

*Телеграфированіе
безъ проводовъ
въ современномъ его
состояніи.*

Составилъ Х. М. Ядамовичъ.

Съ рисунками въ текстѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе М. П. ПЕТРОВА.
Книгоиздательство подъ фирмой „А. Ф. СУХОВА“.
I) Фонарный 7. II) Вознесенскій 21.
1905.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 28 Августа 1904 г.

Типографія М. Михайловой, Фонарный, 9.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Предлагаемая на судъ благосклонныхъ читателей книга „Телеграфированіе безъ проводовъ въ современномъ его состояніи“ представляетъ собою краткое изложеніе принциповъ, послужившихъ основою для новой области техники и назначается не для спеціалиста, а для обыкновеннаго образованнаго читателя, интересующагося вопросамъ телеграфированія безъ проводовъ и желающаго ознакомиться съ его сущностью и тѣми успѣхами, которые достигнуты въ его развитіи благодаря дружной работѣ современныхъ ученыхъ и электриковъ. Задавшись цѣлью сдѣлать изложеніе по возможности общедоступнымъ и удобопонятнымъ даже для мало подготовленнаго читателя, составитель близко держался прекрасной книги итальянскаго проф. Риги и журнальных статей другихъ компетентныхъ авторовъ, какъ проф. А. С. Поповъ, Сляби и др., генію которыхъ техника обязана практическимъ примѣненіемъ открытій Герца и дальнѣйшей его разработкой. Своевременность этого изданія читатель не откажется признать вполне очевидной, какъ вслѣдствіе отсутствія книгъ по этой отрасли техники, популярно излагающихъ ея основы и доступныхъ по цѣнѣ, такъ и въ виду того значенія, которое приобрѣли сношенія по беспроводному телеграфу во время Русско-японской войны, доказавшей ихъ пригодность и удобство.

Издатель **М. П. Петровъ.**

Составитель пользовался нижеслѣдующею литературою:

1. „Опыты Герца“. Проф. О. Д. Хвольсона Спб.
2. Теорія Максвелля и Герцовскія колебанія. А. Пуанкаре.
3. „Соотношеніе между свѣтомъ и электричествомъ“, Герца.
4. „The Work of Hertz“. By sir Oliver Lodge. London. 1897.
5. Журналъ Русскаго Физико-химическаго Общества за 1896 г. (статьи проф. А. С. Попова).
6. „Электричество“ за разные годы. (Многочисленныя журнальныя статьи В. К. Лебединскаго).
7. „Electrotechnische Zeitschrift“. 1902. №№ 8 и 13. (Статьи проф. А. Слаби).
8. „Scientific American“ за разные годы. (Журнальныя статьи E. Guarini—„Wireless Telegraphie“).
9. „Die Telegraphie ohne Draht“. Von Prof. Augusto Righi und Bernard Dessau. Braunschweig. 1903.
10. „Wireless Telegraphie“. By sir Oliver Lodge. London. 1901.
11. „Die Telegraphie ohne Draht“. Von Bauer. Braunschweig. 1903 г.
12. „Guide pratique de télégraphie Hertzienne sans fil.“. E. Ducretet. Paris.
13. „Télégraphie sans fil“. Capitaine Ferrié. Paris.
14. „Les applications pratidues des ondes électriques“. A. Turpain.
15. „Télégraphie sans fil au Fongo fransais“. Magne. 1903.
16. „Die Vortschritte auf dem Gebite ber drahtlosen Telegraphie“ Von Ingenieur A. Prash.

I. Введеніе.

Ни одна изъ естественныхъ наукъ не сдѣлала за послѣднія четыре десятилѣтія столь огромныхъ успѣховъ, какъ физика. Въ теченіе этого періода времени была приобрѣтена масса новыхъ фактовъ и въ большинствѣ случаевъ дано имъ полное теоретическое объясненіе, сдѣлавшее возможнымъ, какъ предсказаніе другихъ явленій той же области, такъ и практическае примѣненіе ихъ. Однимъ изъ наиболѣе важныхъ открытій конца XIX столѣтія, какъ по глубинѣ и изяществу теоріи, такъ и по значенію, приобрѣтенному имъ въ технику, безспорно надо признать работы Генриха Герца въ ученіи объ электричествѣ и затѣмъ примѣненіе полученныхъ имъ результатовъ для телеграфированія безъ проводовъ. Современные ученые и электрики, идя по пути, указанному гениальными трудами Максвелля и Герца, одержали одну изъ блестящихъ научныхъ побѣдъ, которыми по справедливости можетъ гордиться истекшее XIX столѣтіе. Перспектива непосредственныхъ сношеній черезъ огромныя пространства представляется столь заманчивой, что преодоленіе препятствій, встрѣчающихся на пути къ достиженію этой цѣли всегда было завѣтною мечтою человѣка. По этому понятно, что открытіе беспроводнаго телеграфа, т. е. возможности передачи сигналовъ посредствомъ Герцовскихъ волнъ безъ помощи проводовъ, соединяющихъ сообщающіяся станціи, вызвало такую сенсацію во всемъ культурномъ мірѣ, кака я рѣдко выпадаетъ на долю чисто технического примѣненія выводовъ, полученныхъ точною наукою. Оно заинтересовало своею новизною одинаково, какъ большую публику, такъ и специалистовъ физиковъ и электриковъ, хотя для нихъ телеграфированіе безъ проводовъ въ сущности и не было безусловно неожиданностью, такъ какъ дальнодѣйствующая сила электрической искры которою пользуются въ этомъ способѣ передачи сигналовъ на

большое разстояніе, извѣстна физикамъ съ давняго времени, именно съ того знаменательнаго момента, когда Гальвани ¹⁾ извлекая изъ электрической машины искру, замѣтилъ сопровождавшее ее всякій разъ вздрагиваніе свѣжепрепарированной лягушечьей лапки, когда она касалась какого нибудь проводника. Уже изъ этого явленія можно усмотрѣть, что между Гальвани, извлекавшимъ искру и медицинскимъ препаратомъ, касавшимся проводника, несоединеннаго съ электрическою машиною, устанавливалась какая то электрическая связь, которая переносила дѣйствіе искры и проявлялась сокращеніемъ мускула, т. е. своего рода беспроволочная передача сигналовъ. Потребовалось почти цѣлое столѣтіе, чтобы это явленіе во всей своей полнотѣ было понято и использовано, что стало возможнымъ лишь съ того времени, какъ опыты Герца, опубликованные въ концѣ 80-хъ годовъ, рѣшительно направили развитіе ученія объ электричествѣ на путь, указанный Фарадеемъ и Максвеллемъ, впервые показавшими важную роль среды, окружающей наэлектризованнаго тѣла, а также уяснившими явленія, происходящія въ этой средѣ, когда въ ней дѣйствуютъ электрическія силы.

