается вторая цѣпь, и по отклоненію стрѣлки мультипликатора Du Bois Reymond'a опредѣляется сила поляризаціоннаго тока въ реостатѣ.



Фиг. 20-я.

Явленія поляризаціи изучались на глицеринѣ съ различнымъ содержаніемъ воды и цинковаго купороса. Изъ ряда опытовъ можно было вывести тотъ несомнѣнный результатъ, что сила поляризаціоннаго тока рѣзко уменьшается съ уменьшеніемъ содержанія воды въ растворѣ глицерина съ цинковымъ купоросомъ.

Если же изслѣдовать этотъ растворъ безъ примѣси воды, то окажется, что сила поляризаціоннаго тока падаетъ по мѣрѣ разжиженія концентрированнаго раствора цинковаго купороса въ глицеринѣ чистымъ глицериномъ. Такъ напр., при разведеніи 1

объема концентрированного раствора 20 объемами чистого глицерина ($1/20$ степень разведения), поляризационный токъ при очень маломъ столбѣ жидкости даетъ отклоненіе стрѣлки мультипликатора Du Bois Reymond'a едва на нѣсколько градусовъ, что само по себѣ представляетъ крайне малую величину, потому что тотъ же токъ батареи (1 элементъ), введенный на одно мгновение въ цѣпь мультипликатора Du Bois Reymond'a съ реостатомъ, вызывалъ сильнѣйшее отклоненіе, resp. вращеніе магнитной стрѣлки даже въ томъ случаѣ, если столбъ глицериновой жидкости былъ больше 100 mlm. Отсюда ясно, что сила поляризационнаго тока представляетъ чрезвычайно малую величину.

Если при незначительной высотѣ столба глицериноваго раствора черезъ реостатъ пропускать сильный батарейный токъ, то замѣчается медленно развивающееся почернѣніе отрицательнаго электрода вслѣдствіе отложенія продуктовъ электролиза ¹⁾. При еще болѣе сильномъ токѣ замѣчается медленное появленіе пузырьковъ газа. То и другое, во всякомъ случаѣ, составляетъ неблагоприятное осложненіе при работахъ съ сильными токами. Хотя поляризационный токъ въ этихъ случаяхъ представляетъ крайне ничтожную силу, но, все-же, возможно полное его устраненіе было бы всегда желательно. Последнее достигается постояннымъ встряхиваніемъ реостатической жидкости и введеніемъ движущагося столба жидкости въ реостатъ.

Какъ извѣстно, поляризационный токъ значительно ослабляется и даже вовсе уничтожается, если постоянно встряхивать столбъ жидкости, черезъ который проходитъ гальваническій токъ. Въ нашемъ реостатѣ эту роль выполняетъ верхній электродъ своими колебательными движеніями. Если еще при этомъ реостатъ бу-

¹⁾ Тотъ же самый токъ вызывалъ сильнѣйшія явленія электролиза съ обильнымъ образованіемъ пузырьковъ газа въ водномъ растворѣ цинковаго купороса (въ такой же степени разведения).

детъ введенъ въ цѣпь такимъ образомъ, что верхній электродъ будетъ отрицательнымъ полюсомъ то продукты электролиза, отлагающіеся на немъ, будутъ быстро удаляться при каждомъ его колебательномъ движеніи.

