

## ПОЛОЖЕНІЯ.

1) Каминь представляет одно изъ лучшихъ, средствъ освобождающихъ воздухъ отъ существующихъ въ немъ микроорганизмовъ.

2) Установленіе дифференціальной характеристики между патогенными микроорганизмами необходимо для врачебно-діагностическихъ цѣлей.

3) Учрежденіе бактериологическихъ станцій, при нынѣшнемъ взглядѣ на этиологію инфекціонныхъ болѣзней, составляетъ настоятельную необходимость.

4) Ингаляціи слабаго раствора сублимата при крупозной пневмоніи раціональны.

5) Эрготинъ можетъ оказывать существенную помощь въ мигреняхъ сопровождаемыхъ гиперемією мозга <sup>1)</sup>).

6) Карболовая кислота можетъ быть причислена къ числу средствъ дѣйствующихъ противъ перемежающейся лихорадки <sup>2)</sup>).

lv

<sup>1)</sup> Н. Келдышъ. Примѣненіе эрготина въ мигрени. «Медицинскій Вѣстникъ.» 1874 года № 5.

<sup>2)</sup> Н. Келдышъ. О леченіи перемежающейся лихорадки карболовою кислотою. «Медицинскій Вѣстн.» 1871 г. № 38.

# ИЗСЛѢДОВАНІЕ НАДЪ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМЪ РАЗДРАЖЕНІЕМЪ НЕРВОВЪ.

## КЪИМОРЕОНОМЪ.

ДИССЕРТАЦІЯ  
НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ  
Константина Данилевскаго.

612.014

Д-18

ХАРЬКОВЪ.  
Типографія М. Ф. Зильберберга, Рыбная ул., д. № 25-й.  
1888.

## ВВЕДЕНІЕ.

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

Въ физиологической методикѣ за послѣдніе годы мы уже встречаемъ попытки измѣнить обычные способы раздраженія нервовъ и мускуловъ, такъ какъ они оказались недостаточными для анализа чисто физиологическихъ 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 физиологическаго раздражителя.

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

Отдѣльные оттиски изъ „Физиологическаго Сборника“ Проф.  
А. Данилевскаго и В. Данилевскаго. (Вып. I. 1887 г.)

все таки эффектамъ нормальнаго хода перваго возбужденія (Brücke, Fleischl, Loven, Kries и др.). На основаніи уже извѣстныхъ фактовъ а priori можно предположить, что искомымъ раздражителемъ можетъ служить постоянный токъ определенной силы съ относительно рѣдкими колебаніями его густоты, протекающими ритмически съ определенной 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“<sup>1)</sup>.

Свое заключеніе Fleischl основываетъ на опытныхъ данныхъ, изъ которыхъ выяснилось, что сокращеніе мускула, какъ эффектъ раздраженія колебаніемъ постояннаго тока при определенныхъ условіяхъ и сокращенія, вызваннаго естественнымъ нервнымъ возбужденіемъ, имѣютъ одинаковую форму (по продолжительности). Затѣмъ онъ убѣдился, что ни одиночныя сокращенія, вызваннаго 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.

<sup>1)</sup> Fleischl, Untersuchungen über die Gesetze der Nervenerregung. 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.

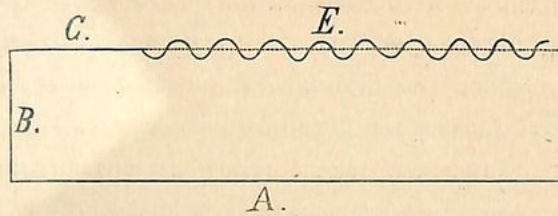
Этихъ предварительныхъ свѣдѣній достаточно, чтобы заключить, что волнотокъ или осциллирующій токъ представляетъ особенныя свойства раздражителя, отличныя отъ свойствъ—индукціоннаго и постояннаго токовъ.

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

Обыкновенно, при физиологическихъ изслѣдованіяхъ, гальваническій токъ примѣняется, какъ раздражитель, или въ моментахъ замыканія и размыканія его, или же въ формѣ дѣющаго постояннаго тока безъ измѣненія его силы. Въ послѣднемъ случаѣ, постоянный токъ графически можно представить какъ прямую линію, проходящую на определенной 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, resp. его ординатъ, будутъ слѣдовать другъ за другомъ въ строго ритмическомъ порядкѣ на определенной 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 первоначальнаго 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 линия), а другаго — алгебраически суммирующагося съ первымъ токомъ черезъ равные интервалы.

Стало быть, волнотокъ есть только известная модификація постоянного тока опредѣленной силы. Понятно отсюда, что изученіе физиологическаго 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 заранее 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 годъ<sup>1)</sup>. 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

<sup>1)</sup> 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 обилень матеріаль, 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 происходят 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 матеріаль, 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 Fleischl'я); вліяніе длины поляризуемаго участка нерва и т. д. Всѣ эти вопросы составятъ матеріаль для отдѣльныхъ сообщеній.

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

тетануса. Наблюденія Fleischl'я объ образованіи тетануса при большихъ интервалахъ раздраженія волнотоккомъ и затѣмъ проведенныя Fuhr'омъ, мною вновь точно констатированы даже при условіи примѣненія еще болѣе большихъ 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 другаго 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 затронуть 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 мускуль, 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 физиологическаго дѣйствія волнотокъ и постояннаго 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 влиянии утомления нервно-мускульного препарата на эффекты раздражения 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 достаточной 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 физиологическое 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“<sup>1)</sup>. 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. Послѣднее произойдетъ только въ томъ случаѣ, если постоянный токъ, проходящій по нерву, будетъ измѣнять свою силу. Но изслѣдованія показали, что и въ послѣднемъ случаѣ токъ не обнаружитъ раздражающаго дѣйствія, если измѣненіе его

<sup>1)</sup> Du Bois Reymond. Untersuchungen über Thierische Elektrizität. I Bd. 1848 г. стр. 258.

силы происходит очень медленно. И наоборот, 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 Reymondъ 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* <sup>1)</sup>. На сколько Du Bois Reymondъ созвавалъ 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 специально изобрѣтенный для этой цѣли. Въ началѣ своей статьи онъ говоритъ: „*Mit wie grosser Wahrscheinlichkeit das von mir sogenannte 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*“ <sup>2)</sup>.

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

<sup>1)</sup> Du Bois Reymond, Untersuchungen u. s. w. стр. 272.

<sup>2)</sup> 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 Reymondъ 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 батарреи, въ другую же руку бралъ вилкообразно 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 батаррею (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 <sup>1)</sup>. 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

<sup>1)</sup> Hermann. Handbuch der Physiologie. II Bd. 1879 года, стр. 51.

4 фута длины, наполненной проводящей токъ жидкостью съ известнымъ 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<sup>1)</sup>.

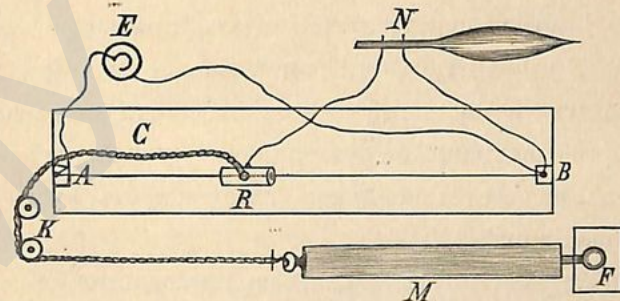
Magiанині воспользовался тою же идеей; только вмѣсто жидкаго реостата онъ ввелъ въ цѣпь, состоящую изъ элемента и двигательнаго нерва, сухой полупроводникъ. Послѣдній представлялъ громадное сопротивление и потому при замыканіи мускулъ оставался въ покоѣ. По мѣрѣ того, какъ полупроводникъ, дѣлаясь влажнымъ, 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<sup>2)</sup>.

Всѣ эти и многіе другіе подобные 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.

<sup>1)</sup> Сѣченовъ. Животное электричество. 1862 года, стр. 69.

<sup>2)</sup> 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 цилиндрикъ 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 другаго ея конца *A*, гдѣ опять захватывается неподвижно другой задвижкой. Главное условіе состоитъ въ томъ, чтобы въ моментъ отпусканія задвижки и захватыванія ея цилиндрика не происходило ни малѣйшаго сотрясенія послѣдняго.

Если ввести реохордъ въ цѣпь, соединивъ точки *B* и *R* съ первымъ *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 достигнетъ 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 <sup>1)</sup>. 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 <sup>2)</sup>, 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

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

<sup>2)</sup> I. c. 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 рассматриваетъ какъ „линейное“. До сихъ поръ, Bernstein ограничился только предварительнымъ сообщеніемъ (въ 1862 году), и подробные результаты его опытовъ еще не опубликованы <sup>1)</sup>.

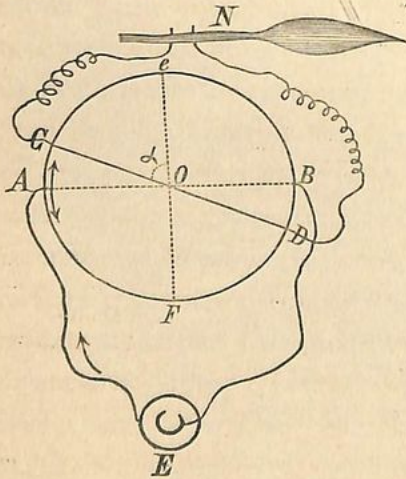
Hermann также пытался устроить аппаратъ для той же цѣли. Въ одномъ случаѣ, онъ бралъ двѣ нитки, натянутыя на стеклянную пластинку, при чемъ послѣдняя посредствомъ извѣстныхъ приспособленій погружалась въ растворъ цинковаго купороса и выводилась изъ него. Въ другомъ случаѣ, вмѣсто нитокъ онъ погружалъ 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 <sup>2)</sup>. Болѣе подробныхъ свѣдѣній въ литературѣ не имѣется.

<sup>1)</sup> См. Fleischl. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaft. Wien. 1877 г. 75 Bd. стр. 142.

<sup>2)</sup> Hermann. Handbuch der Physiol. II Bd. 1879 г. стр. 34.

5. Исслѣдованіями 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 мостикомъ<sup>1)</sup>. Въ существенныхъ чертахъ онъ состоитъ



Фиг. 3-я.

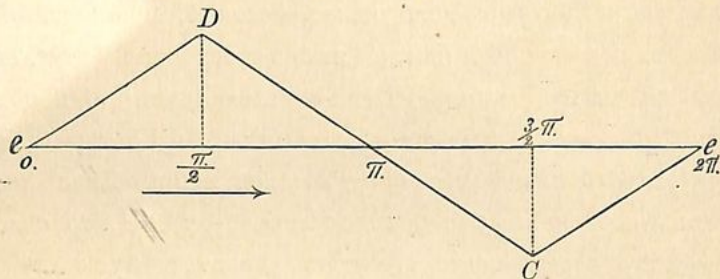
въ слѣдующемъ: внутри круга  $AeBF$  (см. фиг. 3-ю), состоящаго изъ проводника электричества съ равномерной проводимостью во всѣхъ точкахъ, проходитъ мостикъ  $CD$ , представляющій собою подвижной діаметръ и вращающійся около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ круга  $AeBF$ .

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

<sup>1)</sup> Fleischl. Sitzungsberich d. Akad. d. Wiss. Wien. 1877 г. 75 Bd. III Abth.

водники отъ батаррей  $E$ . 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 наростать пропорціонально углу отклоненія мостика отъ линіи  $ef$ . Такъ напр., въ положеніи мостика по линіи  $CD$  (см. фиг.), сила тока будетъ измѣряться величиною угла  $\alpha$  или — дуги  $eC$ . По мѣрѣ того, какъ мостикъ передвигается далѣе къ линіи  $AB$ , токъ въ немъ постепенно будетъ наростать 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  $180^\circ$ ), черезъ него пройдутъ двѣ волны: одна волна наростанія 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 сделать это более нагляднымъ, представимъ себѣ, по примѣру Fleischl'я, что металлическій кругъ  $AeBf$  (фиг. 3-я) вытянуть 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  $\pi$  — фиг. 4), токъ, проходящій черезъ мостикъ, ослабѣваетъ до нуля. То же самое получится при слѣдующемъ передвиженіи мостика на полъ-круга (отъ  $\pi$  до  $2\pi$  — 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 „волнъ“ тока, изъ коихъ одна волна съ восходящей ( $eD$ ) и нисходящей вѣтвями ( $D\pi$ ) смѣняется вполне такою же второю волною, но лишь идущей въ противоположномъ направленіи по мостикъ.

Условія колебанія тока нисколько не измѣняются, если вмѣсто мостика мы представимъ себѣ нервъ, расположенный точно такимъ же образомъ. Но такъ какъ нервъ представляетъ огромное сопротивление 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 сопротивление остальныхъ проводниковъ. Fleischl воспользовался послѣднимъ условіемъ, замѣнивъ металлическій кругъ жолобомъ (Kreislippe), 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 нарастаніе (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 нарастанія тока, прямая линія нѣсколько уклоняется отъ своего направленія и дѣлаетъ небольшое колѣно; послѣднее обстоятельство

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 Даниэля, проведены электроды къ Ortho-rheonom'у и въ опредѣленныхъ точкахъ (А и В — фиг. 3) прижимались винтами. Электроды же, идущіе отъ мостика къ нерву, были неполяризующіе съ кисточками (Pinselektrodenpaare), на которыя накладывался нервъ отъ свѣжаго нервно-мышечнаго 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-

новкѣ же мостика на нѣкоторый небольшой уголъ отъ первоначальнаго положенія, уже появлялись сокращенія мускула на замыканіе и размыканіе тока. При вращеніи же мостика съ небольшой 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.

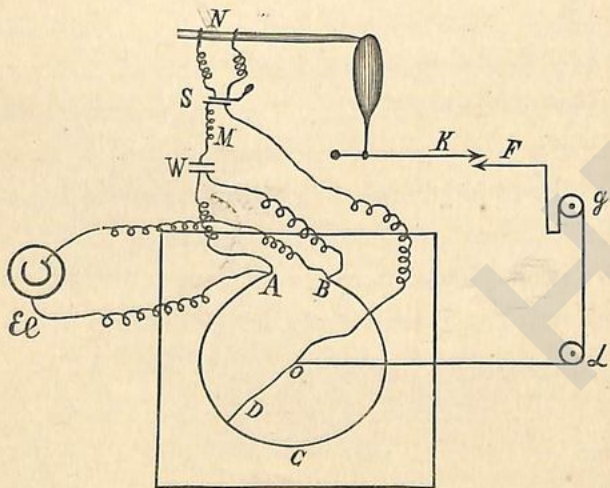
Особенное значеніе при раздраженіи нерва Fleischl приписываетъ крутизнѣ нарастанія (resp. ослабленія) тока; именно, онъ показалъ, что нервъ обнаруживаетъ необыкновенную чувствительность къ небольшому даже измѣненію крутизны колебанія тока, достигаемому небольшимъ измѣненіемъ скорости вращенія мостика, 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 переменныя 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).

при сравнительномъ изученіи ихъ съ результатами нашими и—  
другихъ авторовъ.

6. Вопросъ о физиологическихъ свойствахъ колебаній гальваническаго тока получилъ дальнѣйшее развитіе благодаря изслѣдованіямъ Fuhr'a<sup>1)</sup>. Онъ устроилъ свой аппаратъ, применивъ принципъ Schwankungs-rheochord'a Du Bois Reymond'a для получения одиночныхъ колебаній силы гальваническаго тока. Какъ и Fleischl, онъ получалъ „lineare Schwankung“, т. е. такое измѣненіе силы тока, которое, при равномерномъ вращеніи аппарата, протекаетъ пропорціонально времени.

Его Rheonomъ состоитъ изъ круговаго жолоба *ABC* (см. фиг. 5) наполненнаго воднымъ концентрированнымъ растворомъ сѣрно-кислаго цинка. Въ этотъ жолобъ погружается конецъ радіуса *D*, свободно вращающагося вокругъ центра *O*. Жолобъ представляетъ



Фиг. 5-я.

не замкнутый кругъ;  $\frac{1}{12}$  часть его окружности—*AB* состоитъ изъ не-проводника. Въ точкахъ *A* и *B* погружаются въ жолобъ про-

<sup>1)</sup> A. Fuhr. Einmalige lineare Stromschwankung als Nervenreiz. Pflüger's Arch. 1884 г. Bd. 34, стр. 510—524.

водники, идущіе отъ батареи *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 запирающими; самъ же маховикъ, оставивъ радіусъ, продолжаетъ вѣртыся 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 бытъ, 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 Schwankungs-rheochord'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-

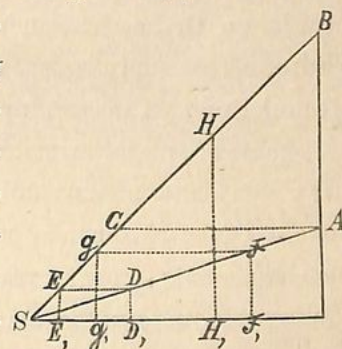
резь нервъ по другому проводнику въ подвижной радіусъ, откуда по всей длинѣ жолоба возвратится къ другому полюсу батареи *B*. При движеніи же подвижнаго радіуса отъ *A* къ *B*, путь, проходимый токомъ по жолобу (а слѣдовательно и сопротивление его), будетъ уменьшаться, стало быть, токъ въ нервѣ—усиливаться („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 нашель, что при меньшей крутизнѣ (усиленія тока) раздраженіе всегда появлялось позже, чѣмъ при болѣе 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

радіуса), т. е. сокращеніе мускула соотвѣтствовало нѣсколько болѣе силѣ тока, чѣмъ при простомъ замыканіи.

Fuhrg даетъ графическое изображеніе этихъ отношеній. Линіи *SA* и *SB* (фиг. 6-я)—двѣ кривыхъ нарастанія тока разной крутизны; въ точкахъ (=моментахъ) *A* и *C* силы тока одинаковы; моментъ сокращенія при простомъ замыканіи тока рукою лежитъ для *SA* въ точкѣ *D*, стало быть, для *SB*—въ точкѣ *E* (ординаты  $EE_1 = DD_1$ ). Эти ординаты представляютъ minimum силы тока для замыкательнаго раздраженія.

Въ опытѣ съ крутизною *SA*, раздраженіе происходитъ въ моментъ *F*, на разстояніи (по времени)  $D_1F_1$  отъ того пункта, гдѣ сила тока уже дѣйствительна для Schliessungsreiz. Для опыта съ *SB* можно было бы ожидать, что раздраженіе произойдетъ въ моментъ *H* (если  $E_1H_1 = D_1F_1$ ), предполагая условія раздраженія при той и другой крутизнѣ одинаковыми. На самомъ же дѣлѣ, однако, раздраженіе, гесп. сокращеніе соотвѣтствуетъ моменту *g*, т. е. тому пункту, сила тока котораго приблизительно равняется силѣ тока въ *F'* ( $gg_1 = FF_1$ ).



Фиг. 6-я.

Отсюда Fuhrg выводитъ два заключенія: 1) быстрѣе нарастающій токъ раздражаетъ при меньшей абсолютной силѣ тока (вмѣсто  $HH_1$  при  $gg_1$ ), чѣмъ медленно нарастающій; а слѣдовательно, раздраженіе въ первомъ случаѣ наступаетъ раньше, чѣмъ—во второмъ. 2) Такъ какъ при различныхъ крутизнахъ, раздраженіе наступаетъ приблизительно при одинаковой абсолютной силѣ тока ( $gg' = FF_1$ ), то нельзя не признать вліянія послѣдней на моментъ образованія раздраженія. Второе заключеніе находится въ противорѣчій съ выводами Fleischl'я, который считаетъ раздра-

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

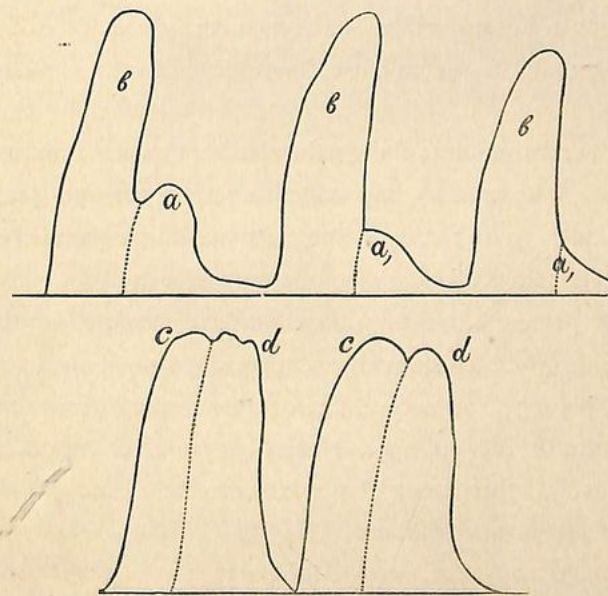
Изучая раздражающее дѣйствіе на нервъ „отрицательнаго колебанія“ тока, Fuhr пришелъ къ выводамъ, совершенно противорѣчающимъ выводамъ Fleischl'я. По Fuhr'у, „отрицательное колебаніе“ тоже даетъ сокращеніе даже при малой крутизнѣ; но эффекты этихъ сокращеній весьма неправильны, неравнобѣрны; ему не удалось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

Далѣе, въ другомъ сообщеніи<sup>1)</sup> 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 соответствуетъ каждой фазѣ колебанія тока. Нѣкоторыя изъ этихъ сокращеній — максимальныя, которыя онъ называетъ „главными“ сокращеніями (Hauptzuckung); другія — меньшія, „вторичныя“ сокращенія. „Главные“ сокращенія, какъ утверждаетъ Fuhr, чаще соответствуютъ періоду „отрицательнаго колебанія“; но иногда — соответствуютъ и „положительной фазѣ“ колебанія. Впрочемъ всѣ эти кривыя сокращеній сложны и запутаны въ силу того, что главные 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

<sup>1)</sup> Fuhr. Versuchsresultate mit Fleischl's Rheonom. Pflüger's Arch. 1886 г. Bd. 38, стр. 313—320.

случаѣ ихъ присутствіе ясно видно то въ формѣ рѣзкаго поднятія 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 вызываються „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 сокращение падает на верхушку главного сокращения, которая в этих случаях или представляет явное вторичное приподняtie с углублением в средине ее или же только плоскую неровную поверхность (*cd cd* фиг. 7-я *B*).

Сокращения сами по себе иногда очень длительны и продолжают все время вращения Rheonom'a; иногда же настолько кратковременны, что производят впечатлительные сокращений, полученных от индукционных ударов.

Многое осталось непонятно и Fuhr'у, напр. он говорит: „es ist durchaus räthselhaft, warum in einem Fall der zunehmende, im andern der abnehmende Strom als Hauptreiz wirkt“<sup>1)</sup>; далее, почему сокращения один раз длительны, другой раз — кратковременны. Детальное рассмотрение результатов Fuhr'a, как и Fleischl'я, мы отлагаем до следующих глав (4. 5. 6.), где будут помещены и наши исследования по вышеприведенным вопросам.

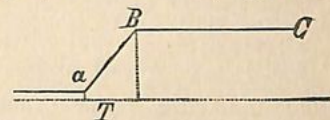
7. Для точного понимания физиологических процессов, происходящих в нервно-мышечном препарате при раздражении его волнотоком, необходимо предварительно изучить его действие в простейших формах раздражения, а именно, при одиночном раздражении (одним колебанием тока); но так как одно колебание тока состоит из двух фаз — „положительной“ и „отрицательной“, то, во избежание взаимного влияния эффектов раздражения той и другой фазы друг на друга (явления послѣдствия, *Nachwirkung*), необходимо эти две фазы раздражения анализировать отдельно.

Мы уже видели выше, что Fuhr задался этим вопросом: подвергнуть строгому анализу процессы раздражения при одиночном колебании тока; но там же было говорено, что ему все-таки не удалось установить закона отношений между раздражением

<sup>1)</sup> Fuhr. I. с. 320 стр.

и эффектом, потому что он не мог получить числовых выражений величины раздражения. В этом отношении исследования Kries'a являются первыми, которые дают точные количественные определения закона Du Bois Reymond'a.

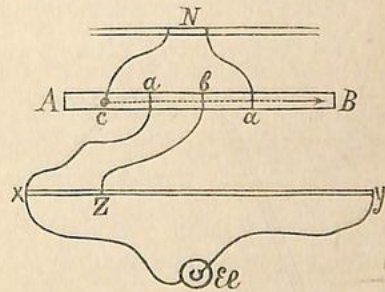
Для последней цели, Kries устроил свой аппарат, названный им *Feder-rheonom*'ом; при устройстве его, он имел в виду следующие условия: 1) чтобы нарастание тока представляло прямую линию (*aB* — фиг. 8-я); 2) чтобы ток, достигши известного *maximum*'а, оставался бы на этой высоте все время, пока он замкнут (*BC* — фиг. 8-я) и наконец, 3) чтобы продолжительность нарастания тока — *T* была мала (в пределах от  $\frac{1}{100}$  до  $\frac{1}{5}$  секунды).



Фиг. 8-я.

Принцип его аппарата заключается в следующем: *AB* представляет жолоб с проводящей ток жидкостью (фиг. 9-я).

Часть жолоба *ab* отведена в цепь батареи *El*. От нерва *N* идут два проводника *cN* и *aN*, погруженные оба свободными концами в жолоб. Один электрод *aN* неподвижный, другой — *cN* может передвигаться вдоль всего жолоба. Пространства *Aa* и *Bb* представляют „*totte Strecke*“, т. е. во всех точках между *A* и *a* (resp. *B* и *b*) потенциалы одинаковы; поэтому, при передвижении *c* от *A* к *a*, сила тока в нерве не изменится, она остается максимальной; по мере передвижения *c* от *a* к *b*, ток, проходящий через нерв, будет ослабляться, потому что сопротивление будет увеличиваться; далее, прошедши *b* вправо *c* движется по участку *bB*, где сила тока уже не меняется ( $= 0$ ).



Фиг. 9-я.



При обратномъ движеніи точки  $c$ , токъ въ нервѣ будетъ нарастать по тѣмъ же причинамъ, какъ раньше было говорено. Такъ какъ сопротивление 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 сѣрнокислаго цинка (какъ у Fleischl'я); подвижной электродъ  $c$  представляетъ собою подвижной радіусъ этого круга (какъ въ аппаратѣ Fuhr'a), приводимый во вращательное движеніе посредствомъ пружины. Сила батарейнаго тока, пропускаемаго черезъ аппаратъ, градуировалась по принципу Rheochord'a посредствомъ проволоки  $xy$  (фиг. 9-я) и подвижной точки  $Z$ . Такъ какъ сопротивление  $xy$  (2S.E.) ничтожно сравнительно съ сопротивленіемъ  $ab$  (600 S.E.) и съ сопротивленіемъ  $N$  (до 20.000 S.E.), то сила батарейнаго 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  $\vartheta$ , 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 соответственнымъ Momentanreiz'омъ  $I_m$  путемъ подбора. Въ этомъ

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

Это отношеніе  $\frac{I_s}{I_m} = n$ , онъ называетъ „Reizungsdivisor'омъ“ для данной величины  $\vartheta$ . 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  $\vartheta$  будетъ увеличиваться при постоянной величинѣ  $I_s$ , то эффектъ раздраженія будетъ соответственно 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  $\vartheta$ , силу тока  $I_s$  также необходимо соответственно уменьшить, чтобы получить первоначальный эффектъ раздраженія; слѣдовательно, divisor  $n$  уменьшится. Такимъ образомъ, Kries констатировалъ строгую зависимость между измѣненіемъ величины  $\vartheta$  и соответствующимъ измѣненіемъ divisor'a  $n$ . Величины  $\vartheta$ ,  $I_s$  и  $I_m$  опредѣляются путемъ опыта, такъ что для каждой величины  $\vartheta$  можно получить соответствующее числовое выраженіе divisor'a  $n$ . Для примѣра этой зависимости между  $\vartheta$  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.

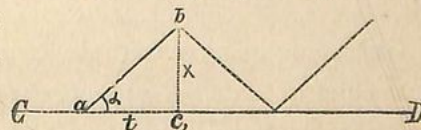
то есть, чѣмъ дольше длится нарастаніе тока  $I_s$ , тѣмъ слабѣе эффектъ раздраженія, иначе говоря, тѣмъ больше нужно увели-

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

Далѣе, Kries нашель, 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 волнотокъ. Теперь необходимо нѣсколько подробнѣе остановиться на этомъ и установить болѣе точно взаимное отношеніе постоянного тока и волнотокъ, а также различныя формы послѣдняго. Подъ волнотоккомъ, какъ было сказано выше, слѣдуетъ понимать рядъ колебаній тока, протекающихъ съ періодическою послѣдовательностью другъ за другомъ въ равныя промежутки времени и на одинаковомъ разстояніи отъ абсциссы ( $= 0$  силы тока). Каждое такое колебаніе тока, взятое въ отдѣльности, состоитъ изъ двухъ частей — нарастанія 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 опредѣляться двумя величинами —  $t$ , въ теченіе котораго совершается колебаніе тока ( $t = ac$ ) и maximum'омъ силы тока или высотой ординаты  $x$ .



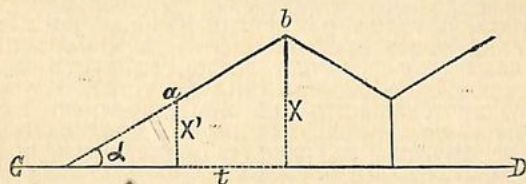
Фиг. 10-я.

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  $\alpha$ .

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  $\alpha$ , гесп. 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  $\alpha$ , образуемый продолженіемъ линіи  $ab$  до пересѣченія съ абсциссой  $CD$ , находится въ тѣхъ же отношеніяхъ къ величинамъ  $x - x_1$  и  $t$ , какъ и въ предъидущей 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 постоянного или индукціоннаго токовъ. Въ этомъ изслѣдованіи насъ интересуетъ только первая форма измѣненія силы постоянного 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 равные 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.).