Попытки воспользоваться разными видами электрической энергіи для сношенія двухъ станцій, не прибѣгая къ прокладкѣ между ними дорого стоящихъ кабелей, или къ установкѣ воздушныхъ или подземныхъ проводниковъ, стали возникать у пытливыхъ умовъ еще съ тѣхъ поръ, какъ только познакомились съ электрическими и электромагнитными дѣйствіями на разстояніи и вообще съ обыкновеннымъ телеграфомъ.

Первая попытка осуществленія на практикѣ телеграфированія безъ проводовъ была сдѣлана въ Америкѣ и приписывается Эдиссону (1885 г.). Проектъ Эдиссона имѣетъ большое сходство съ современнымъ телеграфированіемъ безъ проводовъ, но съ той разницей, что онъ былъ основанъ на дѣйствіи прерывистыхъ токовъ. Другая попытка относится почти къ тому же времени и принадлежитъ англійскому почтдиректору Прису, который принималъ въ послѣдствіи самое близкое участіе въ первыхъ опытахъ Маркони. Способъ Приса основанъ на взаимодействіи параллельныхъ токовъ. Присъ былъ наведенъ на эти опыты тѣмъ фактомъ, что прерывистые телеграфные токи, сопровождающіе смыканіе контактовъ ключа у аппарата Морзе, возбуждаютъ даже въ отдаленномъ проводникѣ настолько сильныя индукціонныя токи, что можно слышать въ телефонѣ звуки разной продолжительности, вызываемые дѣйствіемъ телеграфа. Этимъ обстоятельствомъ Присъ и пытался воспользоваться на практикѣ.

¹⁾ Это явленіе Гальвани описалъ въ своемъ сочиненіи, опубликованномъ въ 1791 г., подъ заглавіемъ „De viribus electricitatis in motu musculari“.

Оба эти приема не имѣютъ прямого отношенія къ современному способу телеграфированія безъ проводовъ, основанному на особомъ явленіи, извѣстномъ подъ именемъ электрическаго колебанія и не привели къ практическимъ результатамъ. По этому первые опыты телеграфированія безъ проводовъ, произведенные нашимъ соотечественникомъ профессоромъ С.-Петербургскаго Электротехническаго Института А. С. Поповымъ, а затѣмъ молодымъ итальянскимъ физикомъ Маркони, ученикомъ профессора Риги, казались положительно загадочными.

Въ качествѣ введенія къ изложенію принциповъ, лежащихъ въ основѣ того способа передачи сигналовъ посредствомъ Герцовскихъ колебаній и производимыхъ ими электромагнитныхъ волнъ, который называется телеграфированіемъ безъ проводовъ, необходимо сдѣлать предварительно нѣкоторое отступленіе съ цѣлью показать постепенное развитіе знаній и накопленіе научныхъ фактовъ, открывшихъ человѣчеству новый, невѣдомый міръ эфира и сдѣлавшихъ возможнымъ видѣть то, что считалось невидимымъ и слышать, чего раньше не слышали.

II. Эфиръ.

Разсмотрѣніе вопроса о передачѣ свѣта и тепла отъ солнца и отъ другихъ небесныхъ свѣтилъ черезъ пространство, гдѣ, повидимому, не можетъ быть иного вещества, кромѣ слѣдовъ крайне разрѣженныхъ газовъ, и въ особенности опыты замѣчательнаго физика Френеля (1788—1827), произведенные въ началѣ прошлаго столѣтія, заставили всѣхъ ученыхъ предполагать, что свѣтъ производится колебаніями очень тонкаго вещества, наполняющаго междузвѣздное пространство. Значительная быстрота передачи свѣта (триста милліоновъ метровъ въ одну секунду), а также и самый характеръ процесса передачи, исключали возможность признать въ этомъ веществѣ извѣстные физикѣ газы, хотя бы въ состояніи даже наивысшей степени разрѣженія. Все показывало, что этотъ процессъ до нѣкоторой степени подобенъ распространенію звука. Но звукъ проходитъ въ газахъ, составляющихъ атмосферный воздухъ, только 300 метровъ въ секунду и къ передачѣ колебаній въ милліонъ разъ болѣе быстрой, никакой газъ, никакое обыкновенное вещество не способно. Кромѣ того, явленія поляризаціи свѣтовыхъ волнъ, не имѣющія аналогіи въ воздушныхъ волнахъ, передающихъ звуки, указываютъ на нѣкоторое различіе въ формѣ процессовъ; именно,

свѣтовые волны должны быть поперечными, а не продольными, какъ звуковыя. Но поперечныхъ волнъ наши газы не допускаютъ; въ нихъ возможны только продольныя волны, при которыхъ колебанія частицъ совершаются вдоль линіи распространенія волны ²⁾.

Если свѣту требуется нѣсколько лѣтъ, чтобы дойти до насъ отъ отдаленной звѣзды, то очевидно, что въ это время онъ уже не находится на звѣздѣ и еще не находится на землѣ. Слѣдовательно надо, чтобы онъ былъ гдѣ *нибудь*, чтобы имѣлъ такъ сказать, нѣкотораго матеріальнаго носителя. Такимъ гипотетическимъ носителемъ свѣта считается свѣтовой эфиръ ³⁾.