Существуетъ еще одно условіе, которое можетъ служить причиной развитія поляризаціоннаго тока даже при прохожденіи черезъ реостатъ слабого батаррейнаго тока; именно, въ силу перемѣщенія іоновъ, черезъ нѣкоторое время растворъ окажется неравномѣрной концентраціи: у положительнаго электрода концентрація жидкости больше, у отрицательнаго—меньше. Это неблагоприятное осложненіе устранено тѣмъ, что жидкость въ нашемъ реостатѣ постоянно смѣняется новою жидкостью, т. е. происходитъ постоянное передвиженіе столба жидкости. Для этой цѣли, стеклянная трубка реостата имѣетъ внизу колѣно (e' —табл. I., черт. 1-й и l' —таб. II., черт. 5-й), которое при помощи каучуковой трубки соединяется съ воронкой (см. таб. I., черт. 1-й). Жидкость, налитая въ воронку, проходитъ по каучуковой трубкѣ въ нижнее колѣно, откуда далѣе идетъ черезъ трубку реостата въ направленіи снизу вверхъ и затѣмъ, выливается черезъ верхнее колѣно, находящееся у верхняго конца реостатической трубки r . При прохожденіи черезъ трубку жидкость уноситъ всѣ продукты электролиза, которые, въ силу направленія тока жидкости, никогда не попадаютъ между концами электродовъ. Скорость движенія столба жидкости регулируется передвиженіемъ воронки, укрѣпленной на (вертикальномъ) штативѣ.

Существенный вопросъ теперь заключался въ слѣдующемъ: исчерпываются ли благодаря этому приспособленію—введенію движущагося столба жидкости—всѣ условія для того, чтобы поляризаціонный токъ вполнѣ отсутствовалъ? Опыты дѣйствительно показали, что, при условіи постоянной смѣны жидкости въ реос-

татѣ, сила проходящаго черезъ него тока остается постоянною въ продолженіе 30 и болѣе минутъ.

Въ одномъ рядѣ опытовъ, цѣпь состояла изъ 4 элементовъ Leclanché; при столбѣ жидкости въ 2—3 mlm. и неподвижныхъ электродахъ, мультипликаторъ Du Bois Reymond'a показывалъ отклоненіе стрѣлки въ 60—70°. По прошествіи 20—30 минутъ, въ продолженіе которыхъ жидкость въ реостатѣ постоянно обновлялась, нельзя было замѣтить никакого ослабленія тока; отклоненіе стрѣлки—такое же. Въ другихъ опытахъ, съ такимъ же числомъ элементовъ при неподвижномъ столбѣ жидкости (2—3 mlm.) и неподвижныхъ электродахъ въ реостатѣ, стрѣлка гальванометра Zenger'a устанавливалась на 29—30°. Затѣмъ, пускался черезъ реостатъ токъ глицериноваго раствора, и стрѣлка, спустя 2—3 минуты, устанавливалась на 58—60° и держалась все время, пока проходилъ токъ жидкости. При повторномъ задержаніи послѣдняго, стрѣлка гальванометра Zenger'a медленно подвигалась назадъ и снова устанавливалась на 29° и т. д. Очевидно, что токъ жидкости, постоянно проходящій черезъ реостатъ, обусловливаетъ, кромѣ постоянства гальваническаго тока, еще maximal'ную силу его, что, конечно, зависитъ отъ отсутствія поляризаціоннаго тока.

13. Чтобы закончить описаніе аппарата, намъ остается опредѣлить форму кривой колебанія тока. Въ этомъ отношеніи, необходимо было рѣшить слѣдующій вопросъ: существуетъ ли пропорціональная зависимость между величиной колебанія тока и величиной колебанія верхняго электрода реостата; иначе говоря, при перемѣщеніи верхняго электрода каждый разъ на 1 mlm., происходитъ ли измѣненіе силы тока также на опредѣленную постоянную величину соотвѣтственно этому передвиженію? Если отвѣтъ получится утвердительный, тогда, при равномерномъ движеніи верхняго электрода, будемъ имѣть „линейное колебаніе“ гальваническаго тока. Форму колебанія тока можно или вычислить на основаніи фор-

мульт, приведенныхъ выше, или же опредѣлить непосредственно гальванометрически.