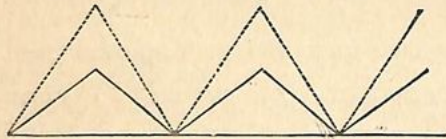
Затѣмъ, колебанія тока могутъ быть или одиночными, или же однообразно повторяющимися въ строго ритмическомъ порядкѣ. Последнюю форму колебанія мы называемъ волнотокомъ.

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

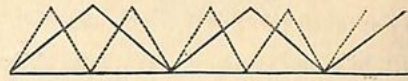
Волнотокъ характеризуется слѣдующими четырьмя факторами:

- 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, соответственно увеличивается крутизна колебаній (фиг. 12-я); послѣдняя также увеличивается съ уменьшеніемъ интервала колебаній при прочихъ равныхъ условіяхъ (фиг. 13-я).

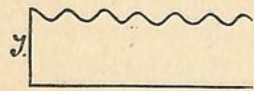


Фиг. 12-я.

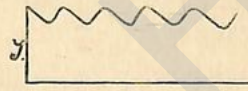


Фиг. 13-я.

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 каждаго колебанія пересѣкаетъ абсциссу  $AB$ , т. е. доходитъ до нуля (Fleischl). Волнотокъ съ постояннымъ направленіемъ, въ свою очередь, можетъ протекать на различной высотѣ отъ абсциссы (= 0 силы тока); среднюю высоту ординатъ, возстановленныхъ отъ абсциссы къ точкамъ кривой волнотока, мы будемъ считать мѣриломъ абсолютной силы пропускаемаго волнотока.



Фиг. 16-я.

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:

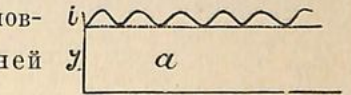
1) когда къ основному току  $J$ , прибавляется часть силы тока  $i$ , какъ излишекъ. Въ этомъ случаѣ, основной постоянный токъ служитъ нижней границей волнотока (фиг. 17-а).

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

Въ этомъ случаѣ, колебанія тока происходятъ по обѣ стороны основнаго тока, который служитъ средней высотой волнотока (фиг. 17-в).

Въ этомъ случаѣ, колебанія тока происходятъ по обѣ стороны основнаго тока, который служитъ средней высотой волнотока (фиг. 17-в).

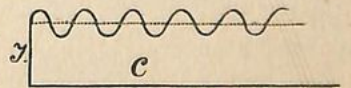
9. Изъ всего только что сказаннаго, легко видѣть, что понятіе о волнотокѣ чрезвычайно широкое: говоря о волнотокѣ вооб-



Фиг. 17-я-а.



Фиг. 17-я-б.



Фиг. 17-я-в.

ще, мы наталкиваемся на бесконечное разнообразіе его формъ, амплитуды, частоты и т. д. Слѣдовательно, передъ изученіемъ фізіологическаго дѣйствія волнотока, необходимо заранѣе оговорить, что именно мы желаемъ въ немъ изучить: вліяніе ли формы, амплитуды или частоты и пр. Ясно, что изученіе волнотока 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 волнотока, 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,

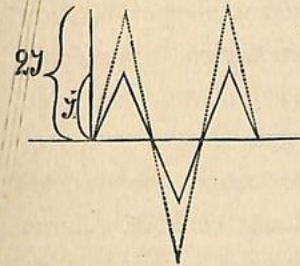
4) изученіе его при различной частотѣ колебаній въ единицу времени, измѣняемой въ возможно широкихъ предѣлахъ.

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).

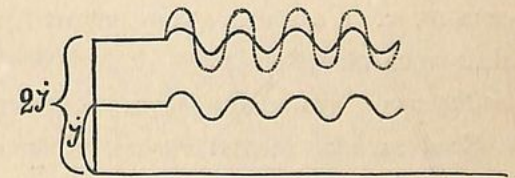
Изъ существующихъ аппаратовъ, предназначенныхъ для превращенія гальваническаго тока въ волнотокъ, одинъ только Ortho-rheonom Fleischl'я даетъ рядъ колебаній или волнотокъ; всѣ же прочіе аппараты (Du Bois Reymond'a, Fuhr'a, Kries'a) приспособлены для полученія только одиночныхъ колебаній.

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 полученія большой частоты колебаній тока<sup>1)</sup>

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—б).



Фиг. 18-я—а.



Фиг. 18-я—б.

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

<sup>1)</sup> Наибольшая частота, достигаемая Ortho-rheonom'омъ, равняется приблизительно шести полнымъ оборотамъ мостика въ 1 сек., что соотвѣтствуетъ 12 волнообразнымъ колебаніямъ тока. При болѣе высокой 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  $\bar{W}$  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  $w_1$  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 устроенаго 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  $g$  (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<sup>1)</sup>) неподвижно укрѣпленъ металлическій массивный кругъ  $bc$ , по діаметру

<sup>1)</sup> 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 проходит 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 цилиндрикъ  $h$ , который имѣетъ въ серединѣ отверстіе съ соотвѣтствующей винтовой нарѣзкой. Для того, чтобы цилиндрикъ, 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 перекладной  $kl$  винтами  $m$ ; 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.<sup>1)</sup>

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<sup>2)</sup>.

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  $mlm$ . Трубка наполнена растворомъ цинковаго купороса въ глицеринѣ, о чемъ подробно будетъ говориться ниже. Два стержня  $c_1$  и  $l$  (таб. II. черт. 5-й) — подвижной и неподвижный, сдѣланы изъ кованаго цинка; плоскіе концы ихъ, обращенные другъ къ другу, тщательно амальгамированы; боковыя же поверхности покрыты изолирующимъ слоемъ лака; поперечникъ стержней равняется 2-мъ  $mlm$ .

<sup>1)</sup> Безъ этого уравнивающего груза, движеніе подвижнаго стержня вверхъ и внизъ происходитъ крайне неправильно, неравномерно: 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 неравномерномъ распределеніи грузовъ относительно оси  $a$ .

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

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

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

Реостатъ вводится въ цѣпь батареиннаго 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 отмѣтки или счетчики.

Одинъ счетчикъ считаетъ число колебаній, протекающихъ съ очень большою частотой и отмѣчаетъ каждая 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-

леса часоваго механизма, принадлежитъ къ типу самыхъ обыкновенныхъ то я его здѣсь описывать не буду.

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

Наконецъ, третій отмѣтчикъ, также электрической, служитъ для регистраванія 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  $mn$ , 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. Въмѣсто 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 часоваяго механизма; кромѣ того, для той же цѣли, на ось безконечнаго винта часоваго 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 соответственнымъ 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. Соответственно 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 волнотока 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 постояннаго 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 вводимого 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  $1/2$  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 гальванической токъ служить верхней, средней или нижней границей волнотока. Если замкнуть батарейный 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 <sup>1)</sup>. 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 обуславливаетъ быстрое опусканіе верхняго электрода, соответствующее  $\frac{1}{4}$  оборота круга  $bc$  (таб. I) и медленное поднятіе въ продолженіе  $\frac{3}{4}$  оборота того же круга. Форму колебанія верхняго электрода, гесп. волнотокa, въ этомъ случаѣ, можно себѣ представить такою, какъ это схематически изображено на фиг. 15-й <sup>2)</sup>.

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, обуславливалъ замѣтное измѣненіе силы тока  $J$  при небольшомъ уже измѣненіи вы-

<sup>1)</sup> Это простое отношеніе формы волнотокa къ формѣ колебанія верхняго электрода имѣетъ мѣсто въ томъ только случаѣ, если сила тока измѣняется пропорціонально измѣненію сопротивленія  $w_1$ ; въ противномъ случаѣ, это отношеніе является болѣе сложнымъ.

<sup>2)</sup> Конечно, физиологическое значеніе той или другой формы волнотокa можетъ быть доказано только опытнымъ путемъ; но а priori можно предположить, что измѣненіе формы волнотокa не будетъ безразлично по отношенію къ эффектамъ раздраженія нерва. Помимо этого, есть еще одна сторона дѣла, заслуживающая вниманія: въ Orthopom's Fleischl's измѣненіе крутизны колебанія тока, при неизмѣнной силѣ батарейнаго тока, достигается только соответствующимъ измѣненіемъ частоты колебаній въ единицу времени. Стало быть, 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 волнотокa, 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 обуславливается только соответствующимъ 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 условіи, если искомый жидкій 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 сѣрнокислаго 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 приспособлением подобных реостатов, вводимых в общую цепь: экскурсия подвижного электрода в несколько десятков сантиметров потребовали бы устройства крайне громоздкого аппарата<sup>1)</sup>. Понятно, насколько было важно отыскать другую жидкую среду, которая бы представляла прохождению электрического тока значительное абсолютное сопротивление сравнительно с сопротивлением куска нерва.

Таковою искоюмою жидкостью оказался глицерин<sup>2)</sup>.

Сколько нам известно, это вещество еще не было точно исследовано по отношению к его электропроводности<sup>2)</sup>. Поэтому, нам пришлось изучить его свойства (в разных концентрациях и смесях) по отношению к его электрической проводимости и поляризации.

Химически чистый глицерин (фабрики Зарга) есть не-проводник электричества — его гальваническое сопротивление бесконечно велико. В цепь, заключавшую 8 элементов Leclanché (последовательно соединенных) и чувствительный мультипликатор Du Bois Reymond'a (с 20,000 оборотов) был введен между платиновыми электродами столб глицерина от  $\frac{1}{2}$  до 1 mm. Магнитная стрелка мультипликатора осталась в покое. Ряд подобных наблюдений дал тот же результат. Если же взять глицерин с примесью небольшого количества

<sup>1)</sup> Конечно, абсолютное сопротивление столба водного раствора цинкового купороса было бы совершенно достаточно при введении его в цепь (с нервом) в качестве побочного замыкания. Такой способ мы видели при описании Ortho-rheonom'a Fleischl'a. Но наша задача — ввести реостат в общую цепь с нервом — имела своим основанием практическую цель электротерапии. В самом деле, если включить тело человека в цепь Ortho-rheonom'a, то, при вращении последнего, получится волноток, проходящий через тело человека; но абсолютная сила проходящего волнотока будет тем меньше, чем сопротивление Ortho-rheonom'a будет меньше сопротивления тела человека. Так как отношение этих сопротивлений очень велико, то ясно, что для получения волнотока такой абсолютной силы, которая была бы достаточна для электротерапевтических целей (= 10, 15 или 20 элементам), необходима такая сила тока, которая получалась бы от громадного числа элементов.

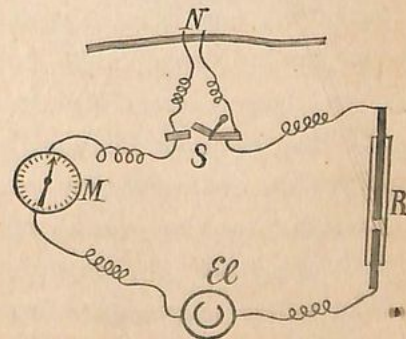
<sup>2)</sup> Было только замечено, что он почти не проводит тока.

не-перегретой воды, то замечается отклонение магнитной стрелки на несколько градусов, что, во всяком случае, указывает на крайне незначительную силу тока (на том же мультипликаторе покойный нервный ток сфаличного нерва лягушки вызывал среднее отклонение стрелки на 15—25°). При постепенном разведении глицерина водою происходит быстрое нарастание его электропроводности. То же самое произойдет, если вместо воды растворить в глицерине химически чистый сфаличный цинк. В этом случае, глицериновый раствор может служить проводником электричества, при чем, по мере усиления концентрации раствора, проводимость его растет до известного предела.

Ближайшая задача заключалась в определении предела концентрации смеси глицерина с цинковым купоросом для того, чтобы, при возможно малых экскурсиях верхнего электрода Кимореонома, величина переменного сопротивления  $W_x$  (см. форм. Ома, стр. 49) была бы достаточно велика сравнительно с сопротивлением нерва  $W_n$ . Для этих определений мною был применен метод субституции.

Сущность этого метода состоит в том, что получается одно и то же отклонение стрелки мультипликатора, один раз, при прохождении тока через определенный участок нерва; другой же раз — через столб глицеринового раствора определенной концентрации. Схема опыта представлена на фигуре 19-й.

Цепь состояла из одного элемента Leclanché  $El$ , чувствительного мультипликатора Du Bois Reymond'a  $M$ , куска сфаличного нерва лягушки в 1 см. длины, вырезанного из нижней трети бедра и положенного 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, сопротивление 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  $mm.$ ) представлялъ приблизительно то же сопротивление, какъ и нервъ въ 1  $cm.$  длины.

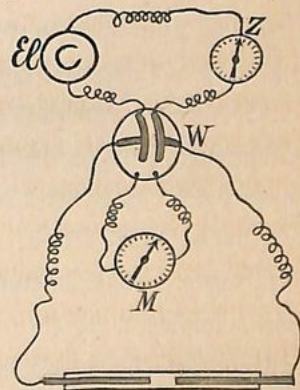
Ясно, что при включеніи въ цѣпь (и выключеніи) столба глицериноваго раствора въ 5—40  $mm.$ , переменное сопротивление  $W_x$  уже представляетъ огромную величину.

12. Что касается до явленій поляризаціи, развивающихся въ реостатѣ съ глицериновымъ растворомъ цинковаго купороса, то а priori ихъ можно считать крайне ничтожными, если проходящій батарейный 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 сочтаніи цинковыхъ электродовъ съ глицериновымъ растворомъ цин-

коваго купороса? Опыты дали отрицательный результатъ. 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 буссоль  $Z$  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), поляризаціонный 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, гср. вращеніе магнитной стрѣлки даже въ томъ случаѣ, если столбъ глицериновой жидкости былъ больше 100 mlm. Отсюда ясно, что сила поляризаціоннаго 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<sup>1)</sup>. 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 поляризаціонный 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, поляризаціонный 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-

<sup>1)</sup> 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 батарейнаго тока; именно, въ силу перемѣщенія іоновъ, черезъ нѣкоторое время растворъ окажется неравнобѣрной 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 (*c'*—таб. 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: исчезаютъ ли благодаря этому приспособленію—введенію движущагося столба жидкости—всѣ условія для того, чтобы поляризаціонный токъ вполне 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 mm. 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 mm.) 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, обуславливаетъ, 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 mm., 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-

муль, 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

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

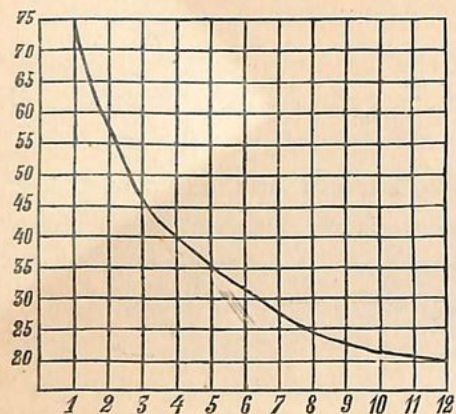
Зная величины  $W$  и  $J$ , легко опредѣлить величину измѣненія силы тока  $i$  при постепенномъ измѣненіи опредѣленнаго сопротивленія  $w_1$  (на каждый миллиметръ).

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

Цѣпь состояла изъ реостата съ глицериновымъ растворомъ, содержащимъ  $1/10$  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 силою 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, гесп.



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 гальванической токъ, всего правильнѣе было бы назвать его Кимореономомъ (*κῆμος*—волна, *ρεος*—токъ, теченіе)<sup>1)</sup>.

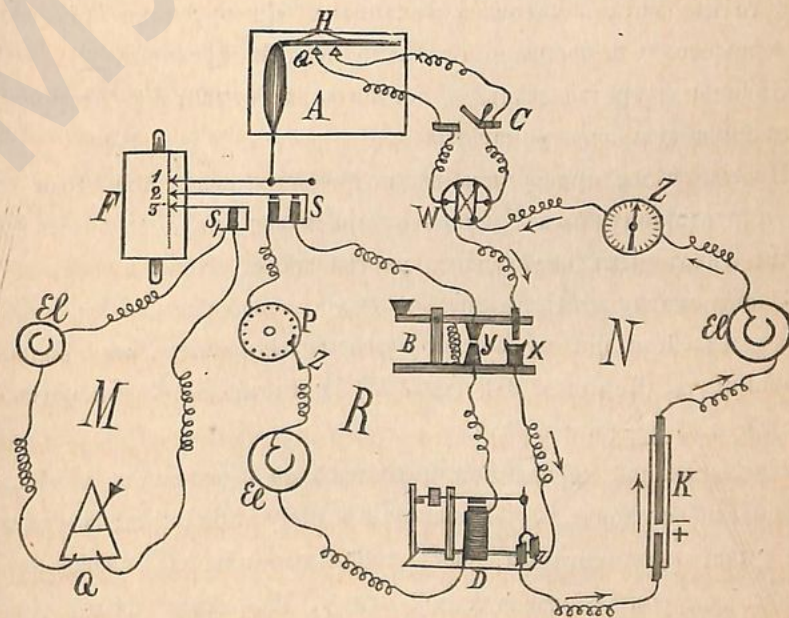
14. Закончивъ описаніе Кимореонома, мы теперь перейдемъ къ подробному изученію постановки опытовъ, предназначенныхъ для изслѣдованія физиологическаго дѣйствія волнотокъ. Главная задача при постановкѣ этихъ опытовъ заключалась въ томъ, чтобы возможно было каждый разъ опредѣлять:

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

<sup>1)</sup> Въ предварительномъ сообщеніи, этотъ аппаратъ былъ названъ „Киморестатомъ“, но по аналогіи съ *Ortho-rheonom*’омъ, *Feder-rheonom*’омъ и другими реономами, правильнѣе назвать его „Кимореономомъ“.

- 4) моментъ исчезанія волнотокъ въ нервѣ,
- 5) частоту раздраженія,
- 6) амплитуду колебанія тока и
- 7) силу проходящаго батарейнаго 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 волнотокъ въ нервъ и числа колебаній тока; наконецъ, третья цѣпь *M* предназначена для отмѣтки секундъ.

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

Цѣпь  $N$  составлена изъ слѣдующихъ частей: батаррей  $El$ , 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  $B$ , батаррей  $El$ , 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 батаррей  $El$ , 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 вилообразно на два конца, которые, при опусканіи соответствующаго 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, подъ 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 подъ 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 вѣдренія 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 амальгмированными проволочками, которыя опускаются въ соответствующіе 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 амальгмированный 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 соответствующаго 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 часоваго механизма Кимореонома. На плоской сторонѣ его (колеса  $p$ ) насажены штифты на равномъ разстояніи другъ отъ друга, при томъ такимъ образомъ, что разстояніе между двумя

сосѣдними штифтами равняется четыремъ оборотамъ оси, на которой укрѣпленъ кругъ  $bc$  (см. таб. I., черт. 1-й), т. е. четыремъ „полнымъ“<sup>1)</sup> 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 соответвуетъ размыканію цѣпи  $R$ , когда контактъ между штифтомъ и пружинкой разобщился. Такимъ образомъ, разстояніе между двумя отмѣтками электромагнита  $S$ , соответствующими 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-

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

лено, приступаютъ къ производству самаго опыта, предварительно пустивъ въ ходъ вращающійся барабанъ *F*.

Быстро опускаютъ ключъ *B* и устанавливаютъ контактъ въ точкахъ *x* и *y*. Тотчасъ, токъ цѣпи *R* замыкается, перо электромагнита *S*, дѣлаетъ отмѣтку на барабанѣ; въ это же мгновеніе электромагнитъ замыкателя *D* притянетъ желѣзную пластинку, установитъ контактъ между концомъ вилки и ртутью и токъ цѣпи *N* также замыкается; черезъ нервъ пройдетъ раздраженіе и мускуль даетъ замыкательное сокращеніе (*Schliessungszuckung*). Спустя нѣсколько секундъ, приводится въ движеніе Кимореономъ; въ это время штифтъ колеса *P* отходитъ отъ пружинки *Z* и токъ цѣпи *R* размыкается.

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 движеніе Кимореономъ.

Выжидаютъ нѣсколько секундъ, пока движеніе Кимореонома достигнетъ равномерной скорости; тогда въ любой моментъ опускаютъ 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 разомкнутыми; 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 ввѣдренія волнотока въ нервъ отмѣтится на барабанѣ *F* первой 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, состоящей 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.

Боковыя вѣтви *n. 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 (*Rana 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 *gms.* 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 неполяризую-

щіе электроды. Во время хода опыта, нервъ отъ времени до времени осторожно смачивался 0.6% 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 мускулъ. 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 заранѣ установленныя пера писали параллельныя линіи (абсциссы). Самый же опытъ начинался не ранѣ, 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 поляризаціи 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 каждаго опыта опредѣлялась сила проходящаго черезъ нервъ батарейнаго тока. Въ этомъ отношеніи, мы руководствовались реакціей мускула на замыканіе и размыканіе батарейнаго 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 волноточка. Обыкновенно, эти опредѣленія производились уже въ концѣ каждаго опыта.

Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ амплитуда колебанія волноточка 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 батарейнаго тока находится въ зависимости отъ взаимнаго отношенія волноточка къ первоначальному батарей-

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

### ГЛАВА III.

16. Общій характеръ фізіологическаго дѣйствія волнотока, какъ раздражителя, въ существенныхъ чертахъ совершенно сходенъ съ таковымъ же дѣйствіемъ другихъ электрическихъ раздражителей. Въ томъ и другомъ случаѣ, эффектъ раздраженія двигательнаго нерва выражается въ сокращеніяхъ мускула, которыя, въ зависимости отъ условій раздраженія, протекаютъ или въ формѣ отдѣльныхъ сокращеній, изолированныхъ другъ отъ друга, или же въ формѣ слившихся суммированныхъ сокращеній.

Причина сходства въ общемъ характерѣ сокращеній кроется, по всей вѣроятности, въ нѣкоторомъ сходствѣ общихъ физическихъ свойствъ самыхъ раздражителей; въ самомъ дѣлѣ, съ нѣкоторой приближенностью, волнотокъ можно разсматривать какъ бы состоящимъ изъ цѣлаго ряда простыхъ замыканій и размыканій гальваническаго тока, или же, что вѣрнѣе, изъ постоянного тока определенной силы, съ которымъ черезъ равные интервалы алгебраически суммируется опредѣленная часть тока.

Если разсматривать волнотокъ состоящимъ изъ ряда замыканій и размыканій постоянного тока, какъ въ первомъ случаѣ, то „положительное колебаніе“ тока будетъ соответствовать замыканію гальваническаго тока, а „отрицательное колебаніе“ — размыканію его.

Этой характеристикой, опредѣляющей въ общихъ чертахъ положеніе волнотока въ ряду другихъ электрическихъ раздражите-

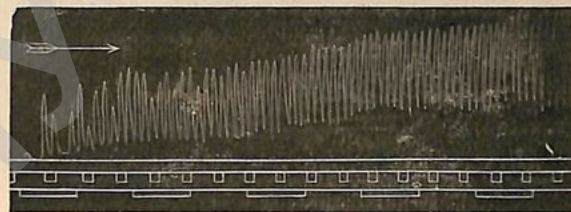
лей, исчерпываются тѣ основныя черты волнотока, которыя такъ или иначе присущи и другимъ электрическимъ раздражителямъ. Далѣе уже, волнотокъ представляетъ цѣлый рядъ своеобразныхъ особенностей, которыя отличаютъ его отъ другихъ электрическихъ раздражителей.

Въ предисловіи уже было замѣчено, что волнотокъ представляетъ очень сложныя условія для раздраженія. Сложность эта обуславливается суммарнымъ дѣйствіемъ нѣсколькихъ основныхъ факторовъ, входящихъ въ составъ волнотока, какъ-то: силы тока, формы, амплитуды и частоты колебаній его. Понятно, что съ измѣненіемъ величины какого-либо вышеуказаннаго фактора будетъ соответственно измѣняться и самый эффектъ раздраженія. Въ этомъ случаѣ, послѣдній можно разсматривать какъ функцію отъ всѣхъ вышеупомянутыхъ факторовъ.

Для изученія физиологическаго дѣйствія каждаго изъ упомянутыхъ факторовъ въ отдѣльности, необходимо ставить опыты въ такія условія, когда остальные факторы остаются неизмѣнными во все время хода опыта. Такъ какъ каждый факторъ представляетъ независимую переменную величину, то, при условіяхъ только что упомянутыхъ, мы вправѣ ожидать, что измѣненія въ эффектахъ раздраженія будутъ находиться въ зависимости только отъ измѣненія изучаемаго фактора. Выводъ этотъ былъ бы вполне правиленъ, если бы всѣ прочія условія опыта оставались неизмѣнными; но на самомъ дѣлѣ, въ нашихъ опытахъ этого не наблюдается.

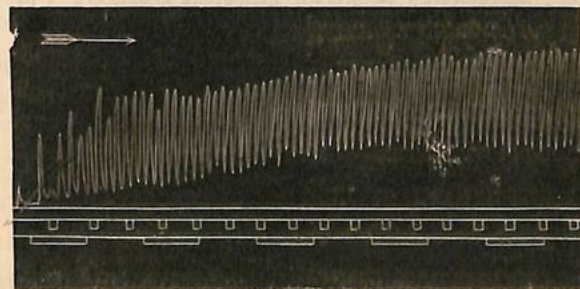
Мы имѣемъ дѣло съ нервно-мускульнымъ препаратомъ, какъ съ такимъ объектомъ, который не представляетъ постоянства въ своихъ свойствахъ во все время хода опыта. Причина этого явленія коренится въ измѣненіяхъ его физиологическихъ свойствъ (утомленіе, пониженіе раздражительности и т. д.), измѣненіяхъ, хотя-бы въ незамѣтной степени сопровождающихъ каждое сокра-

щеніе. Такимъ образомъ, мы имѣемъ дѣло еще съ одной неизвѣстной величиной, которая такъ или иначе вліяетъ на эффектъ раздраженія волнотокомъ. Необходимо было опредѣлить, въ какой формѣ и въ какой мѣрѣ эти измѣненія вліяютъ на эффектъ. Рѣшеніе этого вопроса находится въ непосредственной связи съ вопросомъ о постоянствѣ (законномѣрности) отношеній между эффектомъ и со-



Кр. 1-я.

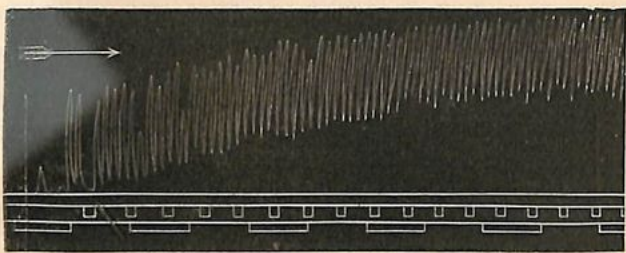
отвѣтствующимъ раздраженіемъ. Если черезъ равныя промежутки времени раздражать двигательный нервъ нервно-мускульнаго препарата волнотокомъ, сохраняющимъ во все время хода опыта одинаковыя физическія свойства, то очевидно, что измѣненія въ эффектахъ раздраженія, буде таковыя окажутся, обуславливаются причинами, кроющимися въ физиологическихъ свойствахъ самого



Кр. 2-я.

препарата. Для рѣшенія этого вопроса былъ произведенъ рядъ контрольных опытовъ, заключающихся въ томъ, что двигательный нервъ лягушечьяго препарата черезъ равныя промежутки времени раздражался волнотокомъ, сохраняющимъ опредѣленные,

постоянные свойства. Для образца нами приведены кривые (1. 2. 3), полученные одна вследъ за другой черезъ равные промежутки времени (въ 5 мин.) отъ одного и того-же лягушечьяго препарата.



Кр. 3-я.

**Опыт 1-й.** Лягушка большая, зимняя; въ цѣнь Кимореонома включены два элемента Бузена; токъ, проходящій черезъ нервъ—„средній“ (по закону сокращеній мускула—Пфлягера); нервъ раздражается въ нижней своей части на разстояннн  $\frac{1}{2}$  стм. отъ мѣста вхожденія его въ мускулъ; длина поляризуемаго участка равняется 1 стм.; токъ, проходящій по нерву,—нисходящій; раздраженію волнотокомъ предшествуетъ прохожденіе постоянного тока въ продолженіе 2 сек.; амплитуда волнотока колеблется въ предѣлахъ отъ  $5^\circ$  до  $8^\circ$  (по Universal Rheometer'у Zenger'a). Волнотокъ проходитъ черезъ нервъ со скоростью 7 колебаній въ 1 сек.

Ниже кривой, которую пишетъ мускулъ, лежитъ абсцисса (соотвѣтствующая покойному положенію мускула); далѣе еще ниже, отмѣтки электромагнитнаго счетчика и наконецъ, линия секундъ, гдѣ каждая секунда равняется 8 мм.

Всѣ три кривыя представляютъ приблизительно тождественную картину не только въ общемъ характерѣ сокращеній, но даже въ деталяхъ. Изъ ряда подобныхъ опытовъ, приведшихъ къ одинаковымъ результатамъ, безъ большой погрѣшности можно вывести то заключеніе, что существуетъ строгая законномѣрность (постоянство) между эффектомъ раздраженія и раздражителемъ. Изъ опытовъ, однако, также выяснилось, что этотъ выводъ имѣетъ значеніе только для тѣхъ изъ нихъ, которые произведены

на свѣжемъ нервно-мускульномъ препаратѣ. При послѣднемъ условіи, измѣненія въ свойствахъ самаго препарата на столько незначительны (при небольшихъ паузахъ между опытами), что они или совершенно не вліяютъ на эффектъ раздраженія, или же, если и вліяютъ, то на столько слабо, что сокращенія вполне сохраняютъ свои характеристическія особенности.