Французскій ученый Физо (1819—1896), извѣстный своимъ измѣреніемъ скорости свѣта (въ 1849 г.), старался между прочимъ разрѣшить опытнымъ путемъ вопросъ, можетъ ли движущееся тѣло увлекать съ собою проходящей черезъ него свѣтъ и распространяющійся съ опредѣленною скоростью. Физо бралъ чрезвычайно быстро движущуюся массу воды. Пропуская черезъ нее лучъ свѣта, онъ доказалъ происходящими при этомъ явлениями интерференціи, что свѣтъ увлекается движущеюся жидкостью со скоростью ровною половинѣ скорости самой жидкости, т. е. къ скорости свѣта прибавляется въ данномъ случаѣ половина скорости жидкости. Такимъ образомъ Физо, заставляя въ описываемомъ опытѣ интерферировать свѣтовые лучи, прошедшіе черезъ движущуюся воду, тѣмъ самымъ какъ бы показываетъ намъ двѣ различныя среды, другъ друга проникающія и

²⁾ Волнообразное движеніе возникаетъ вслѣдствіе колебаній, происходящихъ въ той средѣ, въ которой это движеніе наблюдается. Непосредственный опытъ со звучащей струной или камертономъ убѣждаетъ, что части звучащаго тѣла находятся въ колебательномъ движеніи, распространяющемся въ воздухѣ въ видѣ волнъ и воспринимаемомъ ухомъ, какъ ощущеніе звука. Расстояніе, на которое колебательное движеніе распространяется въ теченіе одного періода колебанія, т. е. въ то время, пока совершится одно полное колебаніе, называется „длиною волны“. Волны могутъ быть двоякаго рода: продольныя и поперечныя. Движеніе, сообщаемое частицамъ воздуха колеблющимся маятникомъ, образуетъ продольныя волны. Такія же движенія, при которыхъ частицы колеблются въ направленіи перпендикулярномъ къ распространенію волны, называются поперечными колебаніями и образуютъ поперечныя волны.

³⁾ Обоснованіе дѣйствительнаго существованія эфира, представленіе о которомъ было составлено еще греческими философами и введено въ физику Декартомъ, было сдѣлано французскимъ инженеромъ и физикомъ Френелемъ въ сочиненіи на тему, предложенную въ 1818 г. Парижской Академіей наукъ, о причинахъ диффракціи свѣта. Этимъ сочиненіемъ Френель нанесъ рѣшительный ударъ теоріи истеченія и началъ развитіе идей о свѣтовомъ эфирѣ блестяще поддержанныхъ Гамильтономъ, Эри и другими физиками и математиками, которые создали столь прекрасное и стройное ученіе о свѣтѣ, которое до настоящаго времени служитъ недосягаемымъ образцомъ научной теоріи.

смѣщающіяся одна относительно другой. Можно сказать, что экспериментаторъ въ этомъ опытѣ касается эфира пальцемъ.

Итакъ, все пространство вселенной представляется наполненнымъ особою, вещественною, всепроникающею, однородною средою, которая способна распространять поперечныя волны. По своимъ поперечнымъ колебаніямъ свѣтовой эфиръ напоминаетъ собою въ высшей степени упругія, однородныя, твердыя тѣла, которыя одни только способны къ поперечнымъ волнамъ. Это—идеально эластичное вещество и оно одно исключительно служитъ передатчикомъ тепла, свѣта и другихъ формъ энергіи отъ одной точки междупланетнаго пространства къ другой. Открытіе дѣйствительнаго существованіе эфира составляетъ одну изъ величайшихъ заслугъ современной науки; но всѣ попытки добыть эфиръ были выше могущества самыхъ выдающихся умовъ.

Тѣмъ не менѣе о химической природѣ мірового эфира составились у современныхъ ученыхъ, какъ Д. И. Менделѣевъ и Вильямъ Томсонъ (лордъ Кельвинъ), представленія, позволяющія по теоретическимъ соображеніямъ судить объ атомномъ вѣсѣ его, плотности и другихъ его свойствахъ ⁴⁾.

Міровой эфиръ представляется газомъ, легчайшимъ изъ всѣхъ извѣстныхъ до настоящаго времени и обладающимъ въ высокой степени способностью проникать черезъ всѣ тѣла. Въ физико-химическомъ смыслѣ это значитъ, что частицы мірового эфира имѣютъ относительно малый вѣсъ и обладаютъ наивысшею скоростью своего поступательнаго движенія. Подобное свойство можно представить себѣ качественно аналогичнымъ свойству нѣкоторыхъ газовъ диффундировать черезъ плотныя тѣла, какъ желѣзо, платина, палладій и др. Скорость молекулярнаго движенія эфира столь велика (2240 километровъ въ секунду), что онъ свободно распространяется въ междупланетномъ пространствѣ при самыхъ низкихъ температурахъ, какія тамъ возможны, и легко преодолеваетъ силу притяженія самыхъ могущественныхъ солнць.

Далѣе, свѣтовой эфиръ есть простое тѣло, относящееся къ группѣ аргоновыхъ элементовъ (аргонъ, гелій, криптонъ, неонъ и ксенонъ) и помѣщающееся согласно періодическому закону Менделѣева въ нулевомъ ряду и въ нулевой группѣ. Вычисленный атомный вѣсъ его по отношенію къ водороду въ солнечной системѣ равняется примѣрно одной миллионной, а плотность по отношенію къ водѣ во всякомъ случаѣ не можетъ быть меньше одной триллионной (10^{-18}) доли плотности воды. Подобно своимъ аналогамъ этотъ гипотетическій элементъ отличается полной

⁴⁾ Менделѣевъ Д. И. „Попытка химическаго пониманія мірового эфира“. Спб. 1903,

химической инертностью, т. е. онъ не вступаетъ въ химическое взаимодействие ни съ однимъ изъ элементовъ извѣстныхъ химіи. Но, вѣроятно, проникая черезъ тѣла, онъ можетъ растворяться и сгущаться въ нихъ.

О роли мирового эфира въ природѣ высказывались многіе ученые. Такъ, въ началѣ 50-хъ годовъ по этому вопросу Михаилъ Фарадей высказался слѣдующимъ образомъ: „если есть эфиръ, говорилъ онъ, то онъ долженъ имѣть и другія назначенія, кромѣ передачи радіацій“. Развѣтіемъ этого предположенія являются мысли, какъ блестящія искры, разбросанныя въ многочисленныхъ мемуарахъ Фарадея, объ участіи свѣтового эфира въ передачѣ электромагнитныхъ дѣйствій ⁵⁾.