Мы имѣли формулу для опредѣленія величины i , т. е. амплитуды колебанія тока:

$$i = E \frac{w_1}{W^2 + Ww_1} \dots \dots \dots (1)$$

Болѣе простую формулу можно вывести изъ отношенія i къ первоначальной силѣ тока J (см. выше).

$$i : J = E \frac{w_1}{W^2 + Ww_1} : \frac{E}{W}$$

или

$$\frac{i}{J} = \frac{w_1}{W + w_1} \dots \dots \dots (2)$$

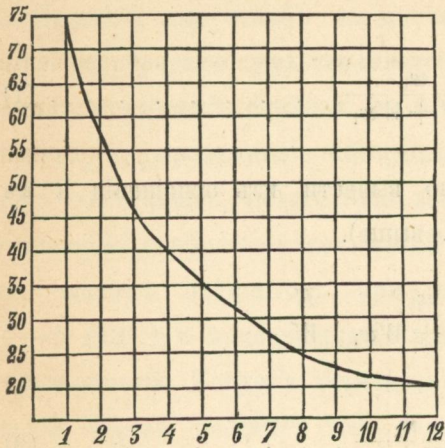
Зная величины W и J , легко опредѣлить величину измѣненія силы тока i при постепенномъ измѣненіи опредѣленнаго сопротивленія w_1 (на каждый миллиметр).

Гальванометрическія опредѣленія дали кривую колебанія тока, представленную на фиг. 21-й.

Цѣпь состояла изъ реостата съ глицериновымъ растворомъ, содержащимъ $\frac{1}{10}$ часть концентрированнаго раствора цинковаго купороса въ глицеринѣ; далѣе, изъ одного элемента Leclanché, ключа Du Bois Reymond'a и чувствительной зеркальной буссоли Rosenthal'я (Microgalvanometer).

Числа, расположенныя внизу фигуры, представляютъ разстоянія между концами электродовъ въ миллиметрахъ; числа, поставленныя сбоку, показываютъ отклоненія магнитной стрѣлки гальванометра. Такъ какъ углы отклоненія магнита были очень малы, то можно принять прямую пропорціональность между силой тока и числомъ дѣленій шкалы.

Изъ чертежа видно, что, при раздвиганіи концовъ электродовъ, первоначально установленныхъ на ближайшемъ другъ отъ друга разстояніи (1 mlm.), происходитъ крутое паденіе кривой, геср.



Фиг. 21-я.

рѣзкое ослабленіе силы тока. Затѣмъ, при дальнѣйшемъ увеличеніи разстоянія между электродами, паденіе кривой все болѣе и болѣе замедляется, дѣлается покатѣе. Слѣдовательно, наиболѣе рѣзкое измѣненіе силы тока происходитъ при колебаніяхъ электродовъ на ближайшемъ разстояніи другъ отъ друга.

Какъ видно на чертежѣ, кривая колебанія тока имѣетъ вогнутую форму.

Въ виду вышесказанныхъ свойствъ аппарата, позволяющихъ получать волнообразно колеблющійся гальваническій токъ, всего правильнѣе было бы назвать его Кимореономомъ (*κῆμος*—волна, *ρεος*—токъ, теченіе)¹⁾.

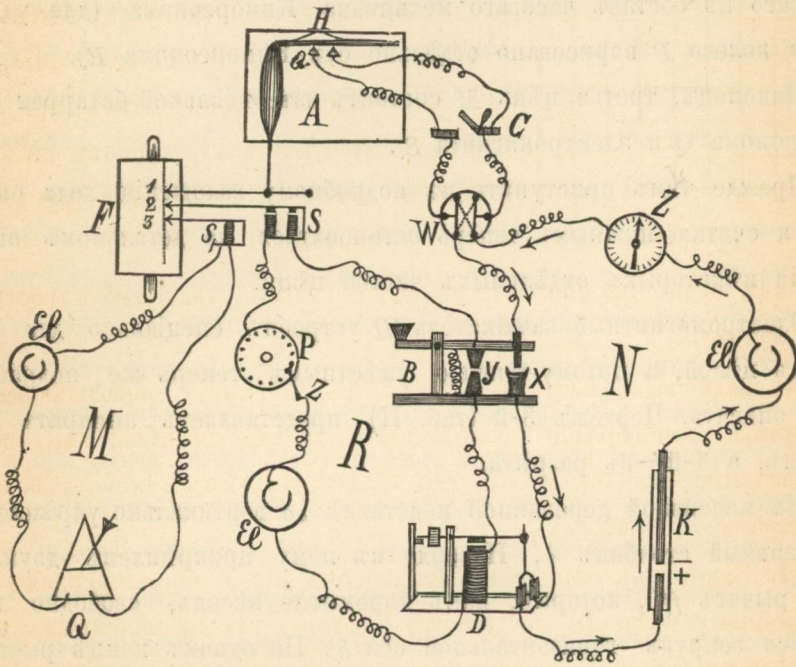
14. Закончивъ описаніе Кимореонома, мы теперь перейдемъ къ подробному изученію постановки опытовъ, предназначенныхъ для изслѣдованія фізіологическаго дѣйствія волнотокъ. Главная задача при постановкѣ этихъ опытовъ заключалась въ томъ, чтобы возможно было каждый разъ опредѣлять:

- 1) моментъ внѣдренія волнотокъ въ нервъ,
- 2) начало мышечнаго сокращенія,
- 3) продолжительность раздраженія волнотокомъ,

¹⁾ Въ предварительномъ сообщеніи, этотъ аппаратъ былъ названъ „Кимореостатомъ“, но по аналогіи съ Ortho-rheonom'омъ, Feder-rheonom'омъ и другими реономами, правильнѣе назвать его „Кимореономомъ“.

- 4) моментъ исчезанія волноточа въ нервѣ,
- 5) частоту раздраженія,
- 6) амплитуду колебанія тока и
- 7) силу проходящаго батаррейнаго тока.

На чертежѣ 22-омъ представлено схематически расположеніе аппаратовъ въ томъ видѣ, какъ оно имѣло мѣсто при моихъ опытахъ. На чертежѣ представлены три цѣпи—*M*, *N* и *R*, которыя для удобства нарисованы отдѣльно одна отъ другой.



Фиг. 22-я.

Одна цѣпь *N* служитъ для раздраженія нерва; вторая *R* — для записыванія момента внѣдренія волноточа въ нервъ и числа колебаній тока; наконецъ, третья цѣпь *M* предназначена для отмѣтки секундъ.

Цѣпи *M* и *R* связаны съ электромагнитами *S* и *S*₁, которые при помощи перьевъ 2 и 3 дѣлаютъ отмѣтки на вращающемся барабанѣ *F*.

Цѣпь N составлена изъ слѣдующихъ частей: батарреи El , Universal-Rheometer'a Zenger'a Z , комутатора Поля W , ключа Du Bois Reymond'a C , неполяризующихъ электродовъ Q , Кимореонома K , двойного рычажнаго ключа Helmholtz'a B и наконецъ, особеннаго электромагнитнаго замыкателя D , о которомъ будетъ сказано ниже.

Вторая цѣпь R состоитъ изъ того же замыкателя D , того же ключа B , батарреи El , электромагнита S и изъ колеса P , входящаго въ составъ часоваго механизма Кимореонома (для удобства колесо P нарисовано отдѣльно отъ Кимореонома K).

Наконецъ, третья цѣпь M состоитъ изъ отдѣльной батарреи El , метронома Q и электромагнита S_1 .

Прежде чѣмъ приступить къ подробному изложенію хода опыта, я считаю нужнымъ теперь остановиться на детальномъ описаніи нѣкоторыхъ отдѣльныхъ частей цѣпи.

Электромагнитный замыкатель D устроенъ спеціально для нашихъ цѣлей, а потому считаю умѣстнымъ теперь же подробно его описать. Чертежъ 3-й (таб. II) представляетъ аппаратъ въ планѣ, а 4-й—въ разрѣзѣ.

На массивной деревянной подставкѣ aa вертикально укрѣпленъ массивный столбикъ i . Наверху къ нему прикрѣпленъ двуплечій рычагъ ff' , который, какъ коромысло вѣсовъ, свободно качается вокругъ горизонтальной оси h . На одномъ концѣ рычагъ держитъ вертикальный стерженецъ d , свободно передвигающійся вверхъ и внизъ и неподвижно укрѣпляемый въ любомъ положеніи винтикомъ e . Стерженецъ d книзу дѣлится виллообразно на два конца, которые, при опусканіи соотвѣтствующаго плеча рычага f , погружаются въ два стаканчика cc' , наполненные ртутью. Оба стаканчика неподвижно укрѣплены на той же подставкѣ aa такимъ образомъ, что обѣ вѣтви вилки погружаются каждая въ свой стаканчикъ.