Но если вследъ за первыми кривыми производить дальнѣйшія раздраженія нерва при тѣхъ-же условіяхъ и съ соблюденіемъ тѣхъ-же паузъ между каждыми двумя сосѣдними кривыми, то замѣчаются отклоненія въ постоянствѣ (законномѣрности) эффекта, которыя при послѣдующихъ повторныхъ раздраженіяхъ выступаютъ все рѣзче и рѣзче. Эти отклоненія, въ свою очередь, также носятъ опредѣленный характеръ и выражаются главнымъ образомъ: 1) въ удлиненіи стадіи скрытаго періода раздраженія („Latenzstadium“); 2) въ болѣе раннемъ паденнн кривой къ абсциссѣ; 3) въ постепенномъ уменьшеннн средней высоты кривой мускульнаго сокращенія.

Не смотря однако на эти отклоненія, все же послѣдующія кривыя по своей формѣ вполне приближаются къ первымъ кривымъ, полученнымъ отъ свѣжаго нервно-мускульнаго препарата. Очевидно, что при постоянствѣ условій раздраженія, причина этихъ измѣненій въ эффектахъ раздраженія кроется въ измѣненнн физіологическихъ свойствъ самаго нервно-мускульнаго препарата. Въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ явленіями утомленія его, которыя выступаютъ съ послѣдующими раздраженіями все сильнѣе и сильнѣе.

Изъ всего сказаннаго можно вывести то заключеніе, что только первыя кривыя, полученныя отъ свѣжаго препарата, могутъ служить матеріаломъ для сравнительнаго изученія измѣненій въ эффектахъ раздраженія въ зависимости отъ измѣненій физическихъ свойствъ самаго раздражителя; вліяніе-же утомленія препарата

обнаруживается здѣсь въ такой слабой степени, что мы свободно можемъ имъ пренебречь.

Говоря о способахъ постановки опытовъ (стр. 63), мы тамъ замѣтили, что волнотокъ пропускался черезъ нервъ двоякимъ образомъ: въ однихъ опытахъ предварительно замыкался батарейный токъ, который по прошествіи нѣсколькихъ секундъ превращался въ волнотокъ; въ другихъ-же опытахъ, волнотокъ проходилъ черезъ нервъ безъ предварительнаго замыканія батарейнаго тока, иначе говоря, моменты замыканія батарейнаго тока и ввѣдренія волнотока въ нервъ происходили одновременно. Въ первомъ случаѣ, устранялось вліяніе раздраженія отъ замыканія тока, и волнотокъ самъ выводилъ мускулъ изъ покойнаго состоянія; во второмъ же случаѣ, эту роль выполняло замыканіе тока, какъ сравнительно сильнѣйшій раздражитель, а волнотокъ только удерживалъ мускулъ на опредѣленной высотѣ отъ абсциссы.

17. Вышеприведенные контрольные опыты могутъ служить достаточнымъ основаніемъ для того, чтобы признать существованіе опредѣленнаго соотношенія между раздраженіемъ нерва волнотокъ и соответствующимъ эффектомъ.

Благодаря этому обстоятельству, возможно въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ съ достаточною точностью предсказать соответствующій эффектъ для любой формы волнотока или опредѣленной комбинаціи его факторовъ. Конечно, такое соотношеніе между раздраженіемъ и эффектомъ можетъ быть выведено только на основаніи цѣлаго ряда числовыхъ экспериментальныхъ данныхъ, гдѣ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ изученію подвергается вліяніе одного какого-либо фактора, какъ переменнй величины, при условіи неизмѣняемости прочихъ факторовъ.

Мы ограничили свою задачу болѣе узкими рамками и при возможно простѣйшихъ условіяхъ опыта изучали каждый факторъ въ отдѣльности или въ комбинаціи ихъ между собою. Въ настоя-

щемъ изслѣдованіи изучено было физиологическое дѣйствіе слѣдующихъ факторовъ волнотока: дѣйствіе абсолютной высоты силы волнотока, какъ переменнй величины; далѣе, дѣйствіе интервала раздраженій и наконецъ, дѣйствіе амплитуды колебанія тока. Дѣйствіе перваго фактора—абсолютной высоты силы волнотока, изучалось въ формѣ „слабаго“ и „средняго“ тока, опредѣляемаго по „закону сокращеній мускула“—Пфлюгера (см. стр. 67). Въ этомъ случаѣ, волнотокъ изслѣдуется при болѣе простыхъ условіяхъ и, такимъ образомъ, устраняются тѣ побочныя осложненія, которыя имѣютъ мѣсто при дѣйствіи сильныхъ токовъ. Вліяніе втораго фактора—частоты колебаній тока или интервала его, изучалось при дѣйствіи послѣдняго въ предѣлахъ отъ одного раздраженія въ двѣ секунды до тридцати въ секунду. Наконецъ дѣйствіе третьяго фактора—амплитуды колебаній тока, изучалось при трехъ переменныхъ ея величины, по произволу установленныхъ (при 5, 10, 15 миллиметрахъ колебаній верхняго электрода Кимореонома).

Каждому изучаемому фактору соответствовала серія опытовъ, которая разбивалась на отдѣльныя группы. Во всѣхъ этихъ группахъ изучался одинъ какой-либо факторъ, какъ переменнй величина, въ различныхъ комбинаціяхъ его съ другими факторами, которые въ каждой группѣ оставались неизмѣнными. Группировка опытовъ производилась по слѣдующей схемѣ: если  $J', J'', J'''$  будутъ изображать батарейный токъ различной силы;  $A_5, A_{10}, A_{15}$ —различныя амплитуды колебаній тока и наконецъ— $v', v'', v''' \dots$ —различную частоту колебаній тока въ секунду—тогда каждую серію опытовъ схематически можно представить себѣ состоящею изъ слѣдующихъ группъ:

### Первая серія опытовъ,

гдѣ переменнй величиной является интервалъ раздраженія ( $v', v'', v''' \dots$ )

1-я группа	соответствует	типу	$J' A_5 v', v'', v''' \dots$
2-я	"	"	$J' A_{10} v', v'', v''' \dots$
3-я	"	"	$J' A_{15} v', v'', v''' \dots$
4-я	"	"	$J'' A_5 " " " "$
5-я	"	"	$J'' A_{10} " " " "$
6-я	"	"	$J'' A_{15} " " " "$

Въ этой серіи опытовъ частота колебаній тока, какъ переменная величина, изучается въ одной группѣ при одной амплитудѣ колебаній тока ( $A_5$ ), въ другой группѣ—при другой амплитудѣ ( $A_{10}$ ) и т. д. Точно такъ-же и по отношенію къ силѣ тока: одинъ разъ—при  $J'$ , другой разъ—при  $J''$ .

То же самое можно сказать и относительно второй серіи опытовъ, гдѣ измѣненія искомаго фактора изучаются въ комбинаціяхъ его съ другими факторами. Такъ напр., изслѣдуя физиологическое дѣйствіе амплитуды колебаній тока, какъ переменной величины, мы можемъ соответствующую серію опытовъ разбить на группы по слѣдующей схемѣ:

### Вторая серія опытовъ.

1-я группа	соответствует	типу	$J, v', (A_5, A_{10}, A_{15})$
2-я	"	"	$J, v'', " " "$
3-я	"	"	$J, v''', " " "$
4-я	"	"	$J'', v', " " "$
5-я	"	"	$J'', v'', " " "$
6-я	"	"	$J'', v''', " " "$

и т. д.

Наконецъ, третья серія опытовъ, гдѣ переменной величиной служить сила тока ( $J', J''$ ), можетъ быть разбита на слѣдующія группы:

### Третья серія опытовъ.

1-я группа	соответствует	типу	$A_5 v', (J', J'')$
2-я	"	"	$A_5 v'', " "$
3-я	"	"	$A_5 v''', " "$
4-я	"	"	$A_{10} v', " "$
5-я	"	"	$A_{10} v'', " "$
6-я	"	"	$A_{10} v''', " "$

и т. д.

Каждая группа состоитъ изъ ряда отдѣльныхъ опытовъ, произведенныхъ на различныхъ лягушечьихъ препаратахъ. Каждый же опытъ въ свою очередь состоитъ изъ ряда кривыхъ мускульнаго сокращенія, полученныхъ одна вслѣдъ за другой черезъ равныя промежутки времени отъ одного и того-же нервно-мускульнаго препарата.

Какъ было выше упомянуто, тотъ или другой выводъ дѣлается на основаніи сравненія только первыхъ кривыхъ, полученныхъ отъ одного и того же нервно-мускульнаго препарата. Оно и понятно, такъ какъ такимъ путемъ возможно устранить вліяніе тѣхъ, такъ сказать, „индивидуальныхъ“ особенностей, которыя въ различной степени присущи каждому нервно-мускульному препарату въ отдѣльности (различная длина и толщина мускула, различная степень раздражительности нерва и мускула и т. д.). Выводы, полученные отъ каждаго отдѣльнаго опыта сравниваются между собою и затѣмъ дѣлается общій выводъ для опредѣленной группы опытовъ.

Для характеристики каждой группы опытовъ мы приведемъ только по нѣскольку кривыхъ, въ которыхъ особенно наглядно можно было бы видѣть вліяніе измѣненій того или другаго фактора волнотока. Приведеніе-же протоколовъ всѣхъ опытовъ было бы излишнимъ по своей сложности и однообразію матеріала.

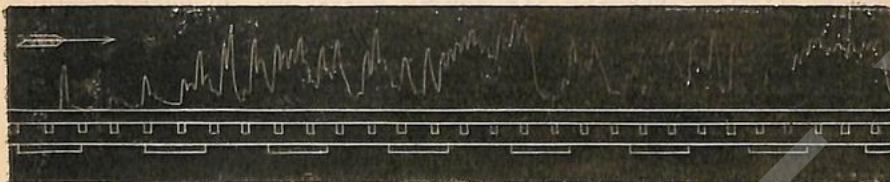


## Первая серия опытов.

1-я группа по типу  $J'$ ,  $A_5$ ,  $v'$ ,  $v''$ ,  $v'''$ .....

18. Къ этой группѣ относятся опыты, предназначенные для изучения физиологическаго дѣйствія интервала раздраженія ( $v'$ ,  $v''$ ,  $v'''$ ....), какъ переменнѣй величины, при неизмѣнности прочихъ условій раздраженія. Дѣйствіе этого фактора изучается при слабомъ батарейномъ токъ ( $J'$ ) и при амплитудѣ колебаній верхняго электрода Кимореонома въ 5 мм. ( $A_5$ ).

Для характеристики этой группы опытовъ приведены кривыя (4, 5, 6), полученные отъ одного и того-же свѣжаго нервно-мышечнаго препарата одна вѣдѣ за другой. Пауза отдыха между каждыми двумя сосѣдними кривыми равняется 3—4 мин.



Кр. 4-я.

Опытъ 2-й. Лягушка малая, зимняя; въ цѣль волнотокъ включены два элемента Даниэля; амплитуда колебаній тока, опредѣляемая по Universal Rheometer'у Zenger'a при двухъ крайнихъ положеніяхъ верхняго электрода Кимореонома (см. стр. 67) равняется  $3^\circ$ — $6^\circ$ ; батарейный токъ, проходящій черезъ нервъ, обнаруживаетъ реакцію „слабѣго“ тока (по „закону сокращеній мускула“ Пфлюгера, см. выше); нервъ полъризуется въ нижней своей части на разстояніи приблизительно  $\frac{1}{2}$  стм. отъ мѣста дѣленія его на двѣ вѣтви; длина цитраполярнаго куска равняется одному стм.; токъ нисходящій; раздраженію волнотокѣмъ предшествуетъ прохожденіе черезъ нервъ постояннаго тока въ продолженіе 3 сек.

Кривая 4 получена при 8 колебаніяхъ гальваническаго тока въ одну сек. Кривая 5—при 13 колебаніяхъ въ сек. и 6—при 24—25 колебаніяхъ.

Подъ кривой, которую ишетъ мускуль, проходитъ абсцисса, соответствующая покойному положенію мускула. Подъ

абсциссой расположены отмѣтки электромагнитнаго счетчика (разстояніе между двумя сосѣдними отмѣтками равняется четверемъ „полнымъ“ колебаніямъ тока; еще ниже, идутъ секунды, отмѣчающія скорость вращенія записывающаго цилиндра. Одна сек. равняется 8 мм.

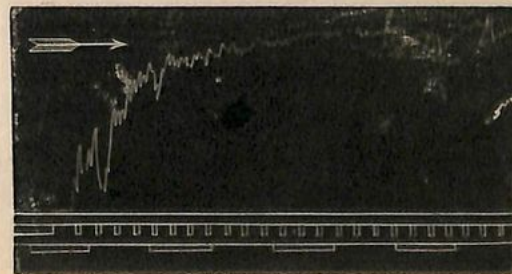
При восьми колебаніяхъ тока въ сек. (см. кр. 4), мускуль не тотчасъ сокращается съ момента прохожденія волнотокъ черезъ нервъ, но остается въ покоѣ въ продолженіи 1,25 сек.

Сами по себѣ сокращенія носятъ неправильный характеръ: то они довольно энергичны, то незначительны, такъ что мѣстами они являются въ видѣ довольно мелкихъ зигзаговъ.

Общій подъемъ кривой надъ абсциссой, или вѣрнѣе, средняя высота въ средней части ея не достигаетъ 7 мм.; между тѣмъ какъ высота сокращенія мускула, получаемая при простомъ замыканіи батарейнаго тока той-же силы равняется 22 мм. Видимо, что волнотокъ при данныхъ условіяхъ частоты колебаній не обладаетъ достаточными раздражающими свойствами, чтобы утилизировать все сократительныя силы мускула. Приблизительно черезъ 14 сек. отъ начала сокращенія, кривая падаетъ къ абсциссѣ, не смотря на продолжающіяся раздраженія.

Если черезъ 4 мин. отдыха опять раздражать нервъ волнотокѣмъ, оставляя все условія раздраженія неизмѣнными за исклю-

ченіемъ частоты колебаній, то кривая представляетъ цѣлый рядъ измѣненій, находящихся въ связи съ измѣненіемъ интервала раздраженія. Кривая 5, полученная при 13 колебаніяхъ тока въ се-



Кр. 5-я.

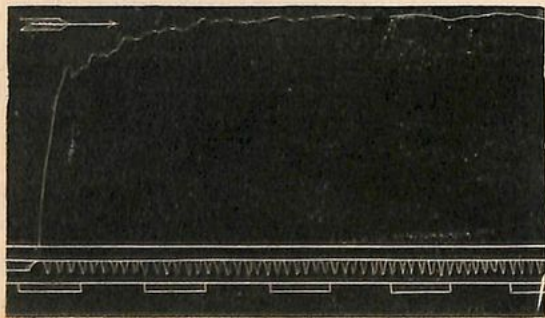
кунду, представляетъ намъ эту зависимость между измѣненіемъ частоты колебаній тока и эффектомъ мышечнаго сокращенія. Уже по

прошествіи 0,5 сек. отъ начала раздраженія волнотокомъ, мускуль начинаетъ сокращаться и рядомъ неправильныхъ подъемовъ, приблизительно через  $1\frac{1}{2}$  сек., достигаетъ высоты 22 мм. Хотя по формѣ своей эти сокращенія такъ-же неправильны, какъ и въ предыдущей кривой, но уже здѣсь преобладаютъ мелкіе зигзаги.

Кривая мускульнаго сокращенія протекаетъ на значительно большей высотѣ, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, такъ что разность среднихъ высотъ приблизительно равняется 18 мм. въ средней своей части. Необходимо еще обратить вниманіе на одно обстоятельство; я говорю объ изохронизмѣ числа колебаній тока съ числомъ сокращеній. На кривой 5-й въ особенности рѣзко замѣтно, что на каждое колебаніе тока мускуль отвѣчаетъ однимъ сокращеніемъ (зигзагомъ); между тѣмъ какъ на предыдущей кривой (4-й) этотъ изохронизмъ не вездѣ замѣчается.

При той частотѣ колебаній тока, при которой получена кривая 5-я, мускуль гораздо дольше удерживается на опредѣленной высотѣ отъ абсциссы и только по прошествіи 20 сек. отъ начала раздраженія замѣчается медленное паденіе кривой къ абсциссѣ.

Если еще болѣе увеличить частоту колебаній тока въ единицу времени (до 25 колебаній въ сек.), какъ это мы видимъ на

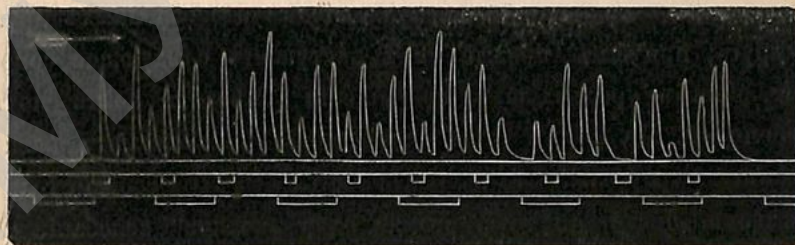


Кр. 6-я.

кривой 6-й, то почти съ началомъ колебаній тока (приблизительно через 0,125 сек.), кривая сразу прямой линіей достигаетъ высоты 27 мм., которая при дальнѣйшемъ раздраженіи поднимается до 33 мм. Въ началѣ еще замѣтна нѣкоторая волнистость кривой, но затѣмъ послѣдняя представляетъ сплошной тетанусъ. Черезъ 8 сек. токъ

былъ разомкнутъ, и кривая круто съ максимальной высоты упала къ абсциссѣ.

Для полноты описанія я приведу еще одинъ опытъ, гдѣ чрезвычайно наглядно можно видѣть вліяніе увеличенія частоты колебаній тока на форму кривой мускульнаго сокращенія. Сюда относятся кривыя 7-я, 8-я и 9-я, полученные одна вслѣдъ за другой въ томъ порядкѣ, какъ онѣ обозначены цифрами.



Кр. 7-я.

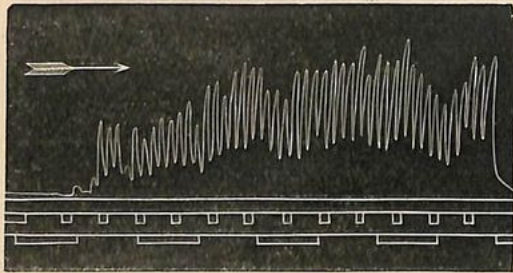
Опытъ 3-й<sup>1)</sup>. Нервно-мускульный препаратъ приготовленъ отъ большой зимней лягушки; въ дѣль волнотока включены два элемента Бунзена; амплитуда колебаній тока, опредѣляемая по гальванометру Zenger'a вышеупомянутымъ способомъ, равняется  $7^{\circ}$ — $12^{\circ}$  отклоненія стрѣлки его; на простое замыканіе и размыканіе батарейнаго тока той-же абсолютной высоты его силы, какъ и средняя высота силы волнотока, препаратъ реагируетъ, какъ на „слабый“ токъ (по закону Пфлюгера). Амплитуда колебаній верхняго электрода Кимореонома равняется 5 мм. Длина неполярнаго участка нерва равняется 1 см. Нервъ поляризуется въ нижней своей части на протяженіи 1-го см. между концами электродовъ; волнотокъ протекаетъ по нерву въ нисходящемъ направленіи; пауза отдыха между двумя сосѣдними кривыми приблизительно равняется 5 мин.; до раздраженія волнотокомъ, нервъ предварительно поляризуется постояннымъ токомъ той-же силы въ продолженіе 2-хъ сек.

Расположеніе электромагнитныхъ отбитій, секундъ и абсциссы такое-же, какъ и въ предыдущихъ кривыхъ. Длина секунды равняется 8 мм.

<sup>1)</sup> Прим.: Нумерація приведенныхъ здѣсь опытовъ идетъ въ порядкѣ изложенія; число же всѣхъ опытовъ, произведенныхъ мною, достигаетъ до восьмидесяти.

Всѣ три кривыя получены отъ свѣжаго нервно-мускульнаго препарата и различаются между собою только частотою раздраженій въ единицу времени; именно, кривая 7-я получена при четырехъ колебаніяхъ тока въ сек., кривая 8-я—при семи колебаніяхъ въ сек. и наконецъ, кривая 9-я—при четырнадцати колебаніяхъ. Всѣ прочія условія раздраженія остаются неизмѣнными.

При четырехъ раздраженіяхъ въ сек. (Кр. 7-я), кривая представляетъ рядъ сокращеній мускула, вполне обособленныхъ другъ отъ друга; при чемъ, прежде чѣмъ наступаетъ слѣдующее сокращеніе, кривая предыдущаго сокращенія успѣваетъ дойти почти до абсциссы. По формѣ своей сокращенія напоминаютъ равнобедренные треугольники и различаются между собою только по высотѣ. Легко замѣтить, что на одно „полное“ колебаніе то-



Кр. 8-я.

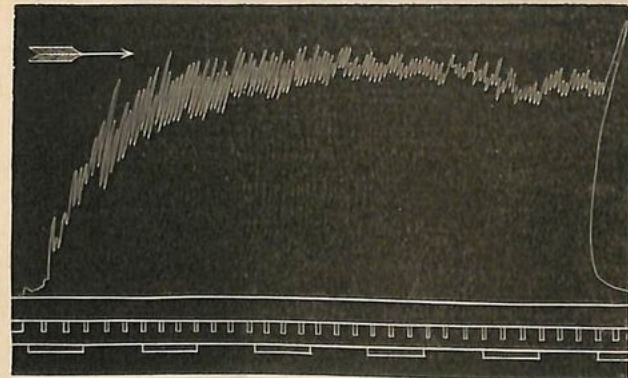
ка приходится одно сокращеніе. Мускуль не тотчасъ реагируетъ на раздраженіе волнотокомъ въ моментъ его введенія въ нервъ, но остается въ покоѣ въ продолженіе одной секунды. При данной частотѣ колебаній тока вполне отсутствуетъ какой-либо подъемъ кривой надъ абсциссой, и средняя высота ея (кривой) не достигаетъ 8 мм; между тѣмъ какъ при простомъ замыканіи батарейнаго тока той-же силы сокращеніе достигаетъ 40 мм.

Уже при 7 колебаніяхъ въ сек. (Кр. 8-я) замѣчается общій подъемъ кривой мускульнаго сокращенія надъ абсциссой. Средняя высота кривой не достигаетъ 15 мм. Хотя сокращенія по своей формѣ приближаются къ сокращеніямъ первой кривой, но здѣсь они являются гораздо болѣе скученными съ заостренными верхушками. Тѣмъ-не менѣе и здѣсь можно наблюдать

полный изохронизмъ числа колебаній съ числомъ сокращеній. Последнія наступаютъ нѣсколько ранѣе отъ начала раздраженія волнотокомъ, чѣмъ на предыдущей кривой. На кривой 8-й средняя высота подъема далеко не достигаетъ той величины его, которая имѣетъ мѣсто при простомъ замыканіи батарейнаго тока той-же силы (40 мм.).

При увеличеніи частоты раздраженій до 14 колебаній тока въ сек., кривая рѣзко измѣняетъ свой характеръ: рядомъ энергичныхъ сокращеній, почти съ момента раздраженія перва волнотокомъ, кривая круто поднимается на значительную высоту и черезъ 3 сек. отъ начала сокращеній достигаетъ до 33 мм. средней высоты (Кр. 9-я). Самый подъемъ состоитъ изъ тѣсно скученныхъ

крупныхъ зигзаговъ, расположенныхъ одинъ надъ другимъ въ видѣ лѣстницы. Съ дальнѣйшимъ раздраженіемъ эти крупные зигзаги постепенно переходятъ въ мелкіе. Здѣсь также можно видѣть, что каждый зигзагъ соотвѣтствуетъ одному колебанію тока.



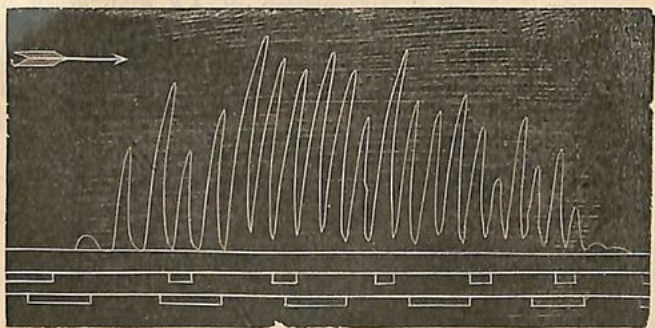
Кр. 9-я.

2-я группа опытовъ по типу  $J' A_{10} (v', v'', v'''. \dots)$

19. Въ этой группѣ опытовъ физиологическое дѣйствіе интервала раздраженія, какъ переменнѣйшей величины, изучается при нѣсколькой болѣе амплитудѣ колебаній тока, соотвѣтствующей болѣе

шему размаху верхняго электрода Кимореонома (10 mm). Всѣ прочія условія для раздраженія остаются тѣ-же, какъ и въ предъидущей группѣ. Для характеристики этой группы приведены кривыя (10-я, 11-я, 12-я), полученные одна вслѣдъ за другой отъ одного и того-же свѣжаго нервно-мускульнаго препарата.

Промежутокъ отдыха между двумя сосѣдними кривыми приблизительно равняется 4 мин.



Кр. 10-я.

Опытъ 4-й. Лягушка средней величины, зимняя; въ цѣпь Кимореонома включены 4 элемента (2 элемента Даниэля и 2—Лекланше); раздраженію волнотокомъ предшествуетъ поляризація нерва батаррейнымъ токомъ въ продолженіе 3—5 сек.; нервъ раздражается въ нижней своей части на разстояніи 1-го см. отъ мѣста вхожденія его въ мускуль; на замыканіе и размыканіе батаррейнаго тока мускуль реагируетъ, какъ на „слабый“ токъ (по закону Пфлюгера); нервъ раздражается токомъ въ нисходящемъ направленіи на протяженіи 1-го см. между концами электродовъ. Электроды не-поляризующіе (Du Bois Reymond'a).

Амплитуда колебаній тока, опредѣляемая гальванометромъ Zenger'a, ложится въ предѣлахъ между 6°—11°.

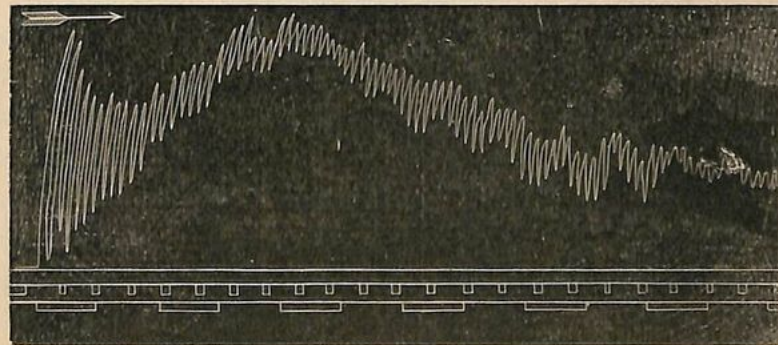
Волнотокъ проходитъ черезъ нервъ со скоростью на кривой 10-й—2½ колеб. въ сек.

„ „ 11-й—7 „ „ „  
 „ „ 12-й—10—11 „ „ „

При 2½ колебаній въ сек. (кр. 10-я), сокращенія мускула протекаютъ совершенно отдѣльно, изолированно другъ отъ друга,

при чемъ кривая каждаго сокращенія успѣваетъ дойти до абсциссы, прежде чѣмъ наступаетъ второе сокращеніе. Число сокращеній мускула точно соотвѣтствуетъ числу колебаній тока за тотъ-же промежутокъ времени; другими словами, время одного сокращенія соотвѣтствуетъ времени 1-го „полнаго“ колебанія тока. На приведенной кривой это время приблизительно равняется  $\frac{3}{8}$  сек. Максимальная высота отдѣльныхъ сокращеній не достигаетъ и половины высоты, получаемой при простомъ замыканіи батаррейнаго тока. Каждое сокращеніе напоминаетъ форму правильныхъ равнобедренныхъ треугольниковъ; только у самой абсциссы нисходящая вѣтвь сокращенія принимаетъ нѣсколько покатую форму (первыя сокращ.).

Уже при небольшомъ учащеніи колебаній тока въ сек., каждое послѣдующее раздраженіе застаётъ мускуль въ тотъ моментъ, когда онъ еще не успѣваетъ дойти до абсциссы (Кр. 11-я). По мѣрѣ того, какъ частота раздраженій, въ началѣ медленная, постепенно достигаетъ равномерной скорости, нисходящая вѣтвь каждаго сокращенія все болѣе и болѣе укорачивается и вся кривая выше и выше поднимается надъ абсциссой. Черезъ 3½ сек., сокраще-

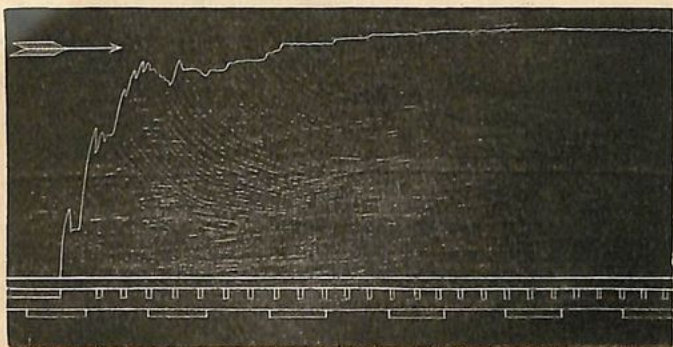


кр. 11-я.

нія достигаютъ высоты 35 mm. надъ абсциссой. Менѣе чѣмъ черезъ секунду кривая съ своей максимальной высоты начинаетъ падать къ абсциссѣ. Продолжительность каждаго отдѣльнаго со-

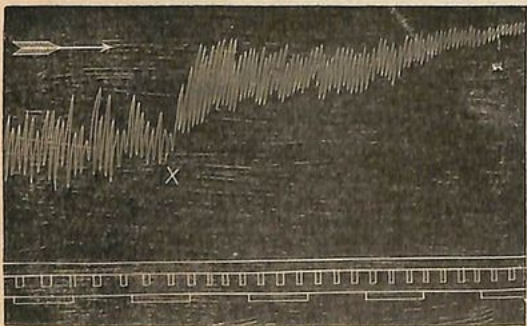
кращения соответствует продолжительности одного колебания тока. Достигши максимальной высоты, сокращение в своей нисходящей ветви дѣлает небольшое колѣно, о значеніи котораго будетъ сказано в своемъ мѣстѣ.