III. Теорія Максвелля.

Подобно тому, какъ есть въ природѣ звуки, которыхъ человѣческое ухо не слышитъ и „цвѣта“, которыхъ не чувствуетъ человѣческой глазъ и объ этихъ звукахъ и цвѣтахъ тѣмъ не менѣе составляются представленія при помощи понятій о звукахъ и цвѣтахъ уже извѣстныхъ, существуетъ въ природѣ явленіе, совершенно не доступное непосредственному воспріятію. Это явленіе—электромагнитная волна. Хотя о ней люди долгое время и не догадывались, но все таки ее открыли. Въ первый разъ она упоминается Максвеллемъ, но не въ экспериментальномъ изслѣдованіи, а въ его знаменитомъ теоретическомъ „трактатѣ объ электричествѣ и магнетизмѣ“. Чтобы понять, что такое электромагнитная волна, надо обратиться къ вопросу, что такое теорія Максвелля. Одинъ ученый, Хивизайдъ, даетъ на это слѣдующій отвѣтъ: „теорія Максвелля есть книга, которую онъ написалъ — ея текстъ и математическія формулы“. Изъ этихъ элементовъ состояло понятіе объ электромагнитной волнѣ за первое время знакомства ученыхъ съ этимъ физическимъ явленіемъ. Въ теченіе 25 лѣтъ послѣ появленія книги

⁵⁾ Въ пространствѣ, гдѣ имѣются электрически заряженныя неподвижныя тѣла, проявляются только электрическія или правильнѣе электростатическія силы, зависящія отъ упругости эфира. Въ пространствѣ же, гдѣ есть движеніе заряженныхъ тѣлъ, или же движеніе электричества, т. е. электрическіе токи дѣйствуютъ, кромѣ того, силы электромагнитныя, зависящія отъ живой силы или проще отъ скорости эфира. Со временъ Ампера и самыя магниты разсматриваются, какъ системы частичныхъ электрическихъ токовъ.

Максвелля это явленіе изучалось, наблюдалось и указывалось его дѣйствительное существованіе соотвѣтственными приборами. Когда посредствомъ переменныхъ токовъ или электрическихъ колебаній получается въ какомъ либо мѣстѣ пространства переменная магнитная сила (здѣсь говорится „сила“ вмѣсто болѣе точнаго термина „силовыя линіи индукціи“ ради простоты выраженія), то во всѣхъ точкахъ этого пространства или въ средѣ, окружающей источникъ электрическихъ колебаній, будутъ періодически измѣняться величины напряженности магнитнаго и электрическаго поля и возникать также переменныя магнитныя силы, какъ бы волнами распространяющіяся отъ нея, или излучаемыя ею. Такое представленіе объ электромагнитной волнѣ очевидно отличается отъ понятія объ индуктированныхъ токахъ. Главною особенностью его является необходимость переменной электростатической силы, сопутствующей силѣ магнитной. Другимъ существеннымъ обстоятельствомъ, характеризующимъ электромагнитную волну, надо признать измѣримую скорость ея распространенія и равную для воздуха скорости свѣта. Понятіе объ этомъ явленіи и было положено Максвеллемъ въ основаніе его электромагнитной теоріи свѣта.

Съ точки зрѣнія этой теоріи Максвелль утверждалъ, что въ частицахъ свѣтящихся тѣлъ постоянно совершаются быстрыя движенія электричества и что происходящія при этомъ въ окружающемъ эфирѣ электромагнитныя возмущенія и есть свѣтъ ⁶⁾. По Максвеллю свѣтовая волна состоитъ изъ ряда переменныхъ токовъ, зарождающихся въ діэлектрикахъ, даже въ воздухѣ и въ междупланетномъ пустомъ пространствѣ и мѣняющихся направленіе кватрильонъ разъ въ секунду. Громадная индукція, являющаяся вслѣдствіе столь частыхъ переменъ, производитъ другіе токи въ сосѣднихъ частяхъ діэлектриковъ и такимъ образомъ постепенно распространяются свѣтовые волны т. е. совершенно аналогично электромагнитнымъ. Вычисленіе пока ываетъ, что скорость ихъ распространенія равняется отношенію „абсолютной электростатической единицы“ къ „абсолютной электродинамической единицѣ“ и численно выражается числомъ близ-

⁶⁾ Собственно свѣтъ, воспринимаемый глазомъ, есть лишь малая доля той совокупности эфирныхъ волнъ, которая доносится къ намъ отъ солнца: приблизительно только одна изъ шести октавъ солнечнаго спектра, если выражаться языкомъ акустики. Глазъ по своему устройству способ нъ воспринимать дѣйствіе эфирныхъ волнъ только средняю регистра, которыя несутъ съ собою отъ 400 до 800 билліоновъ колебаній въ секунду. Въ темномъ инфракрасномъ спектрѣ свѣтилъ и земныхъ тѣлъ Лянглей услѣдилъ волны лишь съ 15 билліонами колебаній въ секунду (длина такой волны равняется 0,02 миллиметра), тогда какъ верхнему концу ультрафіолетоваго спектра солнца и звѣздъ соотвѣтствуютъ свыше 1000 билліоновъ колебаній въ секунду (длина волны равняется 0,0002 миллиметра).