На той же сторонѣ, нѣсколько ближе къ столбу i , къ плечу рычага f снизу прикрѣплена пластинка m изъ мягкаго желѣза, подѣ которой тотчасъ находятся два сильныхъ электромагнита gg' , вертикально стоящіе одинъ около другаго на той же подставкѣ a .

Плечо рычага f удерживается въ равновѣсіи противовѣсомъ k , который свободно скользитъ по другому плечу f' и можетъ быть закрѣпленъ на любомъ мѣстѣ посредствомъ винта.

Для опытовъ аппаратъ устанавливается такимъ образомъ, чтобы, въ моментъ пропусканія тока черезъ катушки электромагнита gg' и притяженія желѣзной пластинки m , концы вилки стерженька d пришли въ контактъ съ поверхностью ртути въ стаканчикахъ. Въ такомъ положеніи остается рычагъ какъ во все время прохожденія тока черезъ электромагнитъ, такъ и по размыканіи его. Затѣмъ, легкимъ нажиманіемъ рукой на противоположный конецъ рычага разобщаютъ контактъ между вилкой и ртутью. Послѣ установки стержня d вышеописаннымъ путемъ, передъ началомъ каждаго опыта устанавливаютъ самый аппаратъ слѣдующимъ образомъ: при помощи противовѣса k уравниваются оба плеча рычага ff' ; затѣмъ, подводится пластинка l , передвигаемая вдоль столба p и закрѣпляется подѣ плечомъ рычага f' такимъ образомъ, чтобы легкимъ надавливаніемъ на плечо f' можно было положить конецъ его S на пластинку l .

Съ опусканіемъ внизъ этого плеча, приподымается противоположное, а вмѣстѣ съ этимъ разобщается контактъ между стержнемъ d и ртутными поверхностями.

Въ этомъ новомъ наклоненномъ положеніи, рычагъ остается неподвижнымъ въ силу равновѣсія обоихъ плечъ. При установкѣ пластинки l , главное вниманіе обращается на то, чтобы разстоянія съ одной стороны между концами вилки и ртутными поверхностями, а съ другой—между желѣзной пластинкой m и электромагнитомъ были по возможности минимальныя. Тщательной

регулировкой этихъ разстояній можно достигнуть того, что потеря времени между началомъ прохожденія тока черезъ электромагнитъ и моментомъ выдренія концовъ вилки въ ртуть можетъ быть крайне ничтожная (приблизительно въ тысячныхъ доляхъ секунды).

Этотъ аппаратъ включенъ въ двѣ цѣпи— N и R (см. фиг. 22, D). Проводники цѣпи N , подходя къ аппарату D , кончаются тоненькими тщательно амальгамированными проволочками, которыя опускаются въ соотвѣтствующіе стаканчики со ртутью (см. черт. 4-й, таб. II).

Цѣпь N замыкается въ тотъ моментъ, когда концы вилки d касаются ртутной поверхности. Для большей точности, цѣпь N замыкается контактомъ, происходящимъ въ одной точкѣ; для этого, одинъ конецъ вилки сдѣланъ длиннымъ, который даже при поднятіи плеча f постоянно остается погруженнымъ въ ртуть; другой же конецъ заостренный и тщательно амальгамированный служитъ замыкателемъ цѣпи N при соприкосновеніи его со ртутной поверхностью и устанавливается такъ, какъ выше было говорено.

Проводники, идущіе отъ цѣпи R , какъ видно на чертежѣ, соединяются съ катушкой электромагнита.