При 11 колебаніяхъ въ сек. (кр. 12), сокращения мускула тотчасъ начинаются въ моментъ прохожденія волптока черезъ нервъ; кривая круто ступенеобразно поднимается до высоты 30 мм.; затѣмъ, при



Кр. 12-я.

продолжающемся раздраженіи поднимается еще выше и доходитъ до 35 мм. высоты надъ абсциссой. Здѣсь сокращения сливаются въ сплошной тетанусъ съ едва замѣтной волнистостью. По прошествіи 14 сек., токъ былъ разомкнутъ и кривая круто упала къ абсциссѣ.



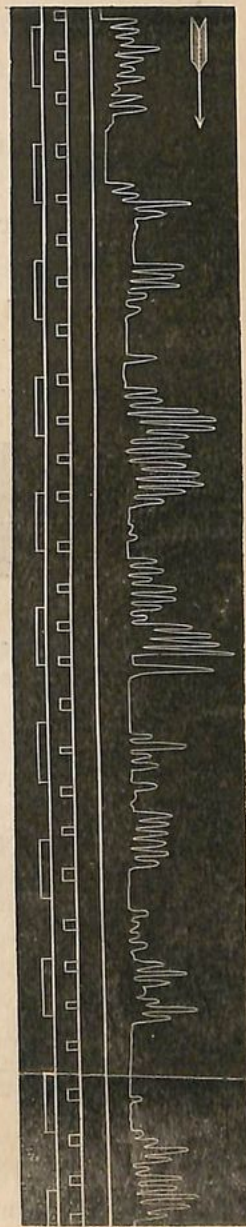
Кр. 13-я.

Такимъ образомъ, легко видѣть, что даже при небольшомъ увеличеніи частоты колебаній тока (съ 7 до 11), кривая мускульнаго сокращения рѣзко измѣняетъ свою форму: продолжительность скрытаго періода раздраженія становится гораздо короче; высота подъема кривой—гораздо выше; отдѣльныя сокращения совершенно сливаются и время,

въ теченіе котораго мускуль реагируетъ на раздраженіе, становится гораздо болѣе продолжительнымъ.

Особенно демонстративно можно наблюдать вліяніе измѣненія частоты колебаній тока на кривой 13-ой. Въ этомъ случаѣ, во время самаго хода раздраженія, въ извѣстный моментъ частота колебаній тока была увеличена съ 10 колебаній на 14 въ сек. (X). Почти съ момента этого учащенія, кривая рѣзко поднимается на еще болѣе высокую высоту, и черезъ 10 сек. отъ начала раздраженія болѣе частыми колебаніями, кривая поднимается до 39 мм. высоты надъ абсциссой. Хотя сокращения сами по себѣ сохраняютъ тотъ-же зигзагообразный характеръ, но взаимное расположеніе ихъ нѣсколько измѣняется: они болѣе сближаются, скучиваются, верхушки ихъ болѣе заостряются. По мѣрѣ дальнѣйшаго раздраженія, зигзаги, въ началѣ болѣе крупныя, постепенно уменьшаются до едва замѣтной волнистости.

Подобное измѣненіе частоты колебаній тока во время самаго хода раздраженія на одной и той-же кривой имѣетъ особенное значеніе въ виду того, что въ этомъ случаѣ всѣ прочія условія опыта остаются неизмѣнными. Въ этомъ отношеніи, кривая 14-я представляетъ особенный интересъ, такъ какъ здѣсь нѣсколько разъ болѣе частыя колебанія чередуются съ болѣе рѣдкими. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ колебанія учащаются, тамъ мускуль реа-

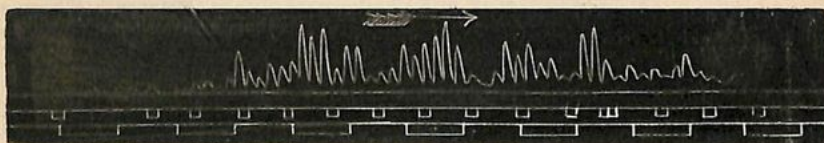


Кр. 14-я.

гируетъ рядомъ сокращеній и тотчасъ переходитъ въ покой, какъ только колебанія становятся рѣже.

3-я группа опытовъ по типу  $J' A_{15} (v', v'', v''', \dots)$

20. Для характеристики этой группы опытовъ приведены кривыя 15-я, 16-я, 17-я, въ которыхъ измѣняется только одна частота колебаній тока. Эта группа отличается отъ предыдущихъ только большей амплитудой колебаній тока, соответствующей большому размаху верхняго электрода Кимореонома (15 мм.).



Кр. 15-я.

Опытъ 5-й. лягушка средней величины, зимняя; въ цѣль волнотока включены два элемента Даниэля; раздраженію нерва волнотокомъ предшествуетъ поляризація батарейнымъ токомъ, который остается замкнутымъ въ продолженіе 3 сек.; нервъ раздражается въ средней части на разстояніи 2 см. отъ мѣста вхожденія его въ мускуль; длина поляризуемаго куска нерва равняется 1 см.; токъ—„слабый“ (по закону Пфлюгера) и протекаетъ въ восходящемъ направленіи по нерву. Амплитуда колебаній тока ложится въ предѣлахъ между  $5^\circ$  и  $12^\circ$  (по гальванометру Zenger'a).

Промежутокъ отдыха между двумя сосѣдними кривыми равняется 3—5 мин.

Расположеніе отмѣтиль такое-же, какъ и въ предыдущихъ кривыхъ.

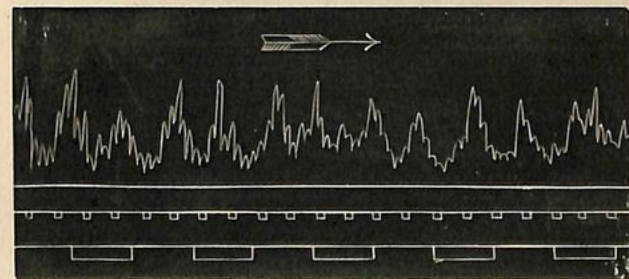
Кривая 15-я получена при 5 колеб. въ сек.

„ 16-я „ „ 8 „ „ „  
 „ 17-я „ „ 12—13 „ „

Кривая 15-я представляетъ рядъ небольшихъ сокращеній, которыя протекаютъ тотчасъ надъ абсциссой, но не касаются ея. Каждое сокращеніе по времени соответствуетъ одному колебанію

тока. Максимальная высота, до которой поднимается кривая отдѣльнаго сокращенія не достигаетъ 9 мм.; между тѣмъ какъ при простомъ замыканіи батарейнаго тока той-же силы, мускуль, сокращаясь, поднимаетъ кривую до 22 мм. Мускуль не тотчасъ реагируетъ сокращеніями на раздраженіе волнотокомъ, но только по прошествіи 4 сек. Черезъ 11 сек. отъ начала сокращеній, кривая падаетъ къ абсциссѣ, и мускуль остается въ покой, не смотря на продолжающіяся раздраженія.

Совсѣмъ иную картину представляетъ намъ слѣдующая кривая (16-я). Уже при небольшомъ увеличеніи частоты колебаній тока въ сек. (на 3 колеб.), замѣчается общій подъемъ кривой надъ абсциссой; отдѣльное сокращеніе не достигаетъ абсциссы. Тѣмъ не менѣе однако и въ этомъ случаѣ ни средняя высота кривой, ни максимальная высота отдѣльныхъ сокращеній не достигаютъ той величины подъема сокращенія, которая полу-

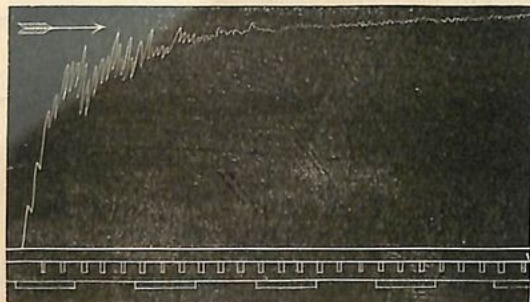


Кр. 16-я.

чается при простомъ замыканіи батарейнаго тока. Сокращенія сами по себѣ протекаютъ съ большимъ размахомъ, располагаются тѣснѣе другъ къ другу. Необходимо еще обратить вниманіе на одну замѣчательную особенность; я говорю о складываніи отдѣльныхъ сокращеній въ рѣзко обособленныя группы или волны, которыя періодически слѣдуютъ другъ за другомъ. Каждая такая волна состоитъ изъ 6—7 сокращеній. Подробно объ этомъ интересномъ фактѣ будетъ мною сказано въ 6-й главѣ.

Через 4 мин. паузы, при учащені раздраженіи на 4—5 колеб. въ сек. (12—13 кол. въ сек.), тотъ же нервно-мышечный препаратъ даетъ тетаническую кривую (кр. 17), которая располагается на значительной высотѣ отъ абсциссы.

Періодъ скрытаго раздраженія сравнительно чрезвычайно малъ, и съ момента раздраженія нерва волнотокомъ, кривая въ нѣско-



Кр. 17-я.

сколько сокращеній, располагающихся въ видѣ лѣстницы, достигаетъ высоты 30 мм., а черезъ нѣсколько сек. отъ начала раздраженія, поднимается еще выше и доходитъ до 34 мм.; слѣдовательно, на 12 мм. выше того со-

кращения, которое получается при простомъ замыканіи батарейнаго тока. Въ началѣ кривая представляетъ рядъ довольно крупныхъ зигзаговъ, которые затѣмъ превращаются въ очень мелкіе, но ясно видимые. Число этихъ зигзаговъ за опредѣленный промежутокъ времени точно соотвѣтствуетъ числу колебаній тока за то-же время. Черезъ 15 сек. отъ начала раздраженія, когда кривая еще держалась на своей максимальной высотѣ, токъ былъ разомкнутъ.

4-я группа опытовъ по типу  $J'' A_{10} (v' v'' v''')$ .....)

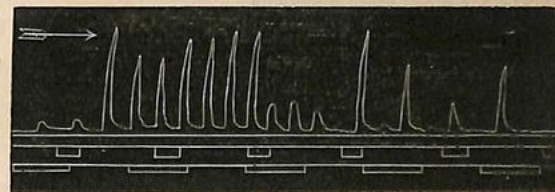
21. Въ этой группѣ изучается физиологическое дѣйствіе интервала раздраженія при батарейномъ токѣ такой силы, которая соотвѣтствуетъ „среднему“ току по закону сокращеній мускула—Пфлюгера и при новой амплитудѣ колебанія верхняго электрода Кимореонома въ 10 мм. ( $A_{10}$ ).

Опытъ 6-й. Лягушка большая, зимняя; въ цѣпь волнотока включены 4 элемента (2—Даніэля и 2—Лекланше); передъ раздраженіемъ нерва волнотокомъ, былъ пропущенъ постоянный токъ въ продолженіе 6 сек.; длина интраолярнаго участка равняется 2 см.; амплитуда колебаній тока, проходящаго черезъ нервъ, ложится въ предѣлахъ между  $10^\circ$  и  $22^\circ$  по гальванометру Zenger'a; нервъ поляризуется въ восходящемъ направленіи въ верхней своей части; разстояніе между мѣстомъ вхожденія нерва въ позвоночникъ и ближайшимъ электродомъ равняется  $\frac{1}{2}$  см. Electroды не-поляризующіе (Du Bois Reymond'a).

Кривая 18-я получена при  $2\frac{1}{2}$ —3 колеб. въ сек.

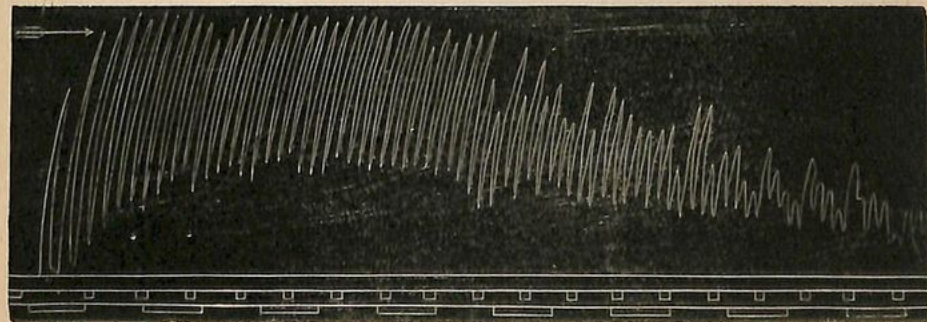
„ 19-я „ „ 5 „ „ „

Первая кривая (18-я) представляетъ рядъ отдѣльныхъ сокращеній, протекающихъ около самой абсциссы; максимальная высота ихъ не достигаетъ 16 мм., между тѣмъ какъ высота при простомъ замыканіи батарейнаго тока = 45 мм.



Кр. 18-я.

Уже при небольшомъ увеличеніи частоты колебаній въ сек. (до 5—Кр. 19-я), кривая представляетъ рядъ энергичныхъ под-



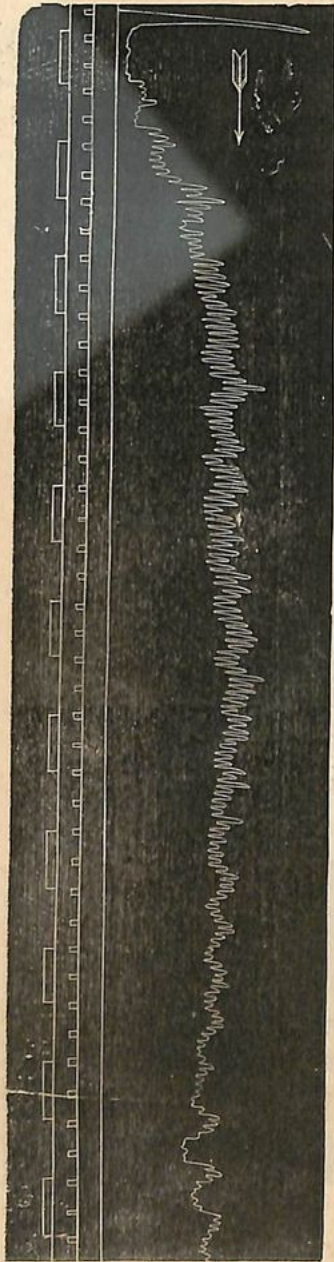
Кр. 19-я.

емовъ, достигающихъ высоты 39 мм. отъ абсциссы. Съ каждымъ слѣдующимъ сокращеніемъ кривая поднимается все вы-

ше и выше и достигает в средней своей части 28 мм. средней высоты. Амплитуда сокращений мускула в началѣ колеблется между 20—37 мм., затѣмъ постепенно уменьшается. Періодъ скрытаго раздраженія значительно менѣе, чѣмъ на предъидущей кривой и = 0,25 сек. Число сокращений точно совпадаетъ съ числомъ колебаній тока за тотъ-же промежутокъ времени.

Такимъ образомъ, уже небольшое измѣненіе частоты колебаній сопровождается рѣзкими измѣненіями въ формѣ сокращений, и это вліяніе интервала раздраженія обнаруживается независимо отъ силы проходящаго черезъ нервъ батарейнаго тока, и отъ амплитуды колебаній его. Такъ какъ измѣненіе частоты колебаній тока связано съ измѣненіемъ крутизны его нарастанія (resp. ослабленія), то и въ нашемъ случаѣ вполне подтверждается упомянутое выше положеніе Fleischl'я, по которому уже малое измѣненіе крутизны нарастанія тока сопровождается рѣзкимъ измѣненіемъ въ эффектѣ раздраженія.

На сколько вообще увеличеніе частоты колебаній тока можетъ вліять на общій подъемъ кривой, или точ-



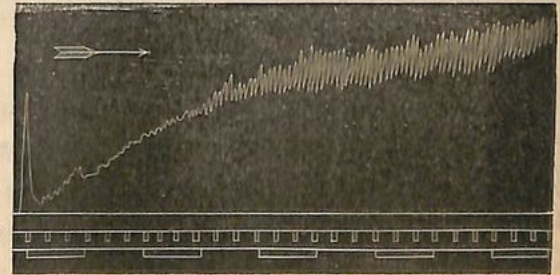
Кр. 20-я.

нѣе, на ея среднюю высоту, примѣромъ могутъ служить кривыя 20-я и 21-я.

Опытъ 7-й. Нервно-мускульный препаратъ приготовленъ отъ небольшой зимней лягушки; раздражающій токъ пропущенъ отъ 4 элементовъ; нервъ раздражается токомъ въ нисходящемъ направленіи; разстояніе между электродами, заключающими нервъ, = 2 см.; разстояніе же между мускуломъ и ближайшимъ электродомъ = 1 см.; электроды — неполяризующіе; сила раздражающаго тока — „средняя“; волнотокъ вѣдряется въ нервъ въ моментъ замыканія батарейнаго тока; амплитуда колебаній тока на кр. 20-й =  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  (по гальванометру Zenger'a) на кр. 21-й =  $4^{\circ}$ — $10^{\circ}$ . Кривая 20-я получена при 8 колеб. тока въ сек., кривая же 21-я — при 12 колеб. въ сек.

Приведенныя кривыя получены одна вслѣдъ за другой съ паузой въ 6 мин. между ними. Въ первый моментъ вѣдренія тока въ нервъ мускуль даетъ замыкательное сокращеніе; въ концѣ своего расслабленія мускуль вновь, подъ вліяніемъ раздраженія волнотоккомъ, постепенно поднимаетъ кривую до 16 мм. средней высоты (на кр. 20-й). Черезъ тотъ-же промежутокъ времени отъ начала сокращений, средняя высота на кривой 21-й уже достигаетъ 27 мм., а черезъ 8 сек. та-же высота на той-же кривой равняется 33 мм. Кривая 20-я не обнаруживаетъ такого повышенія средней высоты.

Въ началѣ, спустя нѣсколько секундъ, размахъ сокращений на той и другой кривой приблизительно одинаковъ; но, въ то время



Кр. 21-я.

какъ на кривой 21-й при дальнѣйшемъ раздраженіи онъ постепенно укорачивается и доходитъ почти до 0, на кривой 20-й замѣчается только небольшое укороченіе размаха. Число зигзаговъ



на той и другой кривой точно соответствует числу колебаний тока за определенный промежуток времени.

5-я группа опытов по типу  $J'' A_{15} (v' v'' v''' \dots)$

22. Кривые, относящиеся к этой группе опытов, получены при больших амплитудах колебаний тока, соответствующих большему размаху верхнего электрода Кимореонома (15 мм.); сила батаррейного тока ( $J''$ ) остается неизменной.

**Опыт 8-й.** Относящиеся сюда кривые получены от большой зимней лягушки; цѣль раздражающаго волнотокa состояла из 4 элементов (2—Даниэля и 2—Бунзена); передъ раздраженіемъ нерва волнотокъ былъ замкнутъ постоянный токъ той-же силы, при чемъ, во время прохожденія послѣдняго черезъ нервъ, мускулъ реагировалъ „гальванотонусомъ“. Черезъ 10 сек. гальванотонусъ прекратился, и тогда было приступлено къ раздраженію нерва волнотокъ. Длина монополярнаго куска нерва =  $1\frac{1}{2}$  см.; длина интраполярнаго участка = 1 см.; сила тока, проходящаго по нерву—„средняя“; направленіе его—восходящее; электроды—не полярнующіе; амплитуда колебаній тока, соответствующая максимуму и минимуму его силы =  $20^\circ$ — $33^\circ$ ; пауза между двумя сосѣдними кривыми = 4—5 мин.

Кривая 22-я получена при  $2\frac{1}{2}$  колеб. тока въ сек.

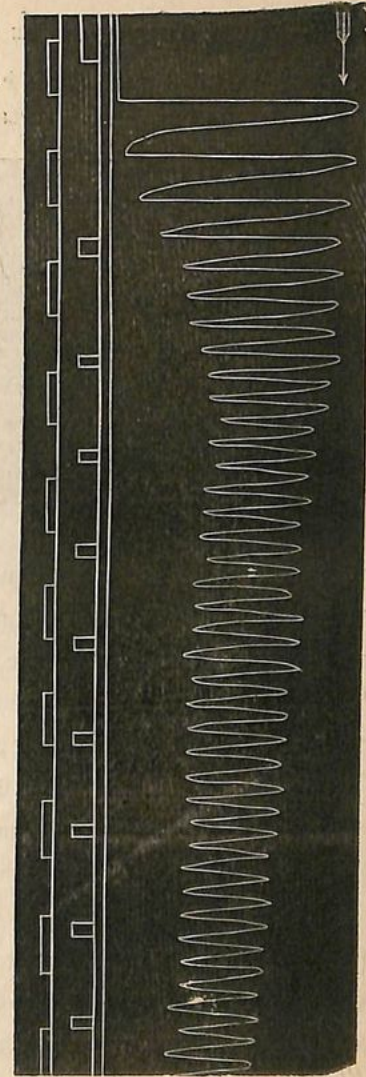
„ 23-я „ „  $3-3\frac{1}{2}$  „ „ „

„ 24-я „ „ 7 „ „ „

Послѣ того какъ гальванотонусъ закончился, кривая со вторымъ колебаніемъ тока сразу поднимается до высоты 32 мм. и съ окончаніемъ этого колебанія вновь почти доходитъ до абсциссы (Кр. 22). Съ дальнѣйшимъ колебаніемъ тока, resp. раздраженіемъ, кривая вновь поднимается на высоту нѣсколько меньшую первоначальной; но нисходящая вѣтвь ея уже не доходитъ до абсциссы, а съ каждымъ слѣдующимъ раздраженіемъ становится все короче и короче. Если нижнія точки міограммы соединить между собою линіею, то послѣдняя, будетъ располагаться

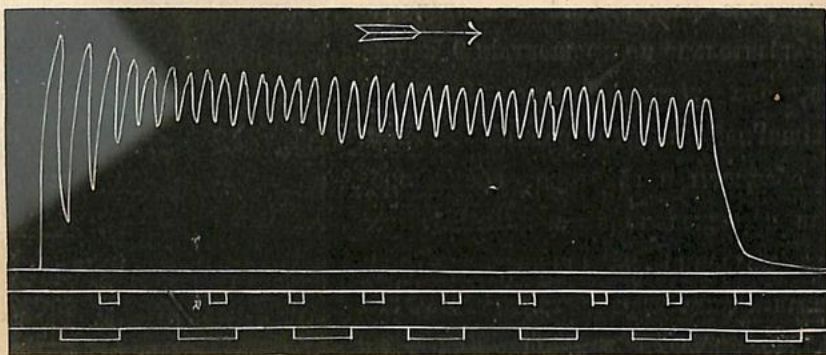
подъ нѣкоторымъ угломъ къ абсциссѣ. Линія эта изображаетъ величину укороченія мускула подвѣяннѣмъ ряда раздраженій волнотокъ. Приблизительно по простествіи 9 колеб. тока, она устанавливается на своей максимальной высотѣ равной 13 мм. отъ абсциссы и нѣкоторое время, протекая параллельно съ послѣдней, затѣмъ медленно наклоняется къ ней. Кривая носитъ характеръ правильныхъ ритмическихъ сокращеній, при чемъ на одно „полное“ колебаніе тока приходится одно сокращеніе мускула. Продолжительность перваго сокращенія равняется 1-й сек., что обуславливается медленнымъ ходомъ Кимореонома; средняя продолжительность слѣдующихъ сокращеній приблизительно равняется 0,5 сек. Средняя высота кривой въ средней части ея не достигаетъ 20 мм., между тѣмъ какъ на простое замыканіе тока мускулъ отвѣчаетъ сокращеніемъ, достигающимъ 38 мм. высоты надъ абсциссой. Амплитуда сокращеній мускула (или его размахъ), въ началѣ довольно значительная (32 мм.), постепенно уменьшается до 13 мм.

Кривая, полученная при  $3-3\frac{1}{2}$  колебаніяхъ въ сек. (Кр. 23-я), представляетъ совершенно ту-же форму сокращеній, какъ и предъидущая; разница между ними заключается только въ дета-



Кр. 22-я.

ляхъ, что обусловливается учащеніемъ раздраженій на одно колебаніе тока въ сек. Здѣсь, какъ и тамъ, сокращеніе сразу достигаетъ максим'альной высоты (33 мм.); но затѣмъ при дальнѣй-



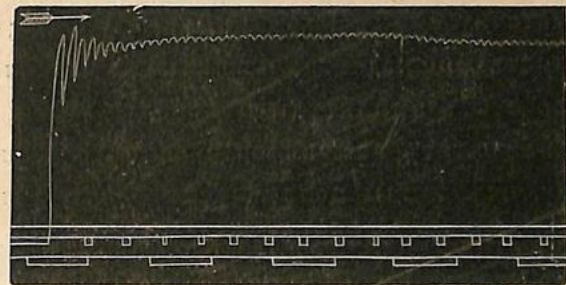
Кр. 23-я.

шихъ сокращеніяхъ эта высота нѣсколько опускается (до 28 мм. отъ абсциссы). Амплитуда сокращеній въ средней части не достигаетъ 8 мм., т. е. на 5 мм. меньше, чѣмъ на предыдущей кривой. Сокращенія располагаются ближе другъ къ другу и продолжительность каждаго изъ нихъ въ средней части кривой равняется 0,25 сек. Здѣсь, какъ и на предыдущей кривой, въ началѣ нисходящія вѣтви каждаго сокращенія также образуютъ рядъ подъемовъ, постепенно увеличивающихся относительно абсциссы; при чемъ линия, соединяющая концы нисходящихъ вѣтвей, располагается подъ большимъ угломъ къ абсциссѣ, чѣмъ это имѣло мѣсто на предыдущей кривой. Линія эта по прошествіи 4-хъ сокращеній достигаетъ максим'альной высоты, которая на 8 мм. выше, чѣмъ на предыдущей кривой, и затѣмъ она протекаетъ параллельно абсциссѣ до момента замыканія тока (11 сек.).

Тотъ-же нервно-мышечный препаратъ при небольшомъ увеличеніи частоты колебаній тока въ сек. (до 7—кр. 24-я) даетъ тетаническую кривую, которая, хотя по способу образованія и по

формѣ чрезвычайно близко подходитъ къ предыдущимъ кривымъ но, въ силу рѣзкаго увеличенія частоты колебаній тока, представляетъ рядъ измѣненій, носящихъ детальный характеръ.

Въ самомъ дѣлѣ, кривая также въ видѣ прямой линіи достигаетъ своей максим'альной высоты (27 мм.), на которой и удерживается въ продолженіе всего раздраженія. Эта высота превышаетъ на нѣсколько миллиметровъ среднюю высоту предыдущихъ кривыхъ. „Линія укороченія мускула“ располагается подъ значительно большимъ угломъ, чѣмъ въ первыхъ двухъ случаяхъ и черезъ 4 сокращенія достигаетъ высоты 24 мм. надъ абсциссой; дальше она протекаетъ параллельно абсциссѣ все время, пока нервъ раздражается волнотокомъ. Тетанусъ состоитъ изъ ясно видимыхъ зигзаговъ, число которыхъ точно совпадаетъ съ числомъ колебаній тока за тотъ-же промежутокъ времени. Этотъ изохронизмъ составляетъ постоянное явленіе во всѣхъ трехъ опытахъ; измѣняется только амплитуда сокращеній мускула, именно, на кривой 22-й послѣдняя колеблется въ предѣлахъ между 13 мм. и 32 мм.; на кривой 23-й она равняется 7 мм. въ средней части кривой; на послѣдней-же кривой она не достигаетъ и 1 мм. Но за то рядомъ съ уменьшеніемъ амплитуды сокращеній замѣчается увеличеніе средней высоты кривой. Эта высота на кр. 22-й приблизительно соответствуетъ 20 мм., на кривой 23-ей—23 мм. и наконецъ, на кривой 24-ой—27 мм.



Кр. 24-я.

**23.** Если подвергнуть сравнительному анализу результаты вышеприведенныхъ изслѣдованій, то можно притти къ слѣдующимъ выводамъ, общимъ для всѣхъ приведенныхъ группъ опытовъ: 1)

измѣненія въ эффектахъ раздраженія, вызванныя измѣненіемъ интервала раздраженія, носятъ опредѣленный характеръ, общій для всѣхъ группъ; 2) въ каждомъ отдѣльномъ опытѣ существуетъ опредѣленная постоянная зависимость, иначе говоря, „законномѣрность“ между измѣненіемъ интервала раздраженія волнотокомъ и соответствующимъ измѣненіемъ эффекта; 3) эта законномѣрность наблюдается независимо отъ силы батарейнаго тока и отъ амплитуды колебаній его, и далѣе, 4) она независима отъ направленія волнотока, проходящаго по нерву, отъ длины поляризуемаго куска нерва, отъ мѣста нерва, гдѣ происходитъ раздраженіе и т. д.

Законномѣрность измѣненій въ эффектѣ раздраженія подъ вліяніемъ измѣненій въ интервалѣ раздраженія волнотокомъ можетъ быть формулирована въ слѣдующихъ положеніяхъ:

1) При раздраженіи двигательнаго нерва волнотокомъ любой формы и величины, продолжительность „періода скрытаго раздраженія“ (*Latenzstadium*<sup>1)</sup>) находится въ обратномъ отношеніи къ частотѣ колебаній тока въ единицу времени.

Таблица 1-я представляетъ измѣненія продолжительности „скрытаго періода раздраженія“, выраженные въ сек. при различныхъ силахъ тока и различныхъ амплитудахъ колебаній его.