кимъ къ 300.000 километровъ въ секунду. Максвелль изобрѣлъ нѣсколько способовъ для опредѣленія величины вышеназваннаго отношенія. По Фарадею и Максвеллю среда, служащая для передачи электромагнитныхъ дѣйствій, является тождественною со свѣтовымъ эфиромъ. Согласно возрѣнію ихъ вся электрическая энергія, т. е. то молекулярное возмущеніе, которымъ объясняются свойства электростатическаго поля, заключается не въ заряженномъ проводникѣ, а исключительно въ непроводящей средѣ, окружающей проводникъ и свойства наэлектризованныхъ проводниковъ зависятъ не отъ вещества ихъ, а отъ окружающей среды. Если же замѣнить воздухъ, гдѣ находится проводникъ, другимъ газомъ, то электрическія силы измѣнятся. Онѣ измѣнятся еще больше, если мѣсто воздуха займетъ твердое или жидкое тѣло, непроводящее электричества (діэлектрикъ), какъ стекло или парафинъ и т. п. Опытъ прямо обнаруживаетъ, что въ діэлектрикѣ силами электрическими производятся какія-то натяженія, измѣненія структуры; напримѣръ, стеклянный слой лейденской банки раздается въ толщину, когда она заряжена. Вообще, въ электростатическихъ дѣйствіяхъ исключительное участіе принимаетъ діэлектрическая среда или, лучше сказать, наполняющій ее эфиръ. Обращаясь къ электромагнитному полю, въ которомъ дѣйствуютъ электрическіе токи, Максвелль высказываетъ положенія идущія въ разрѣзъ съ обычными представленіями: сущность электрическаго тока онъ усматриваетъ въ особаго рода непрерывныхъ движеніяхъ, а можетъ быть только въ натяженіяхъ, происходящихъ въ эфирной средѣ, окружающей проводникъ. При этомъ металлическіе проводники не въ состояніи передавать такіа пертурбаціи эфирной среды — электрическая энергія ими поглощается и обнаруживается невидимымъ движеніемъ частицъ самого проводника, т. е. теплотой. По этому металлу надо признать непроводниками электромагнитной энергіи подобно тому, какъ мы называемъ воздухъ, пухъ и т. п. непроводниками тепла.

Роль проводника, по которому идетъ токъ, иная, чѣмъ думали до Максвелля. Проводникъ нуженъ для того, чтобы не установилось въ цѣпи электростатическое состояніе. Поглощая собою электромагнитную энергію, проводникъ перерабатываетъ ее въ другую форму, напримѣръ, въ теплоту, и вызываетъ новую дѣятельность батареи, поддерживая этимъ тотъ постоянный наплывъ электромагнитной энергіи, который и называется „токомъ“. Такимъ образомъ проводникъ, собирая на себѣ энергію, которая преимущественно скользитъ вдоль его поверхности, направляетъ ея пути и тѣмъ оправдываетъ отчасти свое обычное названіе проводника. Роль его нѣсколько напоминаетъ фитиль горячей лампы; онъ необходимъ, но запасъ химической энергіи не въ

немъ, а около него; въ фитилѣ происходитъ разрушеніе горячаго матеріала; онъ втягиваетъ новый на смѣну и тѣмъ поддерживается непрерывный переходъ химической энергіи въ тепловую.

IV. Электрическія колебанія и электромагнитныя волны.

Во времена Максвелля (1865 г.) электромагнитная теорія свѣта была лишь смѣлою гипотезою, не имѣющею за собою никакого экспериментальнаго доказательства. Только черезъ 20 лѣтъ мысли Максвелля были осуществлены блестящими опытами Генриха Герца (1857—1895) ⁷⁾. Герць былъ сначала ассистентомъ Гельмгольца, а потомъ профессоромъ въ высшемъ техническомъ училищѣ въ Карлсруэ, гдѣ въ 1887—1888 г.г. и выполнилъ тѣ работы, которыя обезсмертили его имя. Герцу удалось построить приборы, дающіе, такъ называемыя, электрическія колебанія и воспроизвести въ пространствѣ электромагнитныя волны, подобныя свѣтовымъ и отличающіяся отъ нихъ, какъ и предсказалъ Максвелль, не столько качественно, сколько количественно, т. е. только длиною (волны) подобно тому, какъ фіолетовый свѣтъ, отличается отъ краснаго.

Герць первый измѣрилъ длину этихъ волнъ и доказалъ, что онѣ обладаютъ такими же свойствами, какъ и свѣтовые; а именно: электромагнитныя волны могутъ отражаться, преломляться, поглощаться, подвергаться поляризаціи, интерферировать, давать стоячія волны и тѣмъ обнаруживать конечную скорость распространенія, электрическихъ возмущеній. Въ видимыхъ свѣтовыхъ лучахъ число колебаній въ одну секунду достигаетъ въ среднемъ 600 билліоновъ (длина волны около $\frac{1}{2000}$ миллиметра), а въ электромагнитныхъ лучахъ число колебаній электромагнитныхъ волнъ измѣняется отъ нѣсколькихъ единицъ въ секунду (въ длинныхъ подводныхъ кабеляхъ) до нѣсколькихъ только

⁷⁾ Hertz. *Wid. Ann.* T. 31 стр. 421 (1887), T. 34 стр. 155. (1888). На русскомъ языкѣ объ опытахъ Герца см. Хвольсона „Опыты Герца“ или Косогова въ „Вѣстникъ опытной физики и элементарной математики“ №№ 112, 117, 118 и 120, а также Пуанкаре „Теорія Максвелля и Герцовскія колебанія“. Переводъ подъ редакціей п.оф. Шателена и Лебединскаго С.-П.-Б. 1900.

сотенъ миллионовъ, если эти волны возбуждаются по методу Герца ¹⁾.

Блестящее разрѣшеніе Герцемъ трудной задачи, состоящей въ экспериментальномъ доказательствѣ теоретическихъ воззрѣній Максвелля, нашло себѣ примѣненіе въ современномъ способѣ телеграфированія безъ проволокъ, основанномъ на возбужденіи электромагнитныхъ волнъ посредствомъ электрическихъ колебаній.

Подобно тому какъ для возникновенія звуковой волны необходимо колебаніе упругаго тѣла, напримѣръ струны или камертона, такъ и для воспроизведенія волны электромагнитной требуется электрическое колебаніе. Разберемъ ту совокупность явленій, которая называется электрическимъ колебаніемъ и для

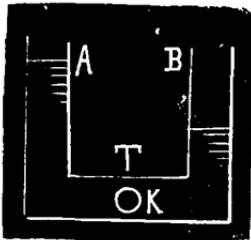


Рис. 1. Колебанія уровней жидкости въ сообщающихся сосудахъ.