Двойной рычажной ключъ Helmholtz'a B также введенъ въ обѣ цѣпи N и R такимъ образомъ, что замыканіе ихъ совершается одновременно опусканіемъ соотвѣтствующаго плеча рычага (см. чертежъ). Цѣпь N замыкается контактомъ между платиновымъ остриемъ и ртутью, наполняющимъ металлическую чашечку (x); цѣпь же R замыкается простымъ металлическимъ контактомъ (y).

Необходимо еще сказать нѣсколько словъ о колесѣ p въ цѣпи R . Колесо p принадлежитъ, какъ уже сказано, къ системѣ колесъ часового механизма Кимореонома. На плоской сторонѣ его (колеса p) насажены штифты на равномъ разстояніи другъ отъ друга, при томъ такимъ образомъ, что разстояніе между двумя

сосѣдными штифтами равняется четыремъ оборотамъ оси, на которой укрѣпленъ кругъ *bc* (см. таб. I., черт. 1-й), т. е. четыремъ „полнымъ“ ¹⁾ колебаніямъ верхняго электрода. Каждый разъ, когда, при движеніи Кимореонома, штифты послѣдовательно касаются пружинки *Z* (фиг. 22-я), токъ цѣпи *R* замыкается (предполагая, что ключи *D* и *B* уже раньше замкнуты) и перо электромагнита *S* дѣлаетъ первую отмѣтку на вращающемся барабанѣ.

Вторая отмѣтка пера соотвѣтствуетъ размыканію цѣпи *R*, когда контактъ между штифтомъ и пружинкой разобщился. Такимъ образомъ, разстояніе между двумя отмѣтками электромагнита *S*, соотвѣтствующими двумъ замыканіямъ цѣпи *R*, равняется 4-мъ „полнымъ“ колебаніямъ верхняго электрода.

Всѣ опыты можно раздѣлить на двѣ большія группы сообразно тому, какъ нервъ раздражался волнотокомъ. Въ одной группѣ, черезъ раздражаемый нервъ предварительно пропускался на нѣсколько секундъ постоянный токъ, который затѣмъ превращался въ волнотокъ.

Въ другой группѣ, волнотокъ сразу вѣдрялся въ нервъ безъ предварительнаго замыканія постоянного тока. Въ томъ и другомъ случаѣ установка цѣпи и ходъ самаго опыта были различны, а потому мы ихъ опишемъ отдѣльно.

Опыты, принадлежащіе къ первой группѣ, были ведены въ слѣдующемъ порядкѣ: послѣ того, какъ раздражаемый кусокъ нерва *H* наложенъ на электроды *Q* (фиг. 22) и установленъ Кимореономъ (еще не пущенный въ ходъ) на желаемой частотѣ, амплитудѣ колебаній и т. д., разобщаются въ цѣпяхъ *N* и *R* всѣ контакты (*B* и *D*), за исключеніемъ контакта между штифтомъ колеса *P* и пружинкой *Z*. Когда такимъ образомъ все установ-

¹⁾ Подъ „полнымъ“ колебаніемъ разумѣется два движенія верхняго электрода—опусканіе и поднятіе (или наоборотъ).

лено, приступаютъ къ производству самаго опыта, предваритель-
но пустивъ въ ходъ вращающійся барабанъ *F*.

Быстро опускаютъ ключъ *B* и устанавливаютъ контактъ въ точ-
кахъ *x* и *y*. Тотчасъ, токъ цѣпи *R* замкнется,pero электромагнита
S, дѣлаетъ отмѣтку на барабанѣ; въ это же мгновеніе электромаг-
нитъ замыкателя *D* притянетъ желѣзную пластинку, установить кон-
тактъ между концомъ вилки и ртутью и токъ цѣпи *N* также зам-
кнется; черезъ нервъ пройдетъ раздраженіе и мускуль дастъ за-
мыкательное сокращеніе (Schliessungszuckung). Спустя нѣсколько
секундъ, приводится въ движеніе Кимореономъ; въ это время
штифтъ колеса *P* отходитъ отъ пружинки *Z* и токъ цѣпи *R* раз-
мыкается.