<sup>1)</sup> Прим. Я воспользовался этимъ терминомъ—„періодомъ скрытаго раздраженія“, чтобы имъ обозначить время, въ теченіе котораго мускулъ, послѣ начала раздраженія его волнотокомъ, остается еще въ покоѣ. Точнѣе было бы обозначить это время—„періодомъ покоя мускула“, такъ какъ первый терминъ имѣетъ специальное значеніе (для одиночныхъ сокращеній). Изученіе „періода покоя“ мускула, имѣетъ только относительное значеніе—при сравненіи его на различныхъ кривыхъ, полученныхъ отъ одного и того же нервно-мускульнаго препарата. Кроме того, этотъ періодъ подвергается сравнительному анализу въ томъ случаѣ, когда онъ на различныхъ кривыхъ, представляетъ значительныя колебанія своей величины. Это тѣмъ болѣе необходимо, что, въ виду медленнаго вращенія записывающаго цилиндра, разница колебанія его на нѣсколько отыхъ секундъ дежитъ въ предѣлахъ ошибки.

Амплитуда.	5mm.			10 mm.			15 mm.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Число колеб. 2	—	—	—	—	—	—	—	1	—	0,5	—
” ” 3	—	—	—	—	—	—	0,75	—	—	0,125	—
” ” 4	—	—	1,25	—	—	—	—	—	—	—	—
” ” 5	—	—	—	3,12	3,5	—	—	0,25	—	—	—
” ” 6	—	0,5	0,75	—	—	—	0,25	—	—	—	0,25
” ” 7	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—	0,03
” ” 8	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	5	0,125
” ” 9	—	—	—	—	0,125	2	—	—	—	—	—
” ” 11	—	0,25	—	1,5	—	—	—	—	—	—	—
” ” 14	1,25	—	—	—	—	0,25	—	—	—	0,5	—
” ” 17	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
” ” 25	0,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
” ” 27	—	—	—	—	—	—	—	—	0,125	—	—
Опыты . . .	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
	Для слабого тока.						Для среднего тока.				

Табл. 1-я.

Числа, выражающія періодъ скрытаго раздраженія, для каждого отдѣльнаго опыта расположены по вертикальнымъ столбцамъ; цифры по лѣвой сторонѣ (2—27) указываютъ на число колебаній тока въ сек; числа внизу (1—11) обозначаютъ №№ отдѣльныхъ опытовъ. Номера опытовъ располагаются въ группы, соответствующія опредѣленной амплитудѣ колебанія верхняго электрода Кимореонома (5—15 mm.).

Во всѣхъ приведенныхъ въ таблицѣ 1-ой опытахъ, мы можемъ констатировать одно и то-же явленіе—уменьшеніе продолжительности „скрытаго періода раздраженія“ соответственно увеличенію частоты колебаній тока; но нельзя замѣтить какой-либо пропорциональности между измѣненіями той и другой величины: если въ однихъ случаяхъ, какъ въ опытѣ 9-мъ, при увеличеніи числа раздраженій на 6 колеб. въ сек., продолжительность „скрытаго періода“ укорачивается въ 10 разъ, то въ другихъ случаяхъ, какъ напримѣръ въ опытѣ 2-мъ, приблизительно при томъ-же учащеніи она укорачивается только вдвое. Само собою разумѣется, подобная разница обуславливается, съ одной стороны, индивидуальными осо-

бенностями въ физиологическихъ свойствахъ различныхъ перво-мускульныхъ препаратовъ, съ другой-же стороны, — массою побочныхъ условий.

2) „Періодъ подъема“, гесп. продолжительность времени отъ начала кривой до достиженія ею максимумъ высоты, находится въ прямомъ отношеніи къ интервалу раздраженія волнотокомъ.

Амплитуда колеб. верхняго электрода.		5 mm.	10 mm.	15 mm.	5 mm.	10 mm.	15 mm.		
Число колебаній тока въ 1 сек.	2	—	—	5	—	—	—		
	3	—	—	—	0,75	—	—		
	4	—	—	—	—	—	—		
	5	—	—	—	3,5	—	—		
	6	—	2,75	—	—	1,7	3		
	7	—	—	—	—	—	—		
	8	—	—	—	1,5	—	3		
	9	—	—	—	—	—	1,5		
	11	—	1,25	1,25	—	—	—		
	13	2,6	—	—	0,125	—	—		
	14	—	—	—	—	0,33	1,5		
	17	1,75	—	—	—	—	—		
	25	0,75	—	—	—	—	—		
	27	—	—	—	—	—	1		
Опыты . . . . .		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
		Слабый токъ.				Средній токъ.			

Табл. 2-я.

Время, опредѣляющее этотъ періодъ, на приведенной таблицѣ 2-й вычислено въ сек.; расположеніе чиселъ, обозначающихъ частоту колебаній тока, амплитуду колеб. его, такое-же, какъ и въ предъидущей таблицѣ.

3) Высота подъема кривой сокращенія до опредѣленнаго максимумъ находится въ обратномъ отношеніи къ интервалу-раздраженія волнотокомъ.

На относящейся сюда таблицѣ 3-ей, высота этого подъема изображена въ миллиметрахъ.

Амплитуда колеб. верх. элек.		5 mm.		10 mm.		15 mm.		10 mm.		15 mm.			
Число колебаній въ 1 сек.	2	—	—	32	—	20	—	—	—	35	—	33	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—	36	—
	5	—	—	38	—	—	—	—	40	—	—	—	—
	6	—	—	—	18	—	—	—	—	37	—	—	35
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	—
	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	—	36
	9	—	—	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	—
	11	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	—	—	—	31	—	27	—	—	—	—
	13	15	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14	—	—	—	—	—	33	32	—	—	23	—	—
	17	21	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25	25	30—31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	—	—	
Опыты . . . . .		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
		Слабый токъ.							Средній токъ.				

Таб. 3-я.

4) Средняя высота сокращеній въ средней части кривой измѣняется обратно пропорціонально интервалу раздраженія волнотокомъ.

Эта высота вычислена на таблицѣ 4-ой въ миллиметрахъ.

Амплитуда.		5 mm.		10 mm.		15 mm.		5 mm.		10 mm.		5 mm.	
Число колебаній въ 1 сек.	2	—	—	—	—	—	—	15	—	—	18	—	—
	3	—	—	18	—	—	—	—	11	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—
	5	—	—	4	—	—	—	—	30	—	—	—	—
	6	—	—	36	—	—	—	—	26	—	30	—	—
	7	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	—	7
	9	—	—	30	6	—	—	—	—	—	—	16	—
	10	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	—	—
	13	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	—
	14	—	—	—	26	—	—	—	—	—	—	—	24
	17	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	35—37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	
Опыты . . . . .		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
		Слабый токъ.							Средній токъ.				

Таб. 4-я.

5) Время, въ теченіе котораго мускуль непрерывно отвѣчаетъ на раздраженіе рядомъ сокращеній, измѣняется обратно пропорціонально интервалу раздраженія волнотокомъ.

Другими словами, волнотокъ, съ большимъ интерваломъ колебаній его, не обладаетъ достаточной энергіей, чтобы удерживать мускуль въ сокращенномъ состояніи такъ долго, какъ это имѣетъ мѣсто при раздраженіи послѣдняго волнотокомъ съ малымъ интерваломъ.

Таблица 5-я представляетъ намъ это время, вычисленное въ сек. и измѣренное отъ начала поднятія кривой до того момента, когда она начинаетъ падать къ абсциссѣ.

Амплитуда.	5 mm.		10 mm.		15 mm.	5 mm.		10 mm.		
Число колебаній въ 1 сек.	2	—	—	9	13	—	—	—	—	
	3	—	—	—	—	—	—	—	8	
	5	—	—	—	—	5	7	15	—	
	7	—	—	12 (X)	—	8 <sup>1/2</sup>	—	—	—	
	8	—	—	—	—	—	11	—	—	
	9	—	—	—	—	17	—	—	—	
	10	—	—	15 (X)	—	—	—	—	—	
	12	—	—	—	16 (X)	—	—	—	—	
	13	12	9	—	—	—	—	—	—	
	14	—	—	—	—	—	19	—	—	
	17	17	—	—	—	—	—	—	—	
	25	7 (X)	19	—	—	—	—	—	—	
	Опыты . .	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	—	
		Слабый токъ.					Средній токъ.			

Таб. 5-я.

Числа, отмѣченныя крестиками, указываютъ на время раздраженія до момента замыканія тока. Обыкновенно токъ замыкался, когда кривая еще находилась на своей максимальной высотѣ. Въ этихъ случаяхъ я обыкновенно прерывалъ тетаническую кривую во избѣжаніе утомленія препарата.

6) Амплитуда сокращеній мускула <sup>1)</sup>, геср. размахъ ихъ, измѣняется пропорціонально интервалу раздраженія волнотокомъ.

Сюда относящаяся таблица 6-я представляетъ эти амплитуды, выраженные въ миллиметрахъ. Въ случаѣ, гдѣ эти амплитуды не одинаковой величины, тамъ приведены minimum и maximum ихъ (см. числа, соединенныя тире).

Амплитуда.	5 mm.			10 mm.			15 mm.							
Число колебаній въ 1 сек.	2	18—26	13—18	—	—	—	20	—	—	34	—	12—33	—	16
	3	—	—	—	5—18	—	—	3—16	—	—	—	7—9	—	6—7
	5	—	—	—	—	8	—	21—38	—	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	—	—	26—31
	7	1	—	—	9—12	—	—	—	—	—	—	1	—	1
	8	—	—	—	—	—	13—17	—	—	4—6	1—7	—	—	9
	10	—	—	8—12	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11	0	—	—	—	—	—	—	1—8	—	—	—	—	—
	12	—	1—3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14	—	—	1—3	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—
	Опыты .	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
		Слабый токъ.					Средній токъ.							

Таб. 6-я.

Изъ чиселъ, приведенныхъ въ таблицѣ, видно, какъ иногда при небольшомъ уже уменьшеніи интервала раздраженія чрезвычайно рѣзко уменьшается амплитуда сокращеній. Такъ напр., въ опытѣ 6-мъ и 9-мъ, при увеличеніи частоты колебаній съ 2 до 6 въ сек., амплитуда сокращеній мускула рѣзко уменьшается съ 20—34 mm. до 1—2 mm. Иногда, какъ въ опытѣ 1-мъ, уже при 11

<sup>1)</sup> Примеч. Подъ этой амплитудой слѣдуетъ разумѣть какъ поднятіе, такъ и опусканіе кривой каждаго сокращенія въ отдѣльности.

колеб. въ сек. амплитуда сокращеній мускула равняется 0, т. е. получается сплошной тетанусъ.

Однако не всегда можно наблюдать такую строгую зависимость между интерваломъ раздраженія и амплитудой сокращеній; иногда приходится наблюдать совершенно обратное; такъ въ опытахъ 5-мъ и 8-мъ (см. таб.), съ увеличеніемъ частоты раздраженія амплитуда сокращеній не уменьшается, но напротивъ увеличивается. Впрочемъ, это довольно рѣдкое явленіе, какъ исключеніе изъ общаго правила, можно только наблюдать въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ приходится имѣть дѣло съ колебаніями тока относительно небольшой частоты (до 10 колеб. въ сек.).

### Вторая серія опытовъ.

**24.** Вторая серія опытовъ посвящена изученію физиологическаго дѣйствія амплитуды колебанія тока.

Старые опыты относительно этого вопроса не представляютъ какихъ либо опредѣленныхъ данныхъ.

Флейшль же въ своей статьѣ ограничивается только короткимъ замѣчаніемъ.

Онъ говоритъ: „Leicht lässt sich durch geringe Veränderungen in der Rotationsgeschwindigkeit die ausserordentliche Empfindlichkeit des Nerven für die Steilheit und durch andere passende Veränderungen seine grosse Unempfindlichkeit gegen die Quantität der Stromschwankung nachweisen“<sup>1)</sup>.

Fuhr и Kries совсѣмъ не занимались изслѣдованіемъ этого вопроса.

Этимъ исчерпываются всѣ свѣдѣнія, какія существуютъ въ литературѣ по данному вопросу. Несомнѣнно, что рѣшеніе его

<sup>1)</sup> Флейшль. Sitzungsber. der Wiener Akademie der Wissenschaft. Bd. 75. III Abtheil. 1877 г. стр. 162.

представляетъ большія трудности тѣмъ болѣе, что съ измѣненіемъ амплитуды колебанія тока неизбѣжно связано измѣненіе другихъ факторовъ волнотока. Въ самомъ дѣлѣ, здѣсь возможны два случая: или съ измѣненіемъ амплитуды колебанія тока измѣняется крутизна его наростанія (resp. ослабленія) при условіи неизмѣнности интервала волнотока, или же, при постоянствѣ крутизны колебанія тока съ измѣненіемъ амплитуды неизбѣжно связано измѣненіе частоты его. Понятно отсюда, что въ такомъ случаѣ не одна амплитуда является переменною величиной, но также рядомъ съ ней будетъ измѣняться или крутизна колебаній тока, или же частота ихъ въ единицу времени. Очевидно, что физиологическое дѣйствіе амплитуды колебаній тока не можетъ быть изслѣдовано отдѣльно при неизмѣнности прочихъ условій раздраженія.

Въ нашемъ случаѣ мы пользовались такою постановкою опыта, при которой частота колебаній тока оставалась неизмѣнною. Такимъ образомъ, при сравнительномъ анализѣ физиологическаго дѣйствія различныхъ амплитудъ колебаній тока, мы будемъ подразумѣвать совокупное дѣйствіе амплитуды и крутизны колебаній тока, какъ переменныхъ величинъ.

Опыты, произведенные въ этомъ направленіи, показали, что эффектъ раздраженія не относится безразлично къ измѣненіямъ амплитуды колебаній тока.

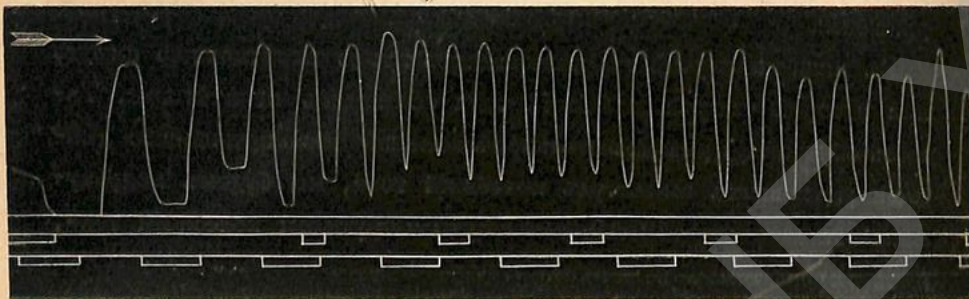
Во 2-й главѣ мною подробно уже описаны способы измѣренія амплитуды колебаній тока. Здѣсь-же я замѣчу, что амплитуда эта увеличивалась или уменьшалась соотвѣтственно увеличенію или уменьшенію экскурсіи верхняго электрода Кимореонома. Гальванометромъ-же Zenger'a опредѣлялись предѣлы колебаній тока (его maximum и minimum) въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

Въ настоящемъ трудѣ я ограничусь приведеніемъ нѣсколькихъ опытовъ, наиболѣе характерныхъ для этой группы.

**Опыт 9-й.** Препаратъ приготовленъ отъ большой зимней лягушки; въ цѣль волнотока введены 4 элемента (2 элемента Даниэля и 2—Бунзена); раздражающій токъ — „средней“ силы (по закону Пфлюгера, см. выше); часть поляризуемаго нерва—нижняя; длина его = 1 см.; длина миолярнаго куска = приблизительно 1 см.; направление тока восходящее; передъ раздраженіемъ нерва волнотокомъ пропущенъ постоянный токъ въ продолженіе 7 сек.; частота колебаній тока на кривыхъ 25-й и 26-й приблизительно одинакова и = 2 „полнымъ“ колеб. въ сек.

Кривая 25-я получена при амплитудѣ колебаній верхняго электрода Кимореонома въ 5 мм., кривая же 26-я—при амплитудѣ въ 10 мм.

Въ первомъ случаѣ, токъ, проходящій черезъ нервъ, колеблется въ предѣлахъ между  $23^{\circ}$ — $30^{\circ}$  (по гальванометру Zenker'a); во второмъ—между  $19^{\circ}$  и  $30^{\circ}$ . Обѣ кривыя получены одна вслѣдъ за другой съ паузой въ 5 мин. между ними.



Кр. 25-я.

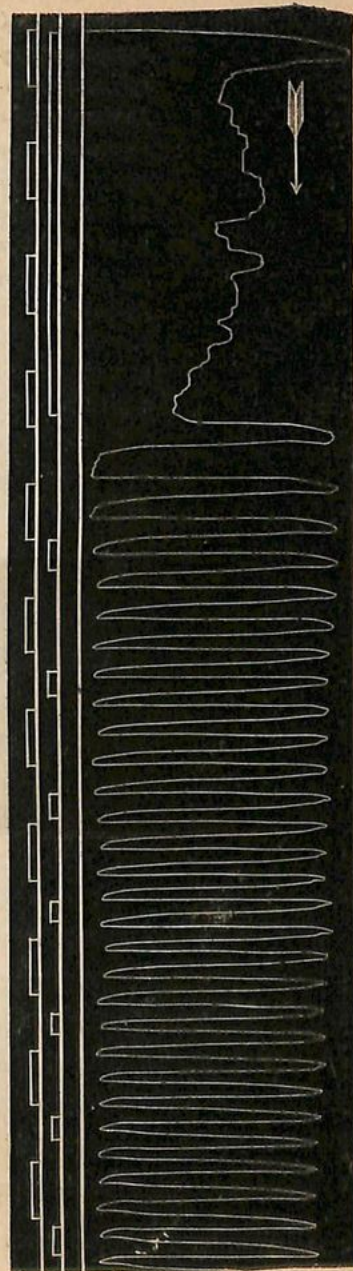
Въ началѣ, во все время прохожденія постоянного тока черезъ нервъ мускуль, находился въ состояніи гальванотонуса. На кривой 25-й, раздраженіе волнотокомъ началось тогда, когда гальванотонусъ уже закончился, и мускуль пришелъ въ покой. Наоборотъ, на кривой 26-й, раздраженіе волнотокомъ началось тогда, когда мускуль еще находился въ состояніи гальванотонуса. Этотъ моментъ представляетъ самъ по себѣ чрезвычайно интересный фактъ, такъ какъ съ началомъ раздраженія волнотокомъ неправильная кривая гальванотонуса рѣзко обрывается и переходитъ

въ правильныя ритмическія сокращенія. Объ этомъ фактѣ болѣе подробно будетъ трактоваться въ VI-й главѣ. Здѣсь-же насъ интересуетъ та разница въ эффектахъ раздраженія, которая обусловливается разницей въ амплитудѣ колебаній тока.

Общій характеръ сокращеній мускула на обѣихъ кривыхъ совершенно одинаковъ: и тамъ и здѣсь получаются одиночныя, изолированныя другъ отъ друга сокращенія; каждое такое сокращеніе по времени точно совпадаетъ съ однимъ „полнымъ“ колебаніемъ тока.

Разница же между сокращеніями на той и другой кривой заключается въ различной величинѣ амплитуды самаго сокращенія; въ самомъ дѣлѣ, размахъ сокращенія на кривой 26-ой доходитъ до 32 мм., между тѣмъ какъ на кривой 25-ой, онъ не достигаетъ 21 мм.; эту разницу въ величинѣ сокращеній ближе всего, конечно, можно привести въ связь съ измененіемъ амплитуды колебанія тока тѣмъ болѣе, что все прочія условія раздраженія остаются неизмѣнными.

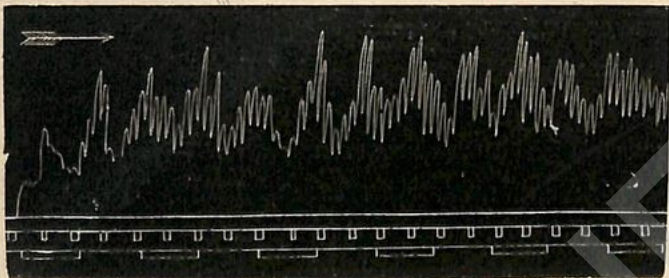
Эту зависимость, какъ явленіе постоянное, можно наблюдать также на кривыхъ 27-ой и 28-ой.



Кр. 26-я.

**Опыт 10-й.** Обѣ кривыя получены отъ свѣжаго нервно-мускульнаго препарата, приготовленнаго отъ зимней лягушки средней величины; въ цѣвь волноточа введены 2 элемента Даниэля; токъ слабый (по схемѣ „закона сокращеній“—Пфлюгера); нервъ раздражается въ нижней части; длина нерва между электродами = 1 см.; длина миоэлектрической части = 1 см.; передъ раздраженіемъ волноточомъ пропущенъ постоянный токъ въ продолженіе 5—6 сек.; направленіе тока, проходящаго черезъ нервъ—восходящее; интервалъ раздраженія на той и другой кривой приблизительно одинаковъ и = 8 колеб. въ сек.; амплитуда колебанія верхняго электрода Кимореонома установлена на 10 мм. для полученія кр. 27-й и—на 15 мм. для кр. 28-й.

Въ первомъ случаѣ, границы колебанія силы тока ложились въ предѣлахъ между  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  (по гальванометру Zenger'a), во второмъ—въ предѣлахъ между  $2^{\circ}$  и  $11^{\circ}$ .

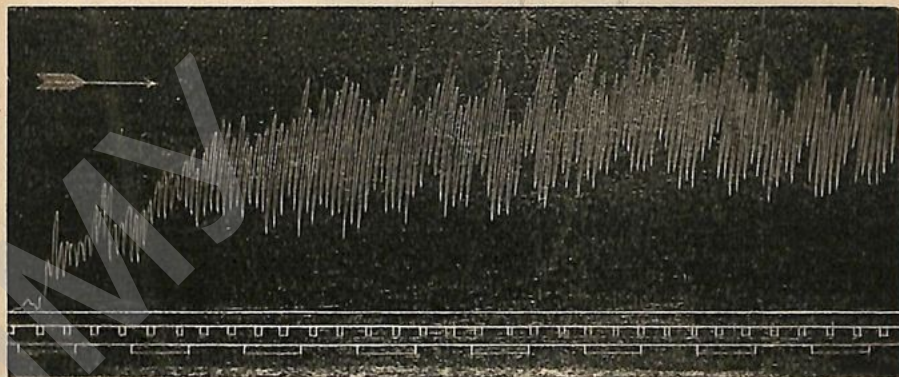


Кр. 27-я.

Въ этомъ случаѣ можно сказать то-же самое, что было сказано по отношенію къ предыдущимъ кривымъ. Здѣсь также чрезвычайно рѣзко бросается въ глаза разница въ величинѣ размаха мускульныхъ сокращеній; такъ, на кривой 27-ой величина эта колеблется въ предѣлахъ между 8 и 10 миллиметрами; на кривой-же 28-ой—между 14 и 22. Но рядомъ съ этимъ легко констатировать увеличеніе средней высоты на послѣдней кривой.

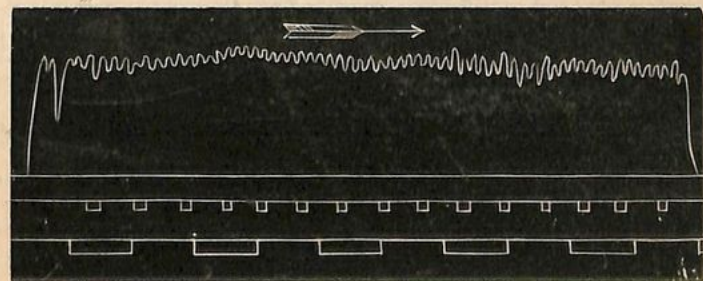
Особенно наглядно можно наблюдать увеличеніе средней высоты въ зависимости отъ увеличенія амплитуды колебанія тока при

тѣхъ условіяхъ раздраженія, при которыхъ сокращенія мускула сливаются въ тетанусъ. Кривыя 29-ая и 30-я могутъ служить нагляднымъ примѣромъ этой зависимости.



Кр. 29-я.

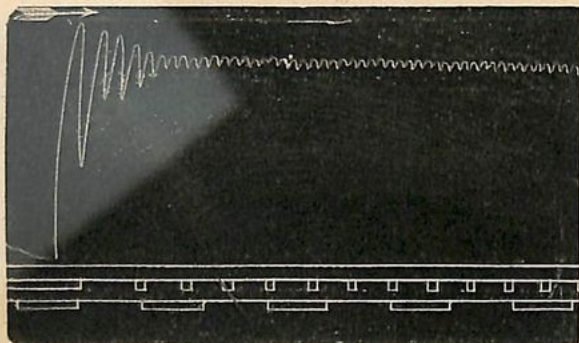
**Опыт 11-й.** Лягушка большая, зимняя; въ цѣвь раздражающаго тока включены 4 элемента (2 элемента Даниэля, 2—Бунзена); токъ проходитъ черезъ нервъ въ восходящемъ направленіи; электроды не-поляризующіе; расстояние между ними = 1 см.; длина миоэлектрической части нерва =  $1\frac{1}{2}$  см.; на обѣихъ кривыхъ частота колебаній приблизительно одинакова и = 6—7 колеб. въ сек.; кривая 29-ая получена при 5 мм. экскурсии электрода Кимореонома; кривая-же 30-ая—при 10 мм. Въ первомъ случаѣ, колебаніе тока ложится въ предѣлахъ между  $23^{\circ}$ — $30^{\circ}$  (опредѣляемыми по отклоненію стрѣлки гальванометра Zenger'a), во второмъ-же случаѣ—между  $18^{\circ}$  и  $30^{\circ}$ .



Кр. 29-я.



На этих кривых амплитуда колебаний тока не влияет на величину размаха сокращений такъ, какъ это мы видѣли на предыдущихъ кривыхъ; но за то чрезвычайно рѣзко обнаруживается раз-



Гр. 30-я.

ница въ среднихъ высотахъ той и другой кривой. Средняя высота на кривой 29-ой равняется 17 мм., а на 30-ой—29 мм., т. е. съ увеличеніемъ амплитуды колебания тока

соотвѣтственно увеличивается средняя высота кривой сокращения.

Изъ другихъ опытовъ, относящихся къ этому вопросу, мы ограничимся только приведеніемъ измѣреній средней высоты и размаха сокращеній въ зависимости отъ измѣненія амплитуды колебания тока.

Амплитуда.	10 мм.	15 мм.	5 мм.	10 мм.	15 мм.	5 мм.	15 мм.	10 мм.	15 мм.	5 мм.	10 мм.	10 мм.	15 мм.
	37	43	8	27	33	6	31	22	29	15	18	8	12
Средняя высота кривой сокращ.													
Амплитуда сокращ. мускула.	36	42	3—5	7	1(×)	5—7	0,5(×)	2—10	14—19	17—20	32	5—14	9—16
Опытъ . . .	1.	2.		3.		4.		5.		6.			

Таб. 7-я.

Наверху таблицы обозначены величины экскурсий верхняго электрода Кимореонома; внизу-же—отдѣльные опыты. Числа, изображенныя въ столбцахъ, выражены въ миллиметрахъ. Частота колебаний тока въ каждомъ отдѣльномъ опытѣ одинакова. Числа, обозначенныя крестиками (×), указываютъ на тетанусъ. Измѣренія каждой отдѣльной кривой расположены по вертикальнымъ столбцамъ. Въ каждомъ отдѣльномъ опытѣ, за исключеніемъ амплитуды колебания тока, всѣ прочія условія раздраженія остаются неизмѣнными.

Изъ таблицы легко видѣть, что какъ средняя высота, такъ и размахъ сокращения мускула увеличиваются соотвѣтственно увеличенію амплитуды волнотокa. Въ иныхъ случаяхъ, это увеличеніе не представляетъ большой разницы съ предыдущей величиной, какъ напр. въ опытахъ 1-омъ, 4-омъ, 5-омъ и 6-омъ. Напротивъ, въ опытѣ 2-омъ, средняя высота сразу поднимается съ 8 мм. до 27 мм., между тѣмъ какъ амплитуда сокращения—съ 3—5 мм. только до 7 мм. Съ увеличеніемъ-же амплитуды колебания съ 10 мм. до 15 мм. (въ томъ-же 2-омъ опытѣ), средняя высота повышается до 33 мм., между тѣмъ какъ размахъ сокращения уменьшается съ 7 до 1 мм. Это уменьшеніе величины размаха сокращения обусловливается тѣмъ, что здѣсь сокращения сливаются въ тетанусъ. Въ этомъ отношеніи особенно интересенъ опытъ 3-ій, гдѣ амплитуда колебания верхняго электрода Кимореонома сразу была увеличена съ 5 мм. на 15 мм. Соотвѣтственно этому увеличенію, размахъ сокращения мускула рѣзко уменьшился съ 5—7 мм. до 0,5 мм., что, какъ было выше сказано, обусловливается образованіемъ тетануса; между тѣмъ какъ рядомъ съ этимъ средняя высота кривой круто поднялась съ 6 мм. до 31 мм. Такимъ образомъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда съ увеличеніемъ амплитуды колебания тока образуется тетанусъ, средняя высота рѣзко увеличивается на счетъ уменьшенія размаха сокращеній.

Изъ всего сказаннаго мы можемъ вывести слѣдующія заключенія:

1) Съ увеличеніемъ амплитуды колебаний тока (при прочихъ равныхъ условіяхъ) соотвѣтственно увеличивается размахъ мускульнаго сокращения.

2) Рядомъ съ этимъ также увеличивается средняя высота кривой.

3) Въ тѣхъ случаяхъ, когда сокращения не складываются въ тетанусъ, тамъ увеличеніе амплитуды колебания тока всего рѣзче

сказывается по отношенію къ размаху отдѣльныхъ сокращеній мускула.

4) Наоборотъ, въ случаяхъ, гдѣ образуются тетанусы, вліяніе увеличенія амплитуды колеб. тока обнаруживается по отношенію къ средней высотѣ кривой сокращеній.