этого рассмотримъ какое нибудь общепонятное, но не электрическое колебаніе, для чего возьмемъ два сообщающихся сосуда А и В, наполненныхъ до разныхъ высотъ водою и соединенныхъ длиною толстою трубкою Т съ краномъ К. рис. 1. Когда кранъ К быстро открывается, то вода вслѣдствіе инерціи не сразу потечетъ изъ А въ В съ нормальной скоростью, а дойдетъ до этой скорости постепенно. Благодаря приобретенной скорости,

вода не остановится въ обоихъ сосудахъ на одномъ уровнѣ, а будетъ двигаться по инерціи дальше и въ сосудѣ В подыметься на столько же, на сколько въ А опустится и въ нѣкоторый моментъ остановится въ В на уровнѣ болѣе высокомъ, чѣмъ въ сосудѣ А. Вслѣдствіе разности уровней въ обоихъ сосудахъ начнется движеніе жидкости въ обратномъ направленіи и такимъ образомъ вода многократно протекаетъ то въ одномъ, то въ другомъ направленіи, вызывая постоянно колебанія уровней. Однако вслѣдствіе тренія въ трубкѣ и другихъ причинъ, разность уровней постепенно уменьшается, движеніе воды прекращается, колебанія затухаютъ и вода останавливается на одной высотѣ въ обоихъ сосудахъ. Очевидно, что періодъ, т. е. время колебанія будетъ тѣмъ длинѣе, чѣмъ больше горизонтальное сѣченіе сосудовъ и чѣмъ длинѣе трубка Т, или чѣмъ она тоньше. Если бы трубка Т была очень узка, то дви-

¹⁾ Наибольшая длина свѣтовой волны принадлежитъ краснымъ лучамъ спектра, а наименьшая—фіолетовымъ. Первая имѣетъ величину около 700, а вторая около 400 миллионныхъ долей миллиметра, причѣмъ въ крайнихъ инфракрасныхъ лучахъ она увеличивается, а въ ультрафіолетовыхъ—уменьшается. Крайніе инфракрасные лучи воспринимаются нами, какъ тепловые, и за ними слѣдуютъ по своей длинѣ электрическіе, достигающіе очень большихъ величинъ, а за ультрафіолетовыми еще малоислѣдованные Беккерелевскіе лучи, „х лучи“ и другіе имъ подобные.

женіе воды происходило бы медленно и никакихъ колебаній нельзя было бы замѣтить.

Хотя, вообще говоря, бесполезно стараться представить себѣ во всѣхъ подробностяхъ механизмъ электрическихъ явленій, однако важно показать, что эти явленія при всей своей сложности подчиняются общимъ законамъ механики. Это можно обнаружить цѣлымъ рядомъ сравненій механическихъ явленій, хорошо извѣстныхъ и вполне понятныхъ, съ явленіями электрическими и показать, что между этими двумя категоріями явленій существуетъ близкая параллель.

Для большаго уясненія электрическаго колебанія воспользуемся общепонятнымъ колебаніемъ маятника. Если маятникъ вывести изъ положенія равновѣсія, то поднимая его сообщимъ ему потенциальную энергію. Если опустить маятникъ, то онъ начнетъ двигаться и потенциальная энергія постепенно будетъ переходить въ кинетическую, когда же онъ станетъ подниматься на другую сторону, то кинетическая энергія вновь превращается въ потенциальную. Что благопріятствуетъ и что препятствуетъ продолжительности явленія? Понятно, значительная величина первоначальнаго запаса энергіи, т.-е. высота поднятія, опредѣляющая розмахъ и масса маятника играютъ здѣсь первую роль. Препятствующимъ обстоятельствомъ будетъ сопротивленіе движенію. Вся энергія по пути превратилась бы не въ потенциальную, а въ тепловую, если бы мы пустили маятникъ, напримѣръ, въ водѣ и колебаній не получилось бы совсѣмъ. Чтобы колебанія долго не прекращались, надо, чтобы сопротивленія механическому движенію были по возможности ничтожны. Эти два обстоятельства имѣютъ мѣсто во всякомъ колебаніи безъ исключенія, какое бы мы движеніе ни взяли.

Подобный же переходъ потенциальной энергіи въ кинетическую и обратно можно осуществить и въ электрическихъ явленіяхъ. Если мы возьмемъ два хорошо изолированныя и разнотипно заряженныя тѣла, то они неопредѣленно долго могутъ сохранять свой зарядъ и будутъ обладать потенциальной энергіей. Если эти два тѣла соединить проводникомъ, то начнется электрический токъ, т.-е. проявится особый родъ кинетической энергіи.

На рисунокѣ 2 показаны два металлическихъ шара и между ними прямолинейный проводникъ съ перерывомъ. Токъ наступаетъ тогда, когда зарядъ шаровъ, соединенныхъ съ индукціонной катушкой Румкорфа и представляющихъ собою конденсаторы, достигнетъ такой разности потенциаловъ, при которой электрическія силы будутъ въ состояніи разрушить цѣлость изолирующаго слоя. До тѣхъ поръ, пока не перейдена прочность изолятора, т. е. пока не наступилъ разрядъ, происходитъ на шарахъ накопленіе потенциальной энергіи. Съ наступленіемъ

разряда, пока токъ идетъ, вблизи прямолинейнаго проводника образуется магнитное поле съ линіями силъ, расположенными

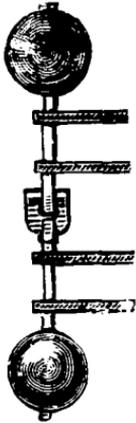


Рис. 2. Опытъ осуществленія перехода потенциальной энергіи въ кинетическую и обратно въ явленіяхъ электрическихъ.