Все время пока Кимореономъ находится въ движеніи, колесо
P вращается, и токъ цѣпи *R* то замыкается, то размыкается по
мѣрѣ того, какъ штифты поочередно то соприкасаются съ пружинкой
Z, то отходятъ отъ нея. Затѣмъ, быстрымъ поднятіемъ
рычага въ замыкателѣ *B*, размыкаются токи въ цѣпяхъ *N* и *R*,
и опытъ заканчивается.

Въ опытахъ второй группы точно также сначала разобщаются
контакты въ замыкателяхъ *D* и *B*, и затѣмъ приводится въ дви-
женіе Кимореономъ.

Выжидаютъ нѣсколько секундъ, пока движеніе Кимореонома
достигнетъ равномерной скорости; тогда въ любой моментъ опу-
скаютъ ключъ Helmholtz'a *B*. Здѣсь возможны два случая: или
моментъ установки контактовъ въ *x* и *y* (ключа *B*) не совпадаетъ
съ моментомъ соприкосновенія какого либо штифта колеса *p* съ
пружинкой *Z*, или же оба момента совершаются одновременно.

Въ первомъ случаѣ, обѣ цѣпи *N* и *R* остаются пока еще разом-
кнутыми; какъ только, при дальнѣйшемъ движеніи Кимореонома,
какой либо штифтъ подойдетъ къ пружинкѣ *Z* и контактъ между ними
установится, въ то же мгновеніе, одновременно токи цѣпей *N* и *R*

замкнутся, и моментъ вѣдренія волнотокъ въ нервъ отмѣтится на барабанѣ *F* первою же черточкой электромагнита *S*.

Во второмъ случаѣ, понятно, съ моментомъ опусканія ключа *B* совпадаютъ моменты замыканія токовъ въ цѣпи *N* и *R*.

15. Для опытовъ служилъ нервно-мускульный препаратъ лягушки, состоящій изъ сѣдалищнаго нерва и икроножнаго мускула. *Nervus ischiadicus* обыкновенно отпрепаровывался всегда по всей длинѣ съ кускомъ позвоночника, чтобы устранить вліяніе искусственнаго поперечнаго разрѣза нерва на мѣсто раздраженія.

Боковые вѣтви п. *ischiadici* отрѣзались возможно дальше отъ главнаго ствола; передъ приготовленіемъ препарата предварительно разрушались спинной и головной мозги лягушки.

Для опытовъ мы пользовались чаще всего зимними лягушками (*gana esculenta*), такъ какъ опыты производились, главнымъ образомъ, отъ Декабря и до Мая.

Препаратъ переносился во влажную камеру, гдѣ онъ ущемлялся на штативѣ за оставшійся кусокъ бедренной кости обыкновеннымъ способомъ. Свободный конецъ сухожилія связывался при помощи крючка съ легкимъ рычагомъ міографа Маррея.

Чтобы ослабить вліяніе подбрасыванія рычага при записываніи міографической кривой, къ записывающему рычагу міографа подвѣшивался грузъ отъ 20 до 40 grm. по способу Фика, т. е. почти на оси. Нервъ накладывался на электроды цѣпи *N* (фиг. 22), которые были или платиновые или же неполяризующіе (по Du Bois Reymond'y). Такъ какъ чаще всего приходилось работать со слабыми токами, то употребленіе платиновыхъ электродовъ не представляло никакой погрѣшности, что еще доказывается полнымъ тождествомъ результатовъ при примѣненіи тѣхъ и другихъ электродовъ. При среднихъ токахъ употреблялись неполяризу-

щіе электроды. Во время хода опыта, нервъ отъ времени до времени осторожно смачивался 0.6⁰/₀ растворомъ поваренной соли.

Въ большей части опытовъ, электроды подводились подъ нервъ въ нижней его трети на разстояніи приблизительно $\frac{1}{2}$ —1 сантиметра отъ мѣста вхожденія его въ мускуль. Длина нерва, вводимого между электродами, обыкновенно равнялась одному сантиметру. Всѣ пишущія перья (1. 2 и 3. см. фиг. 22) устанавливались по возможности близко другъ отъ друга, при томъ такимъ образомъ, чтобы концы ихъ были расположены по одной вертикальной линіи.