## ГЛАВА IV.

25. Во всѣхъ опытахъ, за весьма рѣдкими исключеніями, можно констатировать одно чрезвычайно постоянное явленіе—я говорю объ изохронизмѣ мышечныхъ сокращеній съ колебаніями тока въ тѣхъ предѣлахъ частоты колебаній, которые имѣли мѣсто въ нашихъ изслѣдованіяхъ. Будутъ-ли сокращенія вполне обособленные или представляютъ тетаническую кривую, совершаются-ли колебанія тока съ большимъ интерваломъ или малымъ—во всѣхъ случаяхъ можно наблюдать, что число сокращеній мускула точно соотвѣтствуетъ числу колебаній тока за тотъ-же промежутокъ времени. Даже въ тѣхъ случаяхъ, когда сокращенія складываются въ тетанусъ съ ясно выраженными зигзагами, можно констатировать подтвержденіе того-же закона—продолжительность каждаго зигзага соотвѣтствуетъ продолжительности одного „полнаго“ колебанія тока.

Такъ какъ одно „полное“ колебаніе тока состоитъ изъ двухъ фазъ раздраженія—„положительной“ и „отрицательной“, то казалось-бы страннымъ, почему на эти двѣ фазы раздраженія приходится только одно сокращеніе мускула. Этотъ вопросъ тщательно изучался Fleischl'емъ и Fuhr'омъ.

По смыслу закона Du Bois Reymond'a „объ электрическомъ раздраженіи нервовъ“ можно было бы ожидать, что разъ колебаніе тока совершается съ достаточной быстротой, оно непременно должно дѣйствовать раздражающимъ образомъ независимо отъ того, происходитъ-ли колебаніе тока въ формѣ нарастанія его отъ

нуля до опредѣленнаго maximum'a, или-же наоборотъ—въ формѣ ослабленія его. Въ самомъ дѣлѣ, Du Bois Reymond, при своихъ опытахъ со Schwankungstheochord'омъ, фактически доказалъ, что нервъ раздражается одинаково какъ „положительнымъ“ колебаніемъ тока, такъ и „отрицательнымъ“.

Но уже Fleischl, повидимому, убѣдился, что дѣло обстоитъ совершенно иначе. Онъ утверждаетъ, что только одно наростаніе тока, герр. „положительное“ колебаніе его, служитъ раздражителемъ нерва; періодъ-же ослабленія тока, повидимому, не обладаетъ никакими раздражающими свойствами. Свое положеніе онъ основываетъ на томъ, что „die Reaction des Muskels während der ganzen Dauer der Stromschwankung in einer einzigen Zusammenziehung besteht“<sup>1)</sup>. Процессъ возбужденія нерва онъ объясняетъ слѣдующимъ образомъ: колебаніе тока, проходящее черезъ нервъ въ формѣ наростанія съ извѣстной крутизной, не вызываетъ никакого эффекта до того момента, пока токъ не достигнетъ извѣстной высоты; въ послѣднемъ случаѣ появляется сокращеніе мускула, которое обыкновенно имѣетъ большое сходство съ сокращеніемъ, вызваннымъ индукціоннымъ ударомъ. На дальнѣйшее-же наростаніе тока и послѣдующее затѣмъ ослабленіе его съ той-же крутизой, съ какой онъ раньше наросталъ, мускуль все время остается въ покоѣ<sup>2)</sup>. Такимъ образомъ, въ продолженіе одного „полнаго“ колебанія тока, мускуль отвѣчаетъ только однимъ сокращеніемъ.

Но уже Fuhr, экспериментируя съ тѣмъ-же Ortho-Rheopt'омъ, ввелъ поправки въ положеніе Fleischl'я по данному вопросу.

Изъ своихъ опытовъ Fuhr выводитъ то заключеніе, что не одно только „положительное“ колебаніе тока служитъ раздражителемъ

<sup>1)</sup> Fleischl. Sitzungsber. der Wiener akad. d. wiss. 1880 г. 3 abth. 138 стр.

<sup>2)</sup> Fleischl. l. c. 138—9 стр.

и вызываетъ сокращеніе мускула, но раздражаетъ также и „отрицательное колебаніе“. Послѣднее только сопровождается гораздо слабѣйшимъ эффектомъ, который очень часто даже можетъ совершенно отсутствовать. Съ другой-же стороны, если „отрицательное“ колебаніе вызываетъ сокращеніе, то послѣднее не является отдѣльнымъ, вполне обособленнымъ, но сливается съ сокращеніемъ, вызваннымъ „положительнымъ“ колебаніемъ тока.

Слитіе или суммирование между собой двухъ сокращеній происходитъ совершенно своеобразнымъ способомъ, не подчиняющимся общимъ законамъ суммированія сокращеній.

Все-таки Fuhr не отрицаетъ того факта, что и „отрицательное“ колебаніе тока можетъ обладать такими-же сильными раздражающими свойствами, какъ и „положительное“. Но онъ не беретъ рѣшить, почему, въ одномъ случаѣ, сильнѣе раздражаетъ „положительное“ колебаніе, въ другомъ—„отрицательное“. Онъ говоритъ: „Welche Gründe dafür massgebend sind, dass sich im einem Falle diese, im andern jene Art von Zuckung als Hauptzuckung ausbildet, ist mir bis jetzt nicht zu constatiren gelungen“<sup>1)</sup>. Онъ только наблюдалъ, что при раздраженіи нерва послѣдовательно этими двумя фазами мускуль отвѣчаетъ только однимъ сокращеніемъ, которое онъ называетъ „главнымъ“ (Hauptzuckung). Это „главное“ сокращеніе падаетъ на ту фазу колебанія, которая сильнѣе раздражаетъ безразлично, будетъ-ли она „положительная“ или „отрицательная“; на другую-же фазу раздраженія мускуль отвѣчаетъ слабѣйшимъ сокращеніемъ, которое Fuhr называетъ „вторичнымъ“. Какъ было выше упомянуто, эти два сокращенія—„главное“ и „вторичное“, суммируются между собой такимъ образомъ, что послѣднее какъ бы вѣдряется въ „главное“ сокращеніе, измѣняя его форму. Въ этомъ случаѣ

<sup>1)</sup> Fuhr. Pflüger's Archiv. Bd. 38. 1886 г. 316 стр.

замѣчается или измѣненіе формы верхушки „главнаго“ сокращенія, или—его нисходящей вѣтви. Одинъ разъ приходится наблюдать удлиненіе верхушки (по времени), или-же „вторичную“ верхушку; другой разъ измѣняется нисходящая вѣтвь „главнаго“ сокращенія, при чемъ это измѣненіе можетъ выразиться или въ видѣ яснаго и довольно значительнаго приподнятія ея, или-же—только въ видѣ покатости. При особенно благопріятныхъ условіяхъ, „вторичное“ сокращеніе можетъ быть настолько рѣзко выраженнымъ, что является вполне обособленнымъ, не суммированнымъ съ „главнымъ“ сокращеніемъ. Въ значительномъ-же большинствѣ случаевъ наблюдается та форма суммированія, которая выражается только въ чуть-чуть замѣтномъ возвышеніи нисходящей вѣтви кривой сокращенія, или-же, что еще чаще,—въ образованіи покатости на ней.

Такимъ образомъ, Fuhr могъ точно констатировать, что, помимо „главнаго“ сокращенія, существуетъ и „вторичное“ сокращеніе, которое можетъ быть или ясно видимымъ или скрытымъ. Въ своей статьѣ онъ говоритъ: „Mit Sicherheit ist dagegen zu constatiren, dass, mag nun die Zuckung des wachsenden oder die des abnehmenden Stromes als Hauptzuckung erscheinen, doch keineswegs die andern Zuckungen allemal fehlen <sup>1)</sup>“.

**26.** Такимъ образомъ, на первыхъ порахъ по самому коренному вопросу мы наталкиваемся на результаты двухъ изслѣдованій, взаимно противорѣчащихъ другъ другу. Между тѣмъ, вопросъ этотъ имѣетъ существенное значеніе, такъ какъ съ нимъ находятся въ тѣсной зависимости вопросы о продолжительности мускульнаго сокращенія при раздраженіи нерва волнотокомъ и объ образованіи тетануса при тѣхъ-же условіяхъ раздраженія.

Изслѣдованія, предпринятые нами въ этомъ направленіи, потребовали нѣкоторыхъ измѣненій въ постановкѣ опыта для той цѣли,

<sup>1)</sup> 1. с. 216 стр.

чтобы по возможности точно каждый разъ можно было бы опредѣлять тотъ моментъ раздраженія, на который падаетъ начало сокращенія мускула. Для этой цѣли необходимо было выбирать такіе лягушечьи препараты, которые, будучи очень раздражительными, отвѣчали бы сокращеніемъ даже на медленные колебанія тока.

Далѣе, чтобы точнѣе уловить моментъ начала сокращенія, необходимо было значительно увеличить скорость вращенія записывающаго цилиндра и ввести такой счетчикъ, который бы отмѣчалъ каждый разъ различные моменты положенія верхняго электрода Кимореонома.

Первое условіе достигалось тѣмъ, что нервно-мускульные препараты готовились отъ большихъ весеннихъ лягушекъ (опыты производились въ апрѣлѣ и маѣ). Для второй цѣли, я увеличивалъ скорость вращенія записывающаго цилиндра до 50 миллиметровъ въ одну секунду. Наконецъ, для послѣдней цѣли я пользовался особо устроеннымъ электромагнитнымъ счетчикомъ, подробно описаннымъ во второй главѣ (стр. 45), который во время одного „полнаго“ колебанія тока дѣлаетъ на вращающемся цилиндрѣ четыре знака: два знака соотвѣтствуютъ двумъ крайнимъ положеніямъ подвижнаго электрода Кимореонома, resp. maximum'у и minimum'у колебанія силы тока; два другихъ знака соотвѣтствуютъ двумъ среднимъ положеніямъ того-же электрода.

При этихъ опытахъ нервъ обыкновенно раздражался слабыми токами въ восходящемъ направленіи; колебанія тока употреблялись по возможности медленные (до 2-хъ колеб. въ сек.).

Все опыты, предпринятые въ этомъ направленіи, дали совершенно согласные между собою результаты; одинаковость результатовъ нисколько не зависѣла ни отъ амплитуды колебаній тока, ни отъ направленія его по нерву, ни отъ мѣста нерва, гдѣ происходило раздраженіе. На основаніи этихъ опытовъ можно съ

точностью констатировать, что „главное“ сокращение (въ смыслѣ Fuhr'a) соотвѣтствуетъ только „положительной“ фазѣ колебанія тока; ни при какихъ случаяхъ мнѣ не приходилось наблюдать, чтобы „главное“ сокращение падало на „отрицательную“ фазу.

Изъ цѣлаго ряда опытовъ, подтверждающихъ этотъ выводъ, я приведу только нѣкоторые.

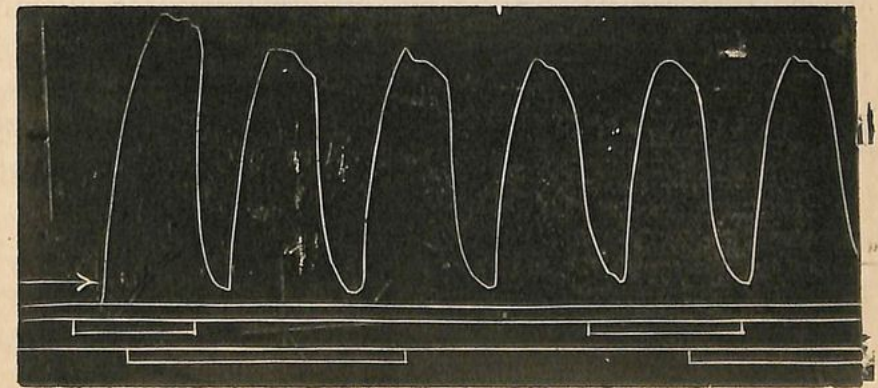
**Опытъ 12-й.** Кривыя на таб. III-й и IV-й получены при очень медленныхъ колебаніяхъ тока отъ различныхъ нервно-мышечныхъ препаратовъ при раздраженіяхъ нерва слабыми токами въ нижней части его и въ восходящемъ направленіи. Отмѣтки электромагнитнаго счетчика подъ абсциссой указываютъ на различныя моменты положенія верхняго электрода Кимореонома; стрѣлки внизъ показываютъ на опусканіе этого электрода, гезр. на усиленіе тока („положительная“ фаза); стрѣлки вверхъ—на поднятіе его, т. е. на ослабленіе тока („отрицательная“ фаза). Во всѣхъ приведенныхъ кривыхъ частота колебаній не достигаетъ двухъ въ сек. Гальваническій токъ сразу вѣдряется въ нервъ въ формѣ волнотока вмѣстѣ съ замыканіемъ его (безъ предварительнаго пропусканія постоянного тока черезъ нервъ).

На приведенныхъ кривыхъ мы можемъ точно констатировать одно и то же явленіе: начало сокращенія во всѣхъ случаяхъ падаетъ на періодъ усиленія тока (на „положительную“ фазу). Первое поднятіе кривой отвѣчаетъ моменту замыканія батарейнаго тока и затѣмъ уже дальнѣйшія сокращенія, періодически слѣдующія другъ за другомъ, точно соотвѣтствуютъ отдѣльнымъ колебаніямъ тока. На кривой 3-ей (таб. III-ей) сокращеніе, вызванное простымъ замыканіемъ тока, въ началѣ своего ослабленія вновь подхватывается идущей вслѣдъ волной раздраженія, которая соотвѣтствуетъ „положительной“ фазѣ. Даже въ тѣхъ случаяхъ, когда сокращенія складываются въ тетанусъ, какъ напр. на кривыхъ 2-ой и 3-ей (таб. IV-ая) и тамъ можно наблюдать, что отдѣльные подъемы кривой падаютъ на періодъ усиленія тока.

27. Опыты показываютъ однако, что сокращеніе вовсе не совпадаетъ съ началомъ „положительной“ фазы; на кривыхъ ясно видно, что въ періодъ нарастанія тока мускуль, въ продолженіе опредѣленнаго промежутка времени, остается въ покоѣ, и сокращеніе наступаетъ только тогда, когда верхній электродъ Кимореонома пройдетъ около половины своего пути, иначе говоря, оно наступаетъ, приблизительно, въ послѣднемъ періодѣ нарастанія тока.

Фактъ этотъ находится въ подлѣйшемъ согласіи съ упомянутымъ выше положеніемъ Fleischl'я, что сокращеніе мускула наступаетъ въ тотъ моментъ, когда нарастаніе тока достигаетъ извѣстной высоты.

Во всѣхъ случаяхъ приходится наблюдать, что мускульное сокращеніе не заканчивается съ моментомъ окончанія нарастанія тока, но всегда распространяется и на слѣдующую „отрицательную“ фазу, такъ что продолжительность періода всего сокращенія мускула приблизительно совпадаетъ съ временемъ протеканія двухъ фазъ (нарастанія и ослабленія тока). Этотъ фактъ находится въ



Кр. 31-я.

противорѣчію съ тѣмъ замѣчаніемъ Fleischl'я, гдѣ онъ говоритъ, что сокращеніе мускула, вызванное „положительной“ фазой „hat

gewöhnlich die grösste Ähnlichkeit mit der auf einen Inductions-Schlag erfolgenden Zuckung und während nun der Strom im Nerven mit der gegebenen Steilheit weiter ansteigt, erschläft der Muskel wieder und bleibt in Ruhe <sup>1)</sup>.

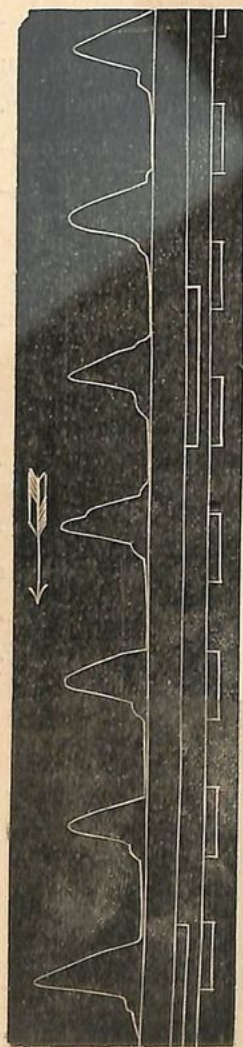
Но затѣмъ тутъ-же онъ замѣчаетъ: „nur erstreckt sich die Dauer der Zuckung oft weit in die späteren Reizphasen hinein“ <sup>2)</sup>. Легко видѣть, что только это послѣднее замѣчаніе его находится въ полномъ согласіи съ нашими фактами. Напротивъ, ни въ одномъ случаѣ не приходилось наблюдать, чтобы сокращеніе, вызванное колебаніемъ тока, по своей продолжительности соответствовало бы сокращенію—отъ индукціоннаго удара.

Кривыя, приведенныя на таблицѣ III-ей, состоятъ изъ одиночныхъ изолированныхъ другъ отъ друга сокращеній, которыя по формѣ своей напоминаютъ правильные равнобедренные треугольники. Судя по этимъ сокращеніямъ, можно было бы думать, что „отрицательная“ фаза колебанія не обладаетъ никакими раздражающими свойствами въ виду полного отсутствія какого-либо эффекта. Но приведенныя ниже кривыя приблизительно показываютъ, что „отрицательное“ колебаніе также сопровождается эффектомъ, который обнаруживается сокращеніемъ мускула, но только въ слабѣйшей степени.

Такъ напр. кривая 31-ая представляетъ намъ такія измѣненія формы верхушекъ въ главныхъ сокращеніяхъ, которыя уже раньше

<sup>1)</sup> Fleischl. Wiener Akad. Ber. III Abth. 1880 г. 133 стр.

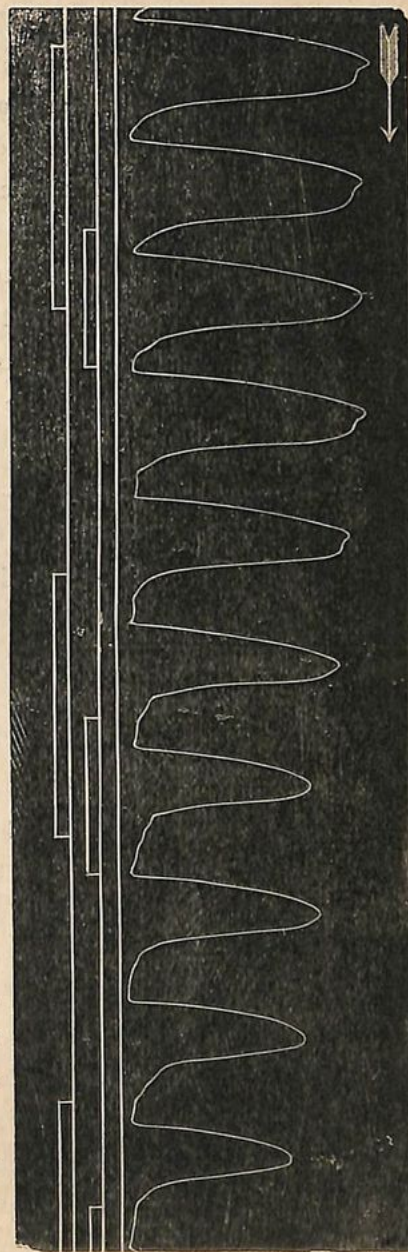
<sup>2)</sup> I. с. 138 стр.



Кр. 32-я.

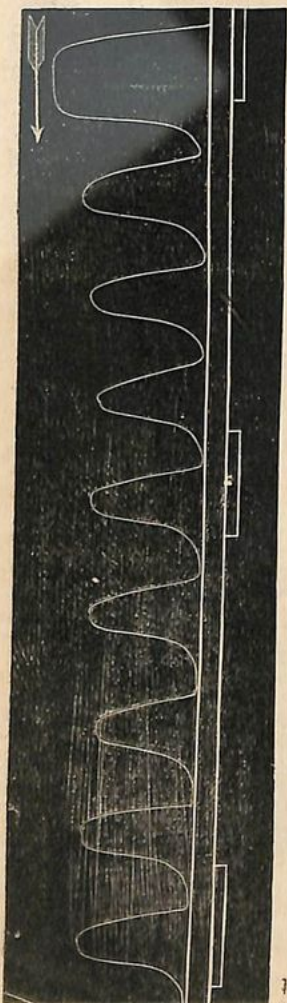
описалъ Fuhr и привелъ ихъ въ связь съ раздражающимъ дѣйствіемъ „отрицательной“ фазы колебанія. Эти верхушки являются или растянутыми, или-же представляютъ вторичныя приподнятія съ сѣдлообразнымъ углубленіемъ въ серединѣ. Въ другихъ случаяхъ, дѣйствіе „отрицательной“ фазы обнаруживается въ образованіи вторичныхъ сокращеній на нисходящей вѣтви „главнаго“ (соответствующей ослабленію мускула). Нагляднымъ примѣромъ послѣдней формы суммированія служитъ кривая 32-ая. Гораздо чаще, вмѣсто вторичныхъ сокращеній приходится наблюдать образованіе покатости въ концѣ нисходящей вѣтви (у абсциссы). Кривая 33-ая представляетъ постепенное образованіе этой покатости съ каждымъ послѣдующимъ сокращеніемъ. Въ началѣ еще замѣтно легкое приподнятіе кривой въ этомъ мѣстѣ, но затѣмъ оно сглаживается и только кое-гдѣ образуется легкая волнистость.

Въ громадномъ большинствѣ случаевъ приходится наблюдать только вышеупомянутую покатость на нисходящей вѣтви каждаго отдѣль-



Кр. 33-я.

наго сокращения, такъ что подобную форму кривой сокращения мы должны признать типической при условіяхъ раздраженія нерва волнотокомъ въ обширномъ значеніи этого слова; я говорю такъ потому, что подобная форма сокращеній наблюдалась какъ



Кр. 34-г.

Fuhr'омъ, такъ и Fleischl'емъ. Эта типическая форма сокращения мускула особенно рельефно изображена на кривой 34-ой. При бѣльшей частотѣ колебаній тока вторичныя сокращения дѣлаются мало замѣтными, и присутствіе ихъ гораздо труднѣе обнаружить; въ силу этого приходится наблюдать, что на двѣ фазы раздраженія мускула отвѣчаетъ однимъ сокращеніемъ. Хотя и въ этихъ случаяхъ при особенно благоприятныхъ условіяхъ можно замѣтить присутствіе „вторичныхъ“ сокращеній (см. кр. 11, 23).

Пока невозможно опредѣлить, почему въ однихъ случаяхъ появляются вторичныя сокращения, въ другихъ—ихъ нѣтъ; далѣе, почему одинъ разъ онѣ ясно видимы, другой разъ скрыты (latent); быть можетъ, причина этого явленія кроется въ индивидуальныхъ особенностяхъ нервно-мускульнаго препарата, какъ это предполагаетъ Fuhr.

Теперь спрашивается, почему Fleischl при своихъ опытахъ не наблюдалъ вторичныхъ сокращеній? Причина этого станетъ понятной, если припомнить способы записыванія сокращеній, которыми пользовались Fleischl и

Fuhr. Сокращения, которыя получалъ Fleischl, записывались на вращающемся цилиндрѣ не въ увеличенномъ видѣ; понятно, что они

были очень мелки; кромѣ того, скорость вращенія записывающаго цилиндра была незначительна. Наоборотъ, Fuhr записывалъ сокращения, увеличенныя въ нѣсколько разъ (до  $4\frac{1}{2}$  разъ) и при 26 мм. скорости вращенія записывающаго цилиндра.

Тѣмъ не менѣе однако, на нѣкоторыхъ кривыхъ, полученныхъ Fleischl'емъ<sup>1)</sup>, съ точностью можно констатировать присутствіе „вторичныхъ“ сокращеній или покатоности въ той формѣ, въ какой наблюдалъ ихъ Fuhr. Видимо, что Fleischl не придавалъ имъ никакого значенія и нигдѣ объ нихъ въ своей статьѣ не упоминаетъ.

28. Вышеописанный способъ суммированія „главныхъ“ и „вторичныхъ“ сокращеній между собой является на столько новымъ и страннымъ, что Fuhr по этому поводу замѣчаетъ: „Im ersten Augenblick klingt dies vielleicht etwas absurd, und in der That könnte es nach den allgemein üblichen Vorstellungen von Summation der Reize, wie sie z. B. gewöhnlich bei Tetanus vorkommt, unwahrscheinlich erscheinen“<sup>2)</sup>.

Чѣмъ объяснить это явленіе? Почему сокращеніе, развившееся дѣйствіемъ „отрицательной“ фазы, не является въ видѣ отдѣльнаго, обособленнаго сокращения, а всегда „наложеннымъ“, слитымъ съ „главнымъ“?

Если-бы сокращеніе, вызванное „положительной“ фазой, было бы сходно по времени съ сокращеніемъ—отъ индукціоннаго удара, какъ это утверждаетъ Fleischl (см. 120 ст.), тогда понятно, мускула пришелъ-бы въ покойное состояніе прежде, чѣмъ наступитъ второе раздраженіе (отъ „отрицательной“ фазы); въ этомъ случаѣ мы получили-бы два сокращения—„главное“ и „вторичное“, вполне изолированныя другъ отъ друга. Но на самомъ дѣлѣ этого никогда не бываетъ: періодъ сокращенія мускула во всѣхъ случаяхъ

<sup>1)</sup> Sitz. ber. d. W. Akad. III Abth. 1880, r. 133 стр.

<sup>2)</sup> Pflüger's Arch. Bd. 38, 1886 г. стр. 316.

продолжается все время, пока через нервъ проходитъ одно „полное“ колебаніе тока. На кр. 1-ой, 2-ой и 3-ей (таб. III-я) легко видѣть, что расслабленіе мускула всегда падаетъ на отрицательную фазу и приблизительно равняется ей по времени. Fleischl упоминаетъ объ этой возможности, но не считаетъ ее постоянной. Напротивъ Fuhrg утверждаетъ, что только отъ послѣдняго условія зависитъ „ob die folgenden Reize in den Anstieg, die Kuppe oder den Abfall der Hauptzuckung zu liegen kommen“<sup>1)</sup>.

Такимъ образомъ, изслѣдованіе причины подобнаго суммированія непосредственно вытекаетъ изъ вопроса о продолжительности сокращенія мускула при раздраженіи нерва колебаніями тока.

29. Мы уже упоминали выше, что Fleischl наблюдалъ растягиваніе періода мускульнаго сокращенія на дальнѣйшія фазы раздраженія, при чемъ были случаи, когда мускуль сокращался „mit höchst auffalender Langsamkeit“, и даже съ большей медленностью, чѣмъ при раздраженіяхъ на очень утомленныхъ мускулахъ. Это явленіе послужило Fleischl'ю исходнымъ пунктомъ для выведенія общаго положенія о зависимости продолжительности сокращенія отъ характера раздраженія.

Fuhrg даетъ этому факту совершенно иное толкованіе: онъ объясняетъ процессъ растягиванія сокращенія просто утомленіемъ нервно-мускульнаго препарата, или-же раздраженіемъ его токомъ такой силы, которая вызываетъ тетанусъ. Онъ такъ-же, какъ и Fleischl, получалъ длительное сокращеніе въ продолженіе 4-ехъ оборотовъ Ortho-rheonom'a; но ясно, что здѣсь дѣло шло не о простомъ одиночномъ сокращеніи, а о суммированномъ, такъ какъ черезъ нервъ проходило не одно раздраженіе, а нѣсколько.

Съ этимъ объясненіемъ нельзя не согласиться; несомнѣнно, что Fleischl имѣлъ дѣло съ короткими тетанусами, а не съ длительными одиночными сокращеніями.

<sup>1)</sup> I. c. 318 стр.

Этотъ вопросъ, представляющій громадный интересъ для объясненія механизма дѣйствія волнотокъ на мускульное сокращеніе, требуетъ для своего рѣшенія такой постановки опыта, при которой возможно было-бы исключить какъ вліяніе утомленія мускула, такъ и образованіе тетануса (Fuhrg). Въ виду этого опыты производились: 1) при раздраженіи нерва слабымъ батаррейнымъ токомъ, 2) при возможно медленныхъ колебаніяхъ его и 3) на совершенно свѣжихъ нервно-мускульныхъ препаратахъ.

Результаты нашихъ опытовъ могутъ быть формулированы въ слѣдующихъ положеніяхъ:

1) Сокращеніе, мускула, соотвѣтствующее одному „полному“ колебанію тока можетъ протекать сравнительно очень медленно (до 1-ой сек.).

2) Продолжительность такого сокращенія почти равняется времени одного „полнаго“ колебанія тока и увеличивается пропорціонально послѣднему.

Кривая 2-ая (таб. III-я) служитъ образцомъ, подтверждающимъ эти положенія. Каждое сокращеніе соотвѣтствуетъ одному „полному“ колебанію тока, при чемъ продолжительность перваго сокращенія достигаетъ до 1-ой сек. Продолжительность-же сокращеній на другихъ кривыхъ (см. табл. III и IV) приблизительно равняется отъ  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$  сек. Вообще безъ большой погрѣшности можно высказать слѣдующее положеніе: сокращеніе мускула можетъ продолжаться столько-же времени, сколько продолжается одно „полное“ колебаніе тока, какъ-бы медленно послѣднее не происходило, лишь-бы оно было достаточно (по силѣ), чтобы вызвать эффектъ.

Сравнивая между собою продолжительность мускульнаго сокращенія, получаемого одинъ разъ при раздраженіи соотвѣтствующаго нерва колебаніемъ тока, а другой разъ—простымъ замыканіемъ батаррейнаго тока той-же силы, легко можно видѣть, что



продолжительность сокращения въ первомъ случаѣ вдвое, втрое превышаетъ ту-же продолжительность—во второмъ.

Ни одинъ не только электрической, но вообще какой-либо искусственный раздражитель не обладаетъ способностью растягивать кривую сокращения мускула такъ, какъ это имѣетъ мѣсто при раздраженіи нерва колебаніями тока.

Нѣчто подобное представляетъ намъ продолжительность сокращеній красныхъ и бѣлыхъ мускуловъ кролика. Ranvier показалъ, что красные мускулы сокращаются втрое медленнѣе, чѣмъ бѣлые.