концентрическими кругами около этого проводника. Это магнитное поле есть также какой то видъ кинетической энергіи. Если сопротивление искры велико, то разрядъ происходитъ такъ, какъ уравниваніе высотъ въ сосудахъ А и В, (р. 1) когда трубка Г очень узка, т. е. получается электрической токъ въ одномъ направленіи, который существуетъ лишь до тѣхъ поръ, пока потенциалы шаровъ не сравняются. Если же сопротивление искры не велико, а электрическая емкость проводниковъ значительна, то получается разрядъ, имѣющій совершенно иной характеръ и происходящій подобно уравниванію высотъ жидкости въ сообщающихся сосудахъ или подобно колебанію маятника, при этомъ потенциалы шаровъ соотвѣтствуютъ уровнямъ воды въ сосудахъ, а заряды ихъ — массѣ воды въ нихъ ⁹⁾. Если, напримѣръ, горизонтальное сѣченіе сосуда равно 100 кв. метрамъ, то понадобится одинъ кубическій метръ воды, чтобы поднять уровень ея на одинъ сантиметръ. Если сѣченіе удвоить, то и воды для той же цѣли понадобится вдвое больше. Это горизонтальное сѣченіе соотвѣтствуетъ слѣдовательно тому, что называется электрической емкостью. Измѣняя соотвѣтственнымъ образомъ размѣры шаровъ и проводниковъ ихъ соединяющихъ, можно достигнуть того, что разность ихъ потенциаловъ не сразу будетъ становиться равной нулю, а постепенно, причемъ она попеременно будетъ то увеличиваться, то уменьшаться.

Такой разрядъ сопровождается кратковременными, періодическими измѣненіями электромагнитнаго состоянія окружающей среды. Эти измѣненія называются электрическими колебаніями, направленія, по которымъ они распространяются — электромагнитными лучами, а разстоянія между двумя послѣдовательными ближайшими одинаковыми фазами электромагнитнаго состоянія — длиною электромагнитной волны. Пусть въ первый моментъ появленія тока, его направленіе будетъ отъ А къ В. Когда провод-

⁹⁾ Первымъ высказалъ идею о возможности электрическихъ колебаній при разрядѣ физикъ Генри еще въ 1842 г. Учеными предвидѣвшими колебательный разрядъ были Вильямъ Томсонъ и Гельмгольцъ. Работа В. Томсона по этому предмету появилась въ 1853 г. Теоретическая сторона этого явленія была изслѣдована путемъ математическаго анализа Кирхгофомъ, Гельмгольцомъ, Томсономъ и ихъ многочисленными учениками.

ники разрядятся, электрическое равновѣсіе, на мгновеніе установившееся, не удержится и разрушится по причинѣ аналогичной съ инерціей. Эта причина есть самоиндукція ¹⁰⁾.

Вслѣдствіе самоиндукціи въ ближайшій моментъ времени потенциалъ шара В окажется больше чѣмъ шара А и поэтому получится разрядъ въ обратномъ направленіи—отъ В къ А. Послѣ этого потенциалъ А будетъ выше и произойдетъ разрядъ отъ А къ В, какъ въ началѣ и т. д. Такимъ образомъ получается рядъ токовъ, быстро мѣняющихъ свое направленіе и за мгновеніе, въ которое наблюдается искра, можетъ произойти нѣсколько тысячъ такихъ колебаній, которыя представляютъ собою слѣдовательно періодическое явленіе столь краткаго періода, что въ сравненіи съ нимъ даже самые быстрые переменные токи оказываются чрезвычайно медленно измѣняющимся явленіемъ. Продолжительность искры вообще очень мала, поэтому трудно себѣ представить, какъ малъ періодъ одного колебанія, число которыхъ въ одну секунду можетъ быть доведено до миллионъ ¹¹⁾.

¹⁰⁾ Когда 2 проволоки *a* и *b* помѣщены рядомъ и по одной изъ нихъ *a* проходитъ измѣняющійся токъ, въ другой *b* образуются, такъ называемые, индукціонные токи. Если токъ *a* возрастаетъ, тскъ *b* имѣетъ обратное ему направленіе; если же токъ *a* уменьшается, токъ *b* имѣетъ одинаковое съ направленіе. Это явленіе, называемое индукціей, было открыто Фарадеемъ. При этомъ онъ нашель, что индуктирующее дѣйствіе токовъ обнаруживается не только въ проводникахъ, принадлежащихъ къ разнымъ цѣпямъ, но и въ отдѣльныхъ частяхъ одной и той же проволоки. Вслѣдствіе этого измѣняющійся индукціонный токъ *b* производитъ электродвижущія силы индукціи въ той-же самой проволоцѣ *b*, по которой онъ проходитъ. Эти силы оказываютъ сопротивленіе току, если онъ возрастаетъ и напротивъ усиливаютъ токъ, когда онъ уменьшается. Возникновеніе такой электродвижущей силы индукціи въ проводникѣ въ моментъ измѣненія тока въ немъ, называется самоиндукціей. Въ примѣрѣ 2-хъ сообщающихся сосудовъ длина трубки и соотвѣтствуетъ самоиндукціи.

¹¹⁾ Два проводника, образующіе конденсаторъ, котораго емкость выражается въ микрофарадахъ *C*, представляютъ, вообще говоря, прохожденію тока извѣстное сопротивленіе *R*. Цѣпь, состоящая изъ этихъ проводниковъ, обладаетъ нѣкоторой самоиндукціей, которую назовемъ *S*. Теорія указываетъ, что разрядъ будетъ колебательнымъ, если R^2 меньше $4 S C$. Продолжительность одного періода колебанія *T* тогда выразится слѣдующей формулой:

$$T = \frac{2 \pi}{\sqrt{C S - 4 R^2}}$$

Если отношеніе R/S достаточно мало, то вторымъ членомъ подкореннаго количества, по отношенію къ первому очень малымъ, можно пренебречь и тогда продолжительность періода одного колебанія будетъ имѣть болѣе простой видъ.

$$T = 2 \pi \sqrt{S C}$$

Эта формула была впервые получена Томсономъ.

Телеграфированіе безъ проводовъ.

Тѣмъ не менѣ Феддерсену (1858—1862 гг.) удалось доказать, что при извѣстныхъ условіяхъ разрядъ лейденской банки черезъ искру можетъ быть колебательнымъ и даже получить фотографическіе снимки, несомнѣнно показавшіе, что каждый конецъ искры бываетъ попеременно то положительнымъ, то отрицательнымъ. Для этого Феддерсенъ пропускалъ токъ отъ катушки Румкорфа, разряжавшейся искрой *F*, черезъ Гейслерову трубку *G*, которая при этомъ свѣтилась. Для разсматриванія получающагося при разрядѣ эффекта онъ пользовался вогнутымъ зеркаламъ *S*, приводимымъ въ быстрое вращательное движеніе (рис. 3).