Вращающійся цилиндръ *F'* приводился въ движеніе часовымъ механизмомъ, снабженнымъ регуляторомъ Фуко. Скорость вращенія цилиндра можно было измѣнять, надѣвая его на ту или другую изъ трехъ осей часоваго механизма. Передъ началомъ каждаго опыта записывающій цилиндръ приводился въ движеніе, при чемъ всѣ три заранѣе установленныя пера писали параллельныя линіи (абсциссы). Самый же опытъ начинался не ранѣе, пока вращеніе барабана не достигнетъ равномерной скорости.

Скорость вращенія цилиндра записывалась при помощи метронома. Въ тѣхъ опытахъ, гдѣ черезъ нервъ предварительно пропускался постоянный токъ, послѣдующее движеніе Кимореонома начиналось съ медленною скоростью и спустя нѣсколько секундъ достигало равномерной скорости. Въ опытахъ же другой группы (см. выше стр. 63), токъ въ цѣпи *N* не раньше замыкался, пока движеніе Кимореонома не достигнетъ опредѣленной равномерной скорости. Ключъ Du Bois Reymond'a *C* введенъ въ цѣпь *N* въ качествѣ побочнаго замыканія.

Гиротропъ *W* (см. фиг. 22) служилъ для извращенія направленія тока, проходящаго черезъ нервъ *H*; при этомъ онъ введенъ въ цѣпь *N* такимъ образомъ, чтобы съ извращеніемъ тока въ нервѣ, направленіе тока въ остальной цѣпи *N* оставалось безъ измѣненія (см. на фиг. 22 расположеніе стрѣлъ).

Необходимость постоянства направленія тока въ цѣпи *N* станетъ понятной, если мы вспомнимъ, что было говорено о поляризации въ реостатѣ Кимореонома, т. е. что верхній электродъ долженъ служить, по причинамъ указаннымъ выше, отрицательнымъ полюсомъ.

Батарея, включаемая въ цѣпь *N*, обыкновенно состояла, при опытахъ со слабыми токами, изъ элементовъ Leclanché и Даниэля; при опытахъ же со средними токами включались еще элементы Грове или Бунзена.

Когда, такимъ образомъ, всѣ части для опыта были установлены и нервъ наложенъ на электроды, тогда передъ началомъ каждого опыта опредѣлялась сила проходящаго черезъ нервъ батареиннаго тока. Въ этомъ отношеніи, мы руководствовались реакціей мускула на замыканіе и размыканіе батареиннаго тока по схемѣ „закона сокращенія мускула“, предложеннаго Pflüger'омъ (Zuckungsgesetz). Болѣе точное опредѣленіе силы тока, проходящаго въ цѣпи *N*, производилось чувствительнымъ Universal Rheometer'омъ Zenger'a *Z* (фиг. 22) совмѣстно съ опредѣленіемъ амплитуды колебанія волнотока. Обыкновенно, эти опредѣленія производились уже въ концѣ каждого опыта.

Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ амплитуда колебанія волнотокa опредѣлялась соотвѣтственно амплитудѣ колебанія верхняго электрода Кимореонома, т. е. замѣчались градусы отклоненія стрѣлки гальванометра одинъ разъ при maximum'ѣ, другой разъ при minimum'ѣ разстояній между концами электродовъ Кимореонома. Такимъ образомъ, разность двухъ чиселъ, выражающихъ градусы отклоненія, опредѣляла намъ величину амплитуды колебанія тока.

Опредѣленіе силы батареиннаго тока находится въ зависимости отъ взаимнаго отношенія волнотока къ первоначальному батаре-

рейному току: если послѣдній служитъ нижней границей волно-тока (см. стр. 47), тогда отсчитываніе градусовъ отклоненія стрѣлки гальванометра производится при maximum'ѣ разстоянія между концами электродовъ Кимореонома и т. д.