Нужно полагать поэтому, что это явленіе лежитъ въ естественныхъ условіяхъ мускульнаго сокращения.

Говоря о продолжительности мускульнаго сокращения, необходимо нужно имѣть въ виду, что на каждое сокращеніе приходится два раздраженія, соотвѣтствующія двумъ фазамъ колебанія тока; въ этомъ обстоятельствѣ нужно искать причину крайней медленности сокращения. Въ виду того, что періодъ расслабленія мускула всегда соотвѣтствуетъ „отрицательной“ фазѣ колебанія, нужно полагать, что раздраженіе послѣднею задерживаетъ процессъ расслабленія мускула или тѣмъ, что одинъ разъ оно вызываетъ ясно выраженныя „вторичныя“ сокращенія, т. е. проявляетъ свое дѣйствіе въ активной формѣ, или-же тѣмъ, что пассивно противодѣйствуетъ быстрому расслабленію мускула. Въ послѣднемъ случаѣ дѣйствіе „отрицательной“ фазы не обнаруживается въ ясно видимой формѣ (см. фиг. 34).

Сопоставляя данныя, полученныя изъ изслѣдованія вопросовъ, изложенныхъ въ этой главѣ, мы можемъ сдѣлать слѣдующіе выводы:

1. Независимо отъ формы сокращеній существуетъ постоянный изохронизмъ сокращеній мускула съ колебаніями раздражающаго тока.

2. Въ случаяхъ образованія тетануса съ ясно выраженными зигзагами, число послѣднихъ точно соотвѣтствуетъ числу колебаній тока за тотъ-же промежутокъ времени.

3. Какъ „положительная“ фаза, такъ и „отрицательная“—обѣ обладаютъ раздражающими свойствами, но не въ одинаковой степени: первая фаза раздражаетъ сильнѣе второй.

4. Наибольшее сокращеніе или „главное“ (въ смыслѣ Fuhr'a) всегда соотвѣтствуетъ „положительной“ фазѣ раздраженія.

5. Даже въ случаяхъ слитія сокращеній въ тетанусъ, начало каждаго зигзага падаетъ на періодъ усиленія тока.

6. Сокращеніе не тотчасъ начинается съ момента усиленія тока, а совпадаетъ съ послѣднимъ періодомъ „положительной“ фазы.

7. Продолжительность одного сокращения приблизительно совпадаетъ съ временемъ протеканія двухъ фазъ, на дальнѣйшія-же раздраженія никогда не распространяется (contra Fleischl).

8. „Отрицательная“ фаза раздраженія вызываетъ болѣе слабое сокращеніе— „вторичное“ сокращеніе, которое опредѣленнымъ образомъ суммируется съ „главнымъ“ сокращеніемъ, обуславливая опредѣленный типъ сокращенія.

9. Продолжительность одного сокращения мускула измѣняется пропорціонально времени протеканія соотвѣтствующаго одного „полнаго“ колебанія тока.

*Примчаніе:* Когда эта статья уже набиралась въ печати, вышла въ концѣ прошлаго года новая работа Grützner'a<sup>1)</sup>, которая близко касается изучаемаго нами вопроса. Онъ изслѣдовалъ физиологическое дѣйствіе колебаній тока, получаемыхъ отъ магнито-

<sup>1)</sup> Pflüger's Arch. Bd. 41. 1887 г. стр. 256.

электрическаго аппарата Stöhrer'a. При каждомъ оборотѣ аппарата получаютъ четыре „полныхъ“ колебанія тока, изъ которыхъ два колебанія протекаютъ въ восходящемъ направленіи, а другія два—въ нисходящемъ. Каждое „полное“ колебаніе тока состоитъ изъ двухъ фазъ: фазы наростанія тока и фазы ослабленія его. Затѣмъ, въ продолженіе одного полнаго оборота аппарата, токъ въ двухъ мѣстахъ моментально измѣняетъ свое направленіе съ рѣзкимъ переходомъ отъ одного maximum'a къ другому.

Не смотря однако на различія въ формѣ колебаній тока и во взаимномъ ихъ расположеніи—различія, которыя имѣютъ мѣсто при дѣйствіи магнито-электрическихъ аппаратовъ, Ortho-rheonom'a и Kimo-rheonom'a, все-же, въ существенномъ, результаты, полученные Grützneg'омъ совершенно сходны съ результатами изслѣдованій Fleischl'я, Fuhr'a и мои. Grützneg констатировалъ тотъ фактъ, что при слабомъ токѣ на одинъ полный оборотъ аппарата мускуль отвѣчаетъ только однимъ сокращеніемъ. Опредѣляя моментъ сокращенія, онъ замѣтилъ, что послѣдній (моментъ) всегда соответствуетъ „положительной“ фазѣ колебанія тока (см. мои результаты).

При среднемъ токѣ, онъ наблюдалъ, что мускуль реагировалъ при тѣхъ-же условіяхъ уже двумя сокращеніями, изъ коихъ одно—„главное“, другое-же—„вторичное“. Суммированіе „главнаго“ и „вторичнаго“ сокращенія происходитъ точно такимъ-же образомъ, какъ это наблюдалъ Fuhr.

## ГЛАВА V.

30. Эта глава посвящена изученію тетануса, получаемаго при условіяхъ раздраженія двигательнаго нерва волнотокомъ. Въ этомъ отношеніи тетанусъ обнаруживаетъ совершенно своеобразныя особенности какъ въ условіяхъ образованія, такъ и въ формѣ его. Первые изслѣдованія въ этомъ направленіи были предприняты Fleischl'емъ. Результаты, имъ полученные, становятся въ полное противорѣчіе съ прежними результатами „даже лучшихъ изслѣдованій“ относительно образованія тетануса. При своихъ изслѣдованіяхъ Fleischl замѣтилъ, что мускуль приходитъ въ состояніе тетануса при сравнительно очень рѣдкихъ раздраженіяхъ колебаніями тока въ секунду. Уже при десяти оборотахъ его реонома въ сек. можно было наблюдать тетанусъ. По Fleischl'ю эта частота колебаній лежитъ въ предѣлахъ того minimum'a, при которомъ можно получить тетанусъ. Fuhr также получалъ тетанусъ при этихъ условіяхъ; но онъ это считаетъ и неудивительнымъ, такъ какъ при десяти оборотахъ Rheonom'a нервъ подвергается сорока раздраженіямъ въ сек., (по Fuhr'у „отрицательная“ фаза также дѣйствуетъ какъ раздражитель). Понятно, что и тѣ „длительныя“ сокращенія, которыя Fleischl принималъ за одиночныя, по Fuhr'у есть ничто иное, какъ „короткіе“ тетанусы. Въ виду всего вышесказаннаго, Fuhr считаетъ совершенно излишнимъ приписывать медленно протекающимъ колебаніямъ тока особыя свойства вызывать тетанусъ, какъ это предполагалъ Fleischl.

Вопросъ этотъ представляетъ громаднѣйшій интересъ, такъ какъ съ рѣшеніемъ его связано пониманіе механизма сокращеній мускула, совершающихся въ организмѣ при естественныхъ условіяхъ. Въ виду этого мною были произведены отдѣльные опыты съ цѣлью рѣшить вопросъ: при какой наименьшей частотѣ колебаній тока еще возможно получить сліянiе отдѣльныхъ сокращеній въ тетанусъ.

Ту частоту колебаній тока, которую Fleischl считалъ за наименьшую, по Fuhr'у нельзя принимать за таковую. Для рѣшенія поставленнаго вопроса объектомъ для раздраженій выбирались свѣжіе нервно-мускульные препараты, приготовленные отъ большихъ весеннихъ лягушекъ; опыты производились при большой скорости вращенія записывающаго цилиндра и при возможно малой частотѣ колебаній тока, достаточной, впрочемъ, для полученія сокращенія мускула. Нервно-мускульные препараты выбирались для этихъ опытовъ такіе, которые не приходили въ состояніе гальванотонуса при прохожденіи постояннаго тока черезъ соотвѣтствующій нервъ. Волнотокъ вѣдрялся въ нервъ въ моментъ замыканія батарейнаго тока. Для образца приведены только нѣсколько кривыхъ на таблицѣ IV-ой. Первая кривая получена приблизительно при 4-ехъ „полныхъ“ колеб. тока въ сек. (длина сек. = 40 мм.). Этотъ тетанусъ состоитъ изъ ясно выраженныхъ зигзаговъ, число которыхъ точно соотвѣтствуетъ числу колебаній тока за тотъ-же промежутокъ времени. Но эта частота колебаній не представляетъ minimum'a той частоты, при которой еще можетъ образовываться тетанусъ. Кривая 2-ая представляетъ тетанусъ, полученный приблизительно при  $1\frac{1}{2}$  колебаніяхъ тока въ секунду; 3-я-же кривая представляетъ уже сплошной тетанусъ съ едва замѣтной волнистостью приблизительно при той-же частотѣ колебаній, какъ и на предъидущей кривой.

Во всѣхъ трехъ кривыхъ первый моментъ поднятія кривой до опредѣленной высоты совпадаетъ съ моментомъ замыканія батарейнаго тока. Кривая или остается на этой высотѣ, какъ напр. на 2-ой, или-же опускается къ абсциссѣ и затѣмъ вновь поднимается до той-же высоты, какъ напр. на кривыхъ 1-ой и 3-ей. Такимъ образомъ, съ опредѣленностью можно констатировать тотъ фактъ, что волнотокъ, при относительно очень медленныхъ колебаніяхъ его, обладаетъ способностью приводить мускуль въ тетанически сокращенное состояніе. Причина этого явленія, по всей вѣроятности, лежитъ въ способности волнотока растягивать кривую мускульнаго сокращенія, какъ это было нами указано въ IV-ой главѣ. Въ этомъ отношеніи нельзя не согласиться съ замѣчаніемъ Fleischl'я, что причина образованія тетануса при подобныхъ условіяхъ коренится въ особенныхъ свойствахъ волнотока, какъ физиологическаго раздражителя.

**31.** Чрезвычайно интереснымъ фактомъ является другое наблюденіе, впервые констатированное Fleischl'емъ; я говорю о своеобразной формѣ, въ которую складывается тетанусъ подъ вліяніемъ раздраженія волнотоккомъ. Эта форма еще ни разу не наблюдалась при дѣйствіи на нервъ какихъ-либо до сихъ поръ извѣстныхъ электрическихъ раздражителей. Какъ извѣстно, до послѣдняго времени существовалъ только одинъ способъ складыванія сокращеній въ тетанусъ—способъ, который былъ обобщенъ Helmholtz'емъ въ формѣ закона „суммированія сокращеній“.

Законъ этотъ формулированъ Helmholtz'емъ слѣдующимъ образомъ: „второе maximum'ное раздраженіе, которое падаетъ на мускуль прежде, чѣмъ окончилось дѣйствіе перваго раздраженія, дѣйствуетъ на него такимъ образомъ, какъ будто-бы длина, которую имѣетъ послѣдній въ моментъ, когда подѣйствовало второе раздраженіе, была-бы его естественной длиной“. На основаніи этого закона слѣдуетъ,

что каждое отдѣльное раздраженіе не въ состояніи вызвать maximal'ное сокращеніе, и далѣе, что два раздраженія, идущія тотчасъ одно за другимъ, вызываютъ болѣе сильное сокращеніе мускула, чѣмъ это могло-бы сдѣлать одно раздраженіе.

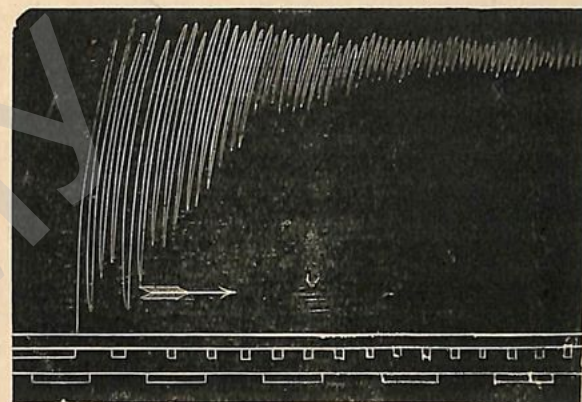
Совсѣмъ не то мы видимъ при раздраженіи нерва волнотокомъ. Въ этомъ случаѣ уже одно раздраженіе въ состояніи поднять мускулъ до опредѣленнаго maximum'a, а слѣдующее раздраженіе, идущее вслѣдъ за первымъ, уже не увеличиваетъ этого maximum'a, а оставляетъ его на той-же высотѣ. Для этихъ случаевъ Fleischl вывелъ другой законъ, который формулированъ имъ такъ: „Der zweite Reiz bringt den Muskel von dem Contractionszustande, in dem er ihn trifft, in denjenigen, in welchen er ihn auch gebracht hätte, wenn er ihn in erschlafte[m] Zustande gefunden hätte“<sup>1)</sup>. Этотъ законъ формулированъ для тѣхъ тетанусовъ, которые образуются подъ вліяніемъ раздраженія „линейными“ колебаніями тока. Но совершенно по тому-же закону складывается тетанусъ, получаемый при той формѣ волнотокъ, которая имѣла мѣсто въ нашихъ опытахъ; слѣдовательно, этотъ законъ примѣнимъ не только въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ колебанія тока линейныя, но также и въ тѣхъ, гдѣ они протекаютъ по кривой.

Для доказательства того, что тетанусъ точно также образуется по закону Fleischl'я при раздраженіи нерва кимореономическимъ токомъ, я приведу нѣсколько кривыхъ, полученныхъ отъ различныхъ нервно-мускульныхъ препаратовъ. Кривыя 24-ая, 29-ая, 30-ая могутъ служить образцами для тетанусовъ подобнаго рода. Здѣсь легко видѣть, что кривая сразу поднимается до своей maximal'ной высоты и затѣмъ, при дальнѣйшемъ раздраженіи волнотокомъ, она только удерживается на этой высотѣ. На этихъ кривыхъ раздраженіе волнотокомъ начинается спустя нѣсколько секундъ послѣ замыканія батарейнаго тока. Очевидно, поэтому, что пер-

<sup>1)</sup> Sitz. ber. d. Ak. d. Wiss. Bd. 82. III Abth. 1880 г. стр. 149.

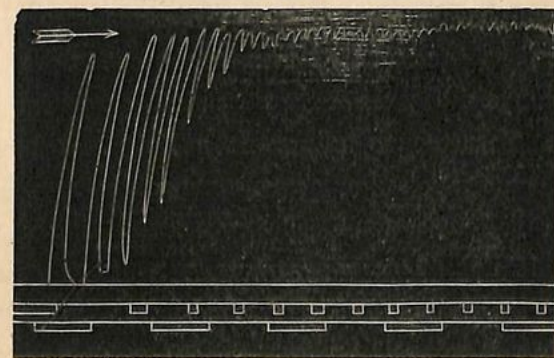
вое maximal'ное сокращеніе на кривыхъ тетануса соотвѣтствуетъ уже раздраженію волнотокомъ.

Особенный интересъ представляютъ кривыя 35-ая и 36-ая, гдѣ наглядно можно прослѣдить процессъ образованія тетануса. На



Кр. 35-я

этихъ кривыхъ замыкательное сокращеніе было получено за нѣсколько секундъ до раздраженія волнотокомъ, такъ что первое сокращеніе уже падаетъ на раздраженіе послѣднимъ. Первыя



Кр. 36-я.

нѣсколько колебаній протекаютъ медленно, затѣмъ они учащаются до опредѣленной скорости соотвѣтственно ускоренію движенія Кимореонома. До тѣхъ поръ, пока колебанія тока протекаютъ

медленно, кривая каждого отдѣльнаго сокращенія при своемъ паденіи успѣваетъ еще доходить почти до абсциссы; но по мѣрѣ того какъ скорость колебаній постепенно учащается, нисходящая вѣтвь каждого послѣдующаго сокращенія дѣлается все короче и наконецъ достигаетъ опредѣленной высоты надъ абсциссой, на которой затѣмъ она и остается. Такимъ образомъ, максимальная высота для всѣхъ сокращеній приблизительно остается одна и та-же, между тѣмъ какъ нисходящая вѣтвь, соответствующая расслабленію мускула все болѣе и болѣе укорачивается. Если соединить одною линіею точки нисходящихъ вѣтвей, то послѣдняя схематически будетъ располагаться подъ большимъ или меньшимъ угломъ къ абсциссѣ. Сравнивая между собою тетанусы—одни, полученные по закону Helmholtz'a, другіе—по закону Fleischl'я, легко видѣть, что въ первомъ случаѣ увеличивается высота подъема мускула при неизмѣнной величинѣ расслабленія его, во второмъ же случаѣ уменьшается величина расслабленія мускула при неизмѣнной величинѣ подъема его.

Тѣмъ не менѣе, однако, образованіе тетануса только по закону Fleischl'я при условіяхъ раздраженія двигательнаго нерва волнотокомъ не имѣетъ абсолютнаго значенія: очень часто приходится наблюдать тетанусы, образованные также по закону superpositi'o Helmholtz'a. То же самое наблюдалъ и Fuhr, именно, что подъ влияніемъ раздраженія волнотокомъ, тетанусъ можетъ складываться какъ по тому, такъ и по другому закону. Кривыя 5-ая, 6-ая, 9-ая, 12-ая, 17-ая, 21-ая и другія представляютъ намъ тетанусы, образованные по закону Helmholtz'a. Очень часто приходится наблюдать, что одинъ и тотъ-же нервно-мускульный препаратъ одинъ разъ даетъ тетанусъ по одному закону, другой разъ по другому. Пока еще трудно точно опредѣлить, почему одинъ разъ тетанусъ складывается такъ, а другой разъ—иначе. Изъ опытовъ только выяснилось, что пока нервно-мускульный препаратъ свѣ-

жій, тетанусъ чаще всего складывается по закону Fleischl'я, наоборотъ, если препаратъ утомленъ, то тетанусъ складывается по второму закону. Для того-же, чтобы въ послѣднемъ случаѣ получился тетанусъ, необходимо увеличить или силу тока, пли-же частоту колебаній его въ секунду.

**32.** Тетанусы, получаемые при раздраженіи двигательнаго нерва волнотокомъ, Fleischl разсматриваетъ какъ „субмаксимальные“. Сравнивая среднюю высоту тетануса съ высотой сокращенія мускула отъ замыканія и размыканія батаррейнаго тока, онъ находилъ, что первая высота всегда меньше второй. Опыты, которые онъ привелъ въ доказательство этого положенія, заключались въ томъ, что во время раздраженія двигательнаго нерва волнотокомъ онъ внезапно прерывалъ послѣдній и затѣмъ опять замыкалъ. На эти перерывы тока мускуль отвѣчалъ гораздо сильнѣйшими сокращеніями<sup>1)</sup>.

Fuhr, исходя изъ своихъ наблюденій, не соглашается съ тѣмъ, чтобы разсматривать эти тетанусы какъ субмаксимальные. Онъ въ точности воспроизводилъ опыты Fleischl'я, и ему не удавалось „durch plötzliches Hereinbrechenlassen eines Stroms höhere Zuckungen zu erzielen, als der unvollkommene Tetanus war“<sup>2)</sup>. Даже высота тетануса, полученнаго отъ раздраженія индукціоннымъ токомъ, не была выше тетануса—отъ раздраженія волнотокомъ.

Для рѣшенія этого вопроса мною предприняты были сравнительныя измѣренія высоты тетануса, получаемаго при раздраженіи двигательнаго нерва волнотокомъ и высоты одиночнаго сокращенія, вызываемаго простымъ замыканіемъ батаррейнаго тока той-же силы. Замыкательное сокращеніе мускула всегда получалось за нѣсколько секундъ до раздраженія нерва волнотокомъ. Почти во всѣхъ случаяхъ мнѣ пришлось наблюдать одно и то же явленіе:

<sup>1)</sup> Fleischl. Sitz. ber. d. W. Ak. d. Wiss. Bd. 82. 3 Abth. 1880 г. стр. 152.

<sup>2)</sup> Fuhr. Pflüger's Arch. Bd. 38. 1886 г. стр. 319.

высота тетануса, образованнаго по закону Fleischl'я, никогда не достигаетъ высоты одиночнаго сокращенія, получаемаго при простомъ замыканіи тока. Наоборотъ, высота тетануса, образованнаго по закону Helmholtz'a, почти всегда превышаетъ высоту одиночнаго замыкательнаго сокращенія. При анализѣ кривыхъ, приведенныхъ выше (см. группы опытовъ), были даны количественныя измѣренія этихъ высотъ.

Помимо этого, при своихъ опытахъ мнѣ часто приходилось наблюдать, что рядомъ съ тетанусомъ, образованнымъ по закону Fleischl'я, легко получаютъ тетанусы съ гораздо большей высотой, если увеличена будетъ или сила тока, или частота его колебаній. Такимъ образомъ, наши опыты дали результаты, совершенно согласныя съ результатами опытовъ Fleischl'я. Несомнѣнно, что тетанусы, образованные по его закону, слѣдуетъ принять за субмаксимальныя. Этотъ фактъ имѣетъ громадное значеніе, такъ какъ имъ обнаруживается новое свойство мускула—приходить въ состояніе тетануса при небольшомъ напряженіи его силъ.

## ГЛАВА VI.

**33.** Въ этой главѣ я намѣренъ сдѣлать нѣсколько краткихъ замѣчаній относительно одного интереснаго факта, который мнѣ пришлось наблюдать при своихъ изслѣдованіяхъ.

Въ 4-ой главѣ мною уже было упомянуто о томъ, что мускуль въ состояніи тетануса обладаетъ способностью вибрировать изохронно съ числомъ сообщаемыхъ ему импульсовъ въ формѣ колебаній гальваническаго тока. Вибрація мускула, какъ легко замѣтить на приведенныхъ выше кривыхъ, выражается въ формѣ мелкихъ сокращеній его, изъ которыхъ каждое соотвѣтствуетъ одному зигзагу на кривой.

Фактъ этотъ былъ раньше извѣстенъ въ физиологій и точно формулированъ Helmholtz'емъ. Послѣдній наблюдалъ явленія искусственнаго мышечнаго тона при различной частотѣ раздраженія мускула. Результаты своихъ изслѣдованій онъ высказалъ въ слѣдующемъ положеніи: „періодическое движеніе, которое сообщается нерву въ видѣ электрическихъ толчковъ, передается живымъ нервомъ съ неизмѣннымъ періодомъ мышцѣ, а этою послѣднею потомъ переводится въ механическое сотрясеніе, въ звуковыя колебанія“<sup>1)</sup>.

Насъ не интересуетъ въ настоящемъ изслѣдованіи вопросъ о томъ, существуетъ-ли предѣлъ этому изохронизму при значительномъ увеличеніи числа раздраженій; для насъ только важно констатировать тотъ фактъ, что при небольшомъ числѣ раздраженій

<sup>1)</sup> Сит. Введенскій, Телефонич. изслѣд. 1884 г. стр. 25.

почти всегда мускулъ вибрируетъ въ формѣ мелкихъ сокращеній изохронно съ числомъ сообщаемыхъ ему импульсовъ.

Какъ показали наши изслѣдованія, эта вибрація мускула обнаруживаетъ чрезвычайно интересное явленіе; оказывается, что мускулъ (нервъ) не воспроизводитъ фотографически получаемые импульсы въ видѣ сокращеній, но что въ немъ происходятъ особенныя процессы слитія, комбинированія отдѣльныхъ сокращеній въ періоды. Продолжительность каждаго періода больше продолжительности каждаго сокращенія въ отдѣльности. На каждый такой періодъ или волну приходится обыкновенно 6—8 сокращеній. Обыкновенно эти періодическія колебанія сокращеній мускула слѣдуютъ другъ за другомъ въ строго ритмическомъ порядкѣ.

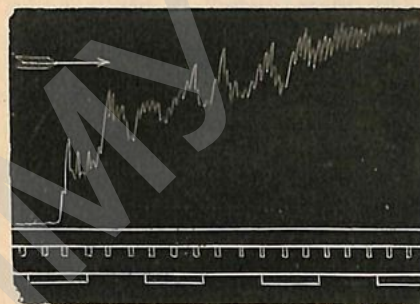
Слитіе сокращеній въ періоды далеко не всегда приходится наблюдать — видимо, это явленіе можетъ обнаруживаться только при особенно благоприятныхъ для насъ еще пока неизвѣстныхъ условіяхъ.

Нагляднымъ примѣромъ этой періодики могутъ служить кривыя 16-ая и 27-ая; здѣсь легко можно наблюдать слитіе отдѣльныхъ сокращеній въ волны, съ правильною періодичностью слѣдующихъ одна за другой. Каждая волна составлена изъ 6—8 зигзаговъ, *геср.* сокращеній. Не менѣе интересна въ этомъ отношеніи кривая 28-ая, гдѣ также замѣтно присутствіе этой періодики.

Обыкновенно, это явленіе приходится наблюдать на свѣжихъ нервно-мускульныхъ препаратахъ при раздраженіи нерва „слабымъ“ токомъ. Гораздо рѣже, это явленіе обнаруживается при раздраженіи нерва волнотокомъ „средней“ силы. Примѣромъ этого случая можетъ служить кривая 20-ая, гдѣ также можно видѣть, хотя въ менѣе рѣзкой формѣ, сліяніе отдѣльныхъ сокращеній въ періоды; каждый изъ этихъ періодовъ состоитъ среднимъ числомъ изъ семи зигзаговъ.

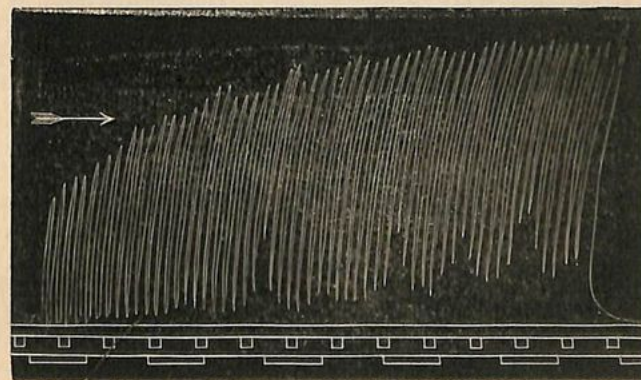
Во всѣхъ случаяхъ, гдѣ приходилось наблюдать образованіе вышеуказанныхъ періодовъ, средняя частота колебаній тока не превышала десяти въ секунду.

Обыкновенно, эта періодика наблюдается въ тѣхъ случаяхъ, когда кривая сокращеній не достигаетъ значительной высоты надъ абсциссой. Въ этомъ отношеніи особенно поучительна кривая 37-ая, гдѣ періодика наблюдается только до тѣхъ поръ, пока сокращенія не достигаютъ определенной высоты надъ абсциссой; при дальнѣйшемъ повышеніи кривой періодика постепенно уже сглаживается.



Кр. 37-я.

Какъ нѣкоторую разновидность въ образованіи періодики, мы позволяемъ себѣ привести кривую 38-ую, которая представляетъ

Кр. 38-я<sup>3</sup>

то же явленіе только въ нѣсколько иной формѣ. На предъидущихъ кривыхъ мы видѣли, что періодика образовывалась изъ линій укороченія мускула различной величины; на кривой-же 38-ой, линіи эти не образуютъ періодики — онѣ сохраняютъ одинаковую

величину размаха; въ періодическую же волну складываются линіи расслабленія мускула.

Особенно рѣзко это явленіе можно наблюдать въ концѣ кривой, гдѣ сокращенія мускула образуютъ ясно выраженные три волны; каждая изъ нихъ составлена изъ семи сокращеній.

Такимъ образомъ, намъ приходится имѣть дѣло съ совершенно новымъ явленіемъ: мускулъ, подъ вліяніемъ раздраженія волнотокъ, независимо отъ отдѣльныхъ мелкихъ сокращеній, изохронныхъ съ числомъ колебаній тока, еще подвергается періодическимъ укороченіямъ, идущимъ другъ за другомъ черезъ равные интервалы.

Хотя факты, сюда относящіеся, еще очень немногочисленны, но они достаточны для того, чтобы служить попыткой, которая, по своей важности, требуетъ дальнѣйшаго самаго тщательнаго изученія

Конечно, прежде всего является вопросъ: не лежатъ-ли условія періодики въ какихъ либо измѣненіяхъ физическихъ свойствъ самаго раздражителя? Но какъ показала тщательная провѣрка— всѣ условія раздраженія остаются неизмѣнными во все время хода опыта. Съ большой вѣроятностью можно предполагать, что условія появленія періодики коренятся въ особенныхъ еще неизвѣстныхъ свойствахъ мускула или нерва.

Фактъ этотъ, если подтвердится дальнѣйшими изслѣдованіями, является совершенно новымъ въ литературѣ по данному вопросу. Въ послѣднее время существуютъ указанія въ литературѣ на то, что мускулъ и нервъ обладаютъ способностью превращать постоянное раздраженіе въ прерывистое и далѣе, прерывистое раздраженіе съ большой частотой модифицировать въ таковое-же раздраженіе, протекающее съ большимъ интерваломъ. Такъ, извѣстно, что постоянное химическое раздраженіе (Бернштейнъ) и раздраженіе постояннымъ токомъ (Греу) модифицируются нервомъ въ прерывистое раздраженіе. Далѣе, опыты Loven'a, Введенскаго и др. показали, что прерывистое раздраженіе мускула (черезъ нервъ),

протекающее съ малымъ интерваломъ модифицируется въ раздраженіе съ большимъ интерваломъ; они доказали это посредствомъ телефоническаго изслѣдованія, при чемъ оказалось, что, при большой частотѣ раздраженія, мышца воспроизводитъ тонъ, не соответствующій числу получаемыхъ импульсовъ, геср. не въ униссонъ, а значительно ниже (на октаву, на двѣ). Отсюда Введенскій выводитъ то положеніе, что „мышечному аппарату необходимо приписать нѣкоторыя свои условія періодики. Пока мышцѣ сообщается небольшое число импульсовъ, она вѣрно воспроизводитъ ихъ періодъ; но когда ихъ число становится больше, она начинаетъ сливать ихъ въ періоды болѣе продолжительныя, чѣмъ періодъ самыхъ импульсовъ“<sup>1)</sup>.

Такимъ образомъ, благодаря капилляръ-электрометру и телефону, обнаружено, что въ мускулѣ и нервѣ происходятъ какіе-то процессы слитія, комбинированія возбужденій.

Фактъ же слитія сокращеній въ періоды, обнаруженный нашими опытами, служитъ только дополненіемъ къ фактамъ уже существующимъ относительно процессовъ комбинированія возбужденій. Являются-ли тѣ и другіе факты по существу совершенно тождественными или они обуславливаются различными свойствами мускула; далѣе, коренятся-ли условія для періодики въ самомъ мускулѣ или нервѣ—рѣшеніе этихъ и другихъ подобныхъ вопросовъ не входитъ въ предѣлы нашей задачи.

**34.** Чтобы закончить настоящей трудъ, намъ остается только сдѣлать сравнительный анализъ между эффектомъ физиологическаго дѣйствія волнотокъ и таковымъ-же дѣйствіемъ постоянного тока по столько, по сколько послѣднее проявляется въ формѣ гальванотонуса. Въ предисловіи уже было замѣчено, что волнотокъ можно разсматривать какъ опредѣленную модификацію постоянного тока, т. е. что первый, собственно говоря, есть тотъ-же постоянный

<sup>1)</sup> 1. с. стр. 26-ая.

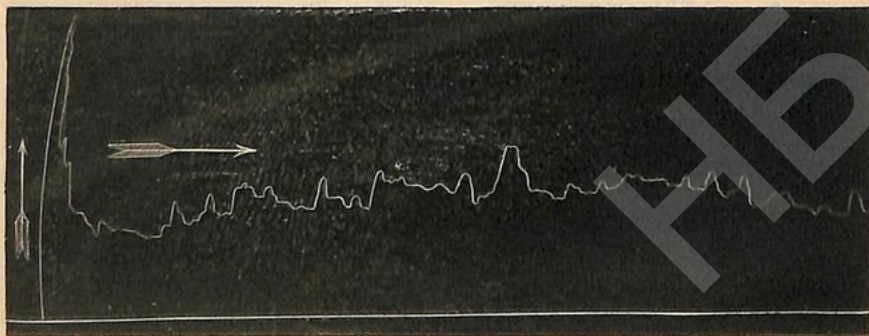


токъ, съ которымъ черезъ равные промежутки времени алгебраически суммируется опредѣленный излишекъ силы тока. Само собою понятно, возможно ожидать, что и физиологическія ихъ дѣйствія будутъ на столько-же различны между собою, на сколько различны ихъ физическія свойства.

Какъ извѣстно, постоянный токъ, проходя черезъ нервъ при извѣстныхъ условіяхъ дѣйствуетъ какъ раздражитель и приводитъ мускуль въ особенное состояніе, которое извѣстно подъ названіемъ „гальванотонуса“.

Такимъ образомъ, ближайшая наша задача сводится къ тому, чтобы провести параллель между „гальванотонусомъ“ и эффектомъ, получаемымъ отъ раздраженія нерва волнотокомъ; кромѣ того, остается опредѣлить условія, благоприятствующія возникновенію того и другого эффекта.

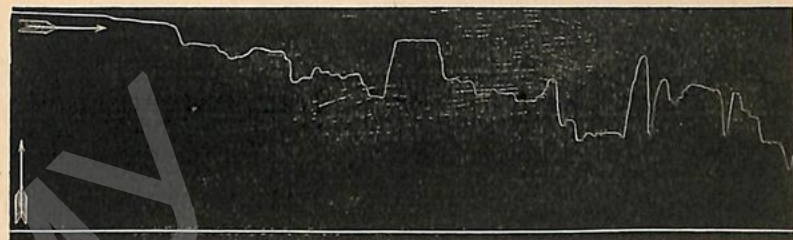
Гальванотонусъ проявляется или въ формѣ отдѣльныхъ сокращеній, или же въ формѣ тетануса. Какъ отдѣльныя сокращенія,



Кр. 39-я.

такъ и тетанусъ чаще всего характеризуются отсутствіемъ ритмичности и правильности въ своихъ формахъ. Кривая 39-ая и 40-ая представляютъ гальванотонусы, полученные при прохожденіи черезъ нервъ постоянного тока „средней“ силы и въ восходящемъ направленіи. На этихъ кривыхъ легко констатировать неправильную форму гальванотонуса.

На основаніи послѣднихъ изслѣдованій различныхъ авторовъ (Freu, Bidermann, Engelmann и др.) было доказано, что должны существовать особенныя благоприятныя условія для того, чтобы



Кр. 40-я.

привести мускуль въ состояніе гальванотонуса. Эти условія касаются силы тока, направленія его, продолжительности раздраженія и наконецъ температуры той среды, въ которой находится лягушка. Даже при соблюденіи всѣхъ вышеупомянутыхъ условій не всегда удается привести мускуль въ состояніе „гальванотонуса“.

Въ виду всего сказаннаго о гальванотонусѣ нельзя смѣшивать физиологическое дѣйствіе волнотока съ таковымъ-же дѣйствіемъ постоянного тока, и эффектъ раздраженія первымъ нельзя разсматривать какъ частный случай гальванотонуса. Уже изъ сказаннаго легко замѣтить громадную разницу въ условіяхъ проявленія эффекта раздраженія постояннымъ токомъ и волнотокомъ. На сколько дѣйствіе постоянного тока носитъ случайный характеръ, на столько дѣйствіе волнотока—постоянно и законномѣрно.

Форма кривой сокращенія въ томъ и другомъ случаѣ носитъ совершенно различный характеръ; хотя и гальванотонусъ можетъ обнаруживаться рядомъ отдѣльныхъ сокращеній, но послѣднія далеко не такъ правильны и законномѣрны, какъ при дѣйствіи волнотокомъ. При раздраженіи нерва повторно постояннымъ токомъ при одинаковыхъ условіяхъ, всякій разъ кривая гальванотонуса будетъ представлять различныя формы. Наоборотъ, я уже раньше привелъ опыты (стр. 72) въ доказательство того положенія, что при

одинаковыхъ условіяхъ раздраженія волнотокомъ мускуль реагируетъ рядомъ сокращеній опредѣленной формы, т. е., что существуетъ опредѣленная, законномѣрная зависимость между свойствами раздражителя и эффектомъ раздраженія.

Какъ иногда наглядно можетъ выразаться разница между дѣйствіемъ постоянного тока и волнотокъ, можно указать на кривую 26-ую; при прохожденіи постоянного тока мускуль реагируетъ гальванотонусомъ, носящимъ крайне неправильный зигзагообразный характеръ; съ началомъ-же колебаній тока кривая гальванотонуса рѣзко обрывается и переходитъ въ рядъ чрезвычайно правильныхъ періодически слѣдующихъ другъ за другомъ сокращеній. Въ тѣхъ случаяхъ, когда мускуль реагируетъ „гальванотонусомъ“ на раздраженіе постояннымъ токомъ, всегда приходилось наблюдать, что съ момента раздраженія волнотокомъ беспорядочныя сокращенія „гальванотонуса“ рѣзко переходятъ въ правильныя, ритмическія.

Въ нижеслѣдующемъ изложены главные выводы, вытекающіе изъ нашихъ изслѣдованій по вышеприведеннымъ вопросамъ:

1. Волнотокъ есть физиологическій раздражитель двигательнаго нерва, и дѣйствіе его вытекаетъ изъ содержанія закона Du Bois Reymond'a „объ электрическомъ раздраженіи двигательнаго нерва“.

2. Волнотокъ представляетъ сложныя условія для раздраженія. Сложность эта обуславливается суммарнымъ дѣйствіемъ нѣсколькихъ специфическихъ для волнотокъ факторовъ, входящихъ въ его составъ, какъ-то: дѣйствіемъ амплитуды волнотокъ, формы и частоты колебаній его. § 8.

3. Все упомянутыя факторы, совокупно съ среднею силою тока, представляютъ независимыя переменныя величины, которыя, различнымъ образомъ комбинируясь между собой, обуславливаютъ чрезвычайное разнообразіе различныхъ видовъ волнотокъ, а также и эффектовъ физиологическаго дѣйствія его на двигательный нервъ. §§ 8, 16.

4. При прочихъ равныхъ условіяхъ раздраженія, каждому измѣненію въ физическихъ свойствахъ волнотокъ (именно, измѣненію какого либо изъ упомянутыхъ факторовъ) соответствуетъ опредѣленное измѣненіе въ общемъ физиологическомъ эффектѣ. § 16.

5. Кимореономъ модифицируетъ постоянный токъ такимъ образомъ, что послѣдній, который обыкновенно представляется въ видѣ прямой линіи, параллельной абсциссѣ, превращается теперь въ рядъ волнъ, ритмически протекающихъ между опредѣленными maximum'омъ и minimum'омъ съ опредѣленной частотой, т. е. получается вышеупомянутый волнотокъ. § 13.

6. Химически чистый глицеринъ не проводитъ электричества: его гальваническое сопротивленіе безконечно велико. Онъ становится проводникомъ по мѣрѣ разведенія его водными растворами солей или непосредственнаго растворенія ихъ въ глицеринѣ (сѣр-

нокислыхъ солей цинка или мѣди); при этомъ, проводимость глицерина, вообще говоря, растетъ до извѣстныхъ предѣловъ съ увеличеніемъ содержанія солей въ немъ. § 11.

7. Глицериновые растворы цинковаго купороса обнаруживаютъ явленія поляризаціи въ крайне ничтожной степени. Указанныя свойства позволяютъ употребленіе глицерина въ реостатахъ и реономахъ. § 12.

8. Введеніе движущагося столба жидкости въ реостатъ представляетъ значительную гарантію въ постоянствѣ проходящаго черезъ него гальваническаго тока. Благодаря же непрерывному удаленію продуктовъ электролиза, сила проходящаго тока постоянно удерживается на своей максимальной высотѣ. § 12.

9. Волнотокъ раздражаетъ двигательный нервъ все время своего прохожденія по немъ. Дѣйствіе это сопровождается рядомъ сокращеній мускула (не-утомленнаго). Обицїй характеръ этихъ сокращеній въ существенныхъ чертахъ заключается въ слѣдующемъ: мускуль не тотчасъ начинаетъ сокращаться въ моментъ прохожденія волнотока черезъ нервъ, а по прошествіи нѣкотораго промежутка времени, соответствующаго „періоду скрытаго раздраженія“ или точнѣе, „періоду покоя мускула“. Время это можетъ колебаться въ широкихъ предѣлахъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

Слѣдующій затѣмъ „періодъ подъема“ кривой мускульныхъ сокращеній можетъ выражаться различнымъ образомъ или сразу въ видѣ крутаго подъема до максимальной высоты, или путемъ медленнаго поднятія кривой, достигающей своей максимальной высоты черезъ значительно бѣльшїй промежутокъ времени, чѣмъ въ первомъ случаѣ, или-же, наконецъ, подъемъ кривой совершенно отсутствуетъ, т. е. кривая каждаго отдѣльнаго сокращенія доходитъ до абсциссы. Вслѣдъ за этимъ періодомъ, начинается рядъ

сокращеній мускула, которыя протекаютъ или изолированно другъ отъ друга, или-же суммируются между собой (тетанусъ). Въ послѣднемъ случаѣ, кривая сокращеній протекаетъ на опредѣленной высотѣ надъ абсциссой. Черезъ нѣкоторый промежутокъ времени, различный для каждаго опыта, кривая сокращеній постепенно приближается къ абсциссѣ, и мускуль, не смотря на продолжающееся раздраженіе, уже остается въ покоѣ (усталость препарата).

10. При непрямомъ раздраженіи мускула волнотокомъ наблюдаются слѣдующія измѣненія въ эффектѣ раздраженія соответственно измѣненію интервала волнотока:

а) „Періодъ скрытаго раздраженія“ или точнѣе, „періодъ покоя“ мускула измѣняется пропорціонально измѣненію интервала волнотока.

б) Въ такомъ-же отношеніи къ интервалу находится размахъ каждаго сокращенія въ отдѣльности.

в) Въ обратномъ отношеніи къ интервалу находятся средняя высота кривой сокращеній и время, въ теченіе котораго мускуль непрерывно отвѣчаетъ рядомъ сокращеній.

д) Эти измѣненія въ эффектѣ раздраженія остаются постоянными при различныхъ силахъ тока и при различныхъ амплитудахъ колебаній его. §§ 18, 19, 20, 21, 22.

11. Измѣненіе амплитуды колебанія тока, при неизмѣнности прочихъ условій раздраженія, сопровождается слѣдующими характеристическими особенностями въ эффектѣ раздраженія:

а) Соответственно увеличенію или уменьшенію амплитуды колебанія тока пропорціонально увеличивается или уменьшается размахъ каждаго отдѣльнаго сокращенія и, рядомъ съ этимъ, средняя высота кривой мускульныхъ сокращеній.

б) Въ случаяхъ, гдѣ мускуль на дѣющееся раздраженіе отвѣчаетъ тетанусомъ, тамъ вліяніе измѣненія амплитуды волнотока

главнымъ образомъ обнаруживается на измѣненіи средней высоты мускульныхъ сокращеній. § 24.

12. На дѣящееся раздраженіе волнотокомъ, протекающимъ въ предѣлахъ той частоты, при которой производились наши изслѣдованія, мускулъ вибрируетъ въ формѣ сокращеній изохронно съ числомъ колебаній тока, такимъ образомъ, что на одно „полное“ колебаніе тока приходится одно сокращеніе мускула.

Какъ рѣдкое исключеніе приходится наблюдать, что сокращеніе мускула съ послѣдующимъ расслабленіемъ его распространяется на дальнѣйшія фазы волнотока. § 33.

13. Начало сокращенія мускула всегда соотвѣтствуетъ „положительной“ фазѣ колебанія тока.

При условіяхъ примѣненной графической регистраціи, сокращеніе мускула начинается не тотчасъ въ началѣ дѣйствія „положительной“ фазы, а спустя нѣкоторый промежутокъ времени. §§ 26, 27.

14. Измѣненіе въ формѣ „главнаго сокращенія“, принятое Fuhg'омъ за „вторичное сокращеніе“ и приведенное въ связь съ раздражающимъ дѣйствіемъ „отрицательной фазы“ въ Orthogoneom'ѣ, наблюдается также и при дѣйствіи кимореономическаго тока на двигательный нервъ. § 26.

15. Каждое отдѣльное сокращеніе, полученное при извѣстныхъ условіяхъ отъ свѣжаго нервно-мускульнаго препарата при дѣйствіи на него волнотока, носитъ опредѣленную форму, которая характеризуется растянутостью во времени и образованіемъ значительной покатости на нисходящей вѣтви кривой сокращенія. § 27.

16. Мускулъ, при непрямомъ раздраженіи волнотокомъ, приходитъ въ тетаническое состояніе при относительно очень рѣдкой частотѣ получаемыхъ имъ импульсовъ (при большомъ интервалѣ волнотока). § 30.

17. Тетанусъ, вызванный раздраженіемъ двигательнаго нерва волнотокомъ, складывается или по закону „суммированія сокращеній“ — Helmholtz'a, или-же по совершенно иному закону, впервые формулированному Fleischl'емъ. § 31.

18. Въ большинствѣ опытовъ оказалось, что на свѣжемъ нервно-мускульномъ препаратѣ и при слабомъ раздраженіи его волнотокомъ (малая сила тока, большой интервалъ) получается тетанусъ по закону Fleischl'я и наоборотъ, на нѣсколько уже утомленныхъ препаратахъ и при увеличеніи силы тока или частоты колебаній его, получается тетанусъ по закону Helmholtz'a. § 31.

19. По отношенію къ высотѣ одиночнаго сокращенія, получаемого отъ замыканія батарейнаго тока, тетанусъ, образованный по закону Fleischl'я, протекаетъ при небольшой средней высотѣ („субмаксимальный“ тетанусъ). § 32.

20. При благоприятныхъ, пока еще мало выясненныхъ, условіяхъ, сокращенія мускула подъ вліяніемъ раздраженія его нерва волнотокомъ складываются въ особеннаго рода волны, періодически слѣдующія другъ за другомъ черезъ равные интервалы; другими словами, среди отдѣльныхъ укороченій мускула, изохронныхъ съ числомъ получаемыхъ имъ раздраженій, мускулъ представляетъ то болѣе, то менѣ значительныя укороченія, періодически идущія другъ за другомъ черезъ равные интервалы. Такая періодическая волна составлена изъ 6—8 одиночныхъ укороченій мускула. § 33.

21. Раздражающее дѣйствіе дѣящагося постояннаго тока (гальванотонусъ) рѣзко отличается отъ такового-же дѣйствія волнотока какъ по условіямъ ихъ возникновенія, такъ и по формѣ сокращеній. Въ силу этого, фізіологическое дѣйствіе волнотока нельзя разсматривать какъ частный случай дѣйствія постояннаго тока. § 34.

Вышеизложенныя экспериментальныя изслѣдованія произведены въ фізіологической лабораторіи Харьковскаго Университета Проф. В. Я. Данилевскаго.

## Объясненіе рисунковъ.

---

### Табл. I.

Черт. 1-й представляетъ Кимореономъ спереди (подробности см. § 10).

Черт. 2-й представляетъ Кимореономъ сбоку, въ вертикальномъ разрѣзѣ черезъ середину аппарата.

### Табл. II.

Черт. 3-й. Ртутный замыкатель въ планѣ. § 14.

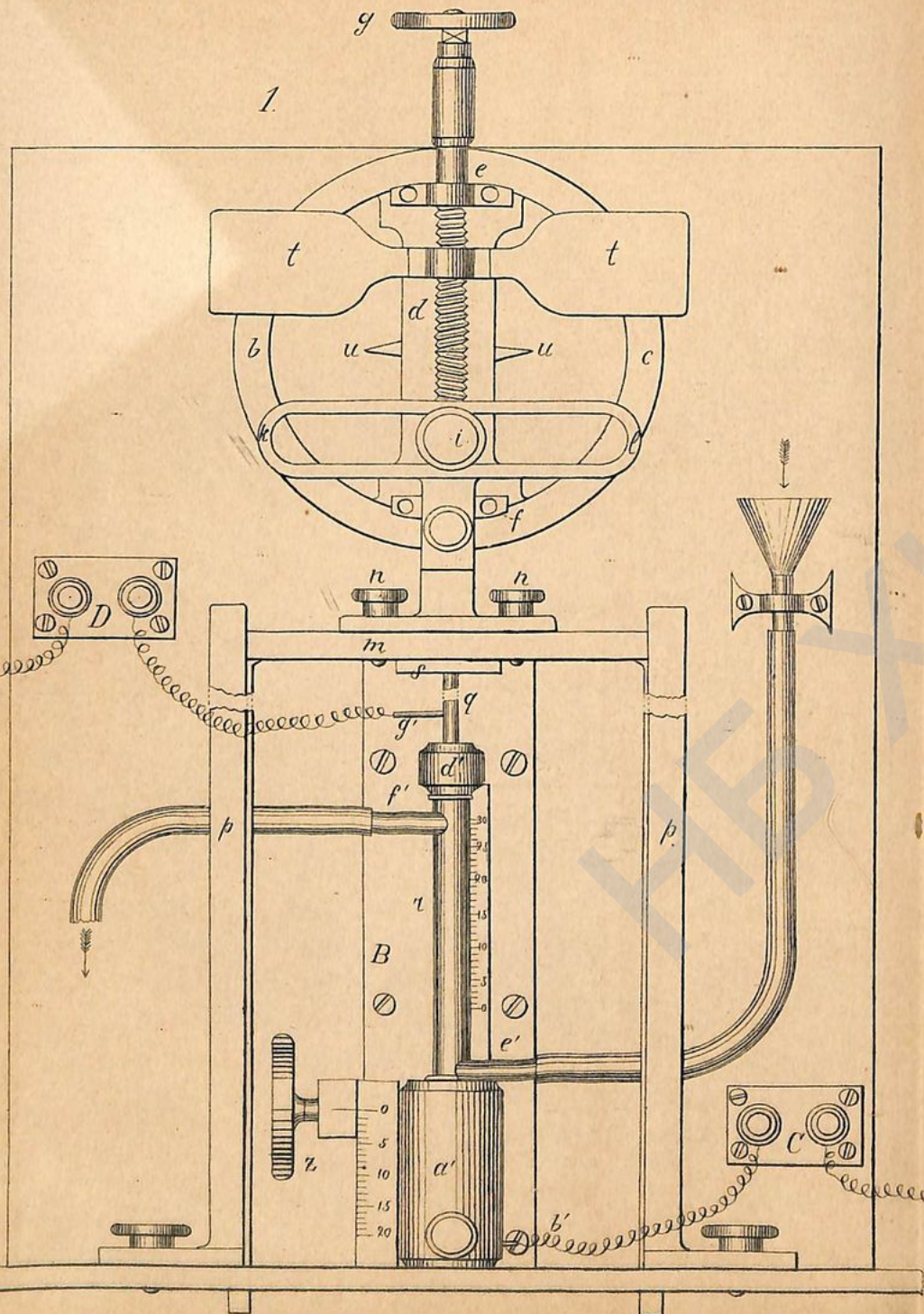
Черт. 4-й. Тотъ-же аппаратъ въ вертикальномъ разрѣзѣ (сбоку). См. § 14-й.

Черт. 5-й. Реостатъ Кимореонома въ вертикальномъ разрѣзѣ. См. § 10.

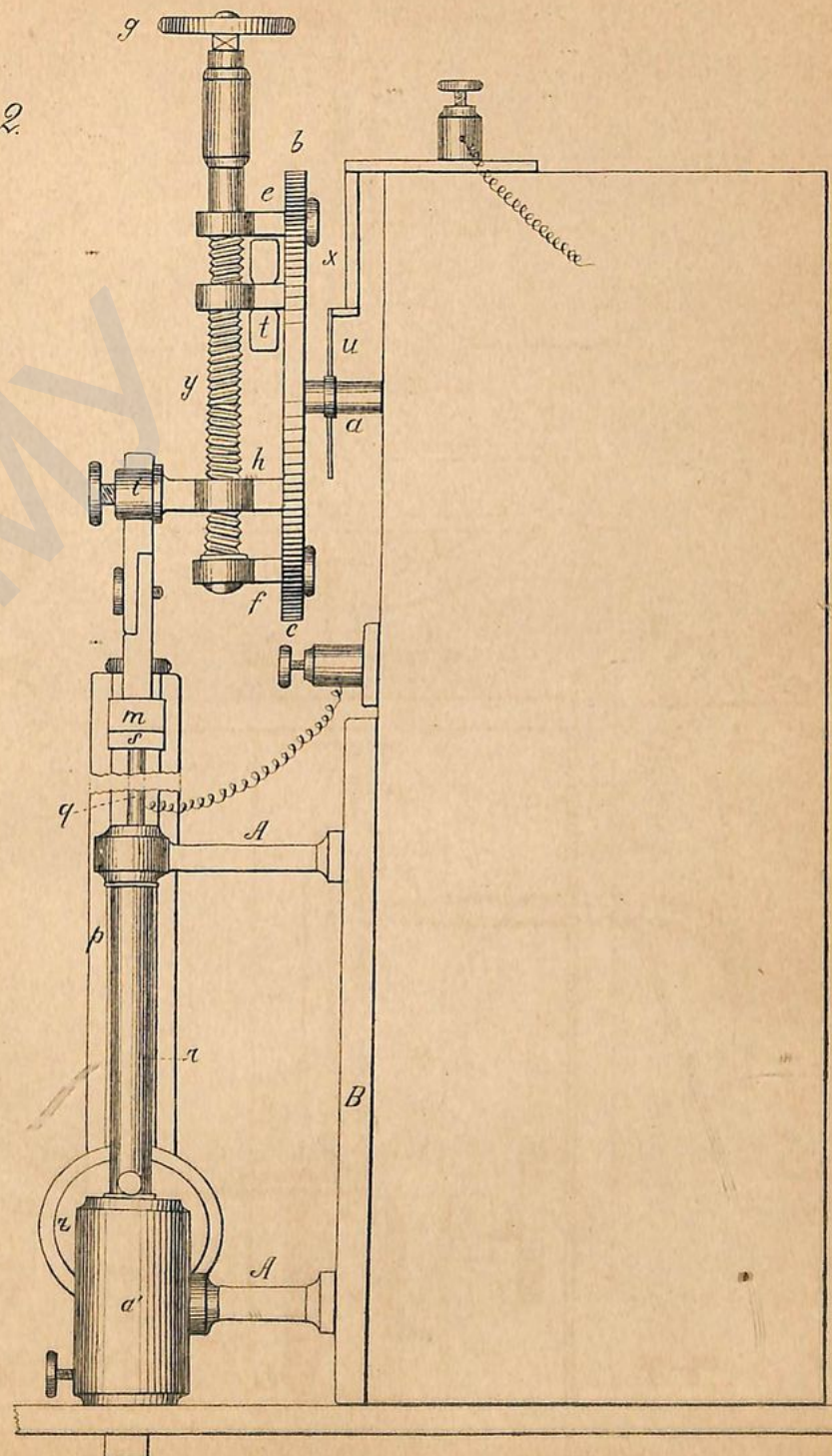
Черт. 6-й. Видоизмѣненная форма горизонтальной щели въ Кимореономѣ. См. § 10, (стр. 48).

---

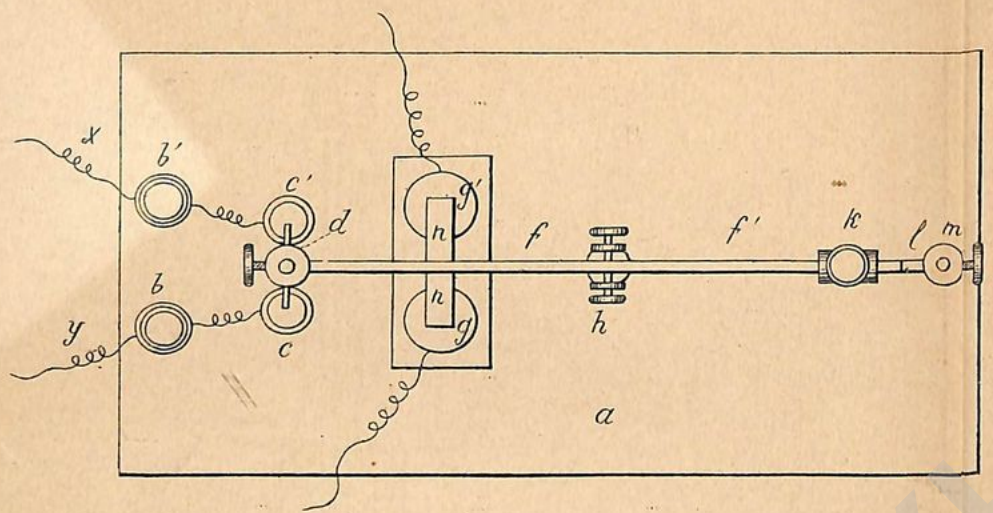
1.



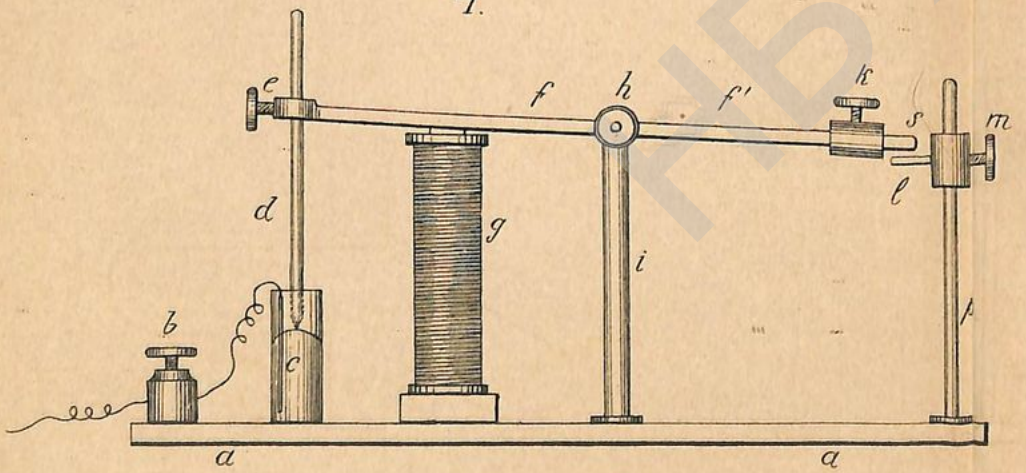
2.



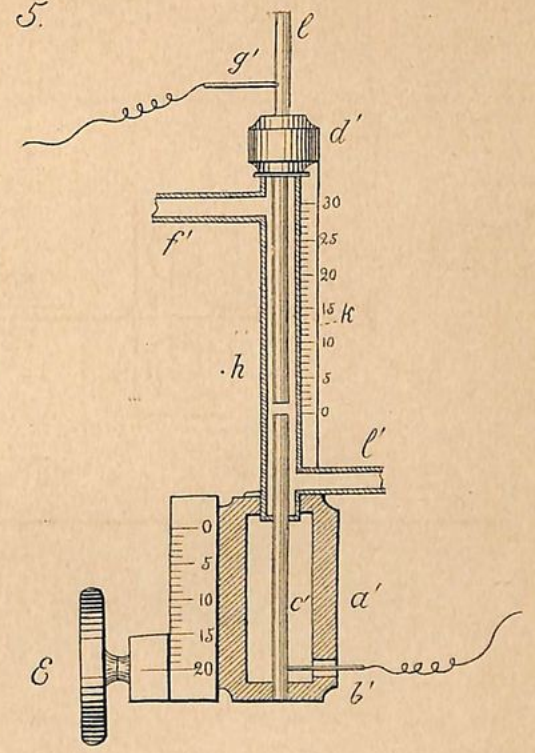
3.



4.



5.



6.