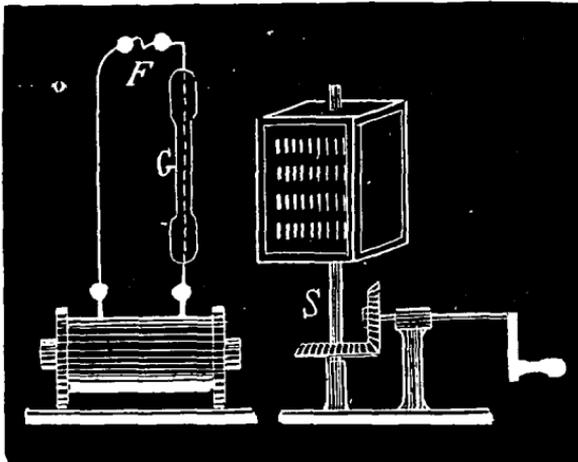


Рис. 3. Опытъ Феддерсена для разсматриванія искры колебательнаго разряда.

Зеркало давало на особомъ матовомъ стеклѣ непрерывный рядъ дѣйствительныхъ изображеній искры за все время ея существованія, которыя и разсматривались наблюдателемъ объективно. Впослѣдствіи матовое стекло было замѣнено чувствительною фотографическою пластинкою, на которую проэктировалось изображеніе искры.

Такимъ способомъ можно было ее сфотографировать въ различныхъ видахъ и въ разные періоды ея существованія. На полученныхъ снимкахъ разстоянія между изображеніями искры для cadaго опыта оказались неизмѣнными, что доказываетъ опредѣленность періода электрическихъ колебаній для данной цѣпи.

Расположеніе обитовъ Феддерсена позволяло ему наблюдать измѣненія періода колебанія при измѣненіи емкости конденсаторовъ, введенныхъ въ цѣпь, и самоиндукціи этой цѣпи, при чемъ измѣненіе емкости достигалось измѣненіемъ числа лейден-

скихъ банокъ. Оказалось, что періодъ колебанія увеличивается съ увеличеніемъ сопротивленія R и измѣняется пропорціонально корню квадратному изъ емкости конденсатора и самоиндукціи цѣпи. На фотографическихъ снимкахъ колебательныхъ разрядовъ Феддерсена видѣнъ рядъ свѣтлыхъ и темныхъ точекъ, соответствующихъ двумъ концамъ искры, причемъ свѣтлыя точки для одного конца соответствуютъ темнымъ точкамъ другого конца и обратно. Это происходитъ отъ того, что, когда искра проскакиваетъ въ воздухъ, частички, оторвавшіяся отъ положительнаго электрода, накаливаются. Съ частичками отрицательными этого не происходитъ и слѣдовательно, положительный конецъ искры свѣтится ярче, чѣмъ отрицательный. Подсчетъ періода колебаній по даннымъ Феддерсена былъ произведенъ проф. Кирхгофомъ и онъ оказался равнымъ въ среднемъ одной десятитысячной (0,0001) долѣ секунды.

Заслуга Феддерсена заключается въ томъ, что онъ независимо отъ какой либо теоріи установилъ опытнымъ путемъ дѣйствительное существованіе электрическихъ колебаній, теорія которыхъ была вполне закончена такимъ образомъ за пятьдесятъ лѣтъ до настоящаго времени.

V. Вибраторъ.

Хотя электрическая колебанія были извѣстны и изучались до Герца, но ему первому удалось получить колебанія столь быстрыя, что волны, возбуждаемыя ими, благодаря ихъ небольшой длинѣ, могли быть обнаружены и непосредственно измѣрены, для каковой цѣли продолжительность колебаній, полученныхъ Феддерсеномъ была не достаточна. Чтобы уяснить себѣ тотъ способъ, которымъ были осуществлены Герцемъ еще болѣе быстрыя электрическія колебанія, замѣтимъ, что подобно тому, какъ въ случаѣ распространенія звука, производимаго колебаніями камертона для возможности опредѣленія скорости колебаній и длины волны необходимъ непрерывный рядъ звуковыхъ волнъ, непосредственно слѣдующихъ одна за другой, для чего требуется продолжительное колебаніе источника звука, также точно для измѣренія частоты электрическихъ колебаній и длины электромагнитныхъ волнъ, ими производимыхъ, необходимо приспособленіе, дающее непрерывный, по возможности продолжительный, рядъ этихъ волнъ.

Приборъ для возбужденія не затухающихъ быстро электрическихъ колебаній долженъ удовлетворять нѣкоторымъ условіямъ. Для этого на концахъ проводника, въ которомъ возбуждаются

колебанія, помѣщаются шары или листы, обладающіе значительной электрической емкостью. Чтобы начальный запасъ энергіи былъ большой, надо возбудить значительную разность потенціаловъ; для того же, чтобы происходилъ колебательный разрядъ, т. е. чтобы взаимныя превращенія энергій не скоро прекращались, надо чтобы побочныя затраты энергіи, помимо электростатической и электромагнитной, были возможно малы. Каждый разъ, какъ токъ идетъ по проводнику, часть энергіи превращается въ тепловую, проводникъ поэтому долженъ имѣть возможно малое сопротивление. Чтобы въ искрѣ тратилось мало энергіи, она не должна превосходить извѣстной длины. Для того, чтобы сдѣлать запасъ большаго количества потенціальной энергіи, надо установить опредѣленную длину перерыва, въ которомъ происходитъ разрядъ.

Такой источникъ необычайно быстрыхъ электрическихъ колебаній для возбужденія электромагнитныхъ волнъ впервые былъ осуществленъ Генрихомъ Герцемъ, двадцать пять лѣтъ тому назадъ опубликовавшимъ рядъ работъ надъ электрическими колебаніями, которыя положили начало новому, теперь уже широко развившемуся, отдѣлу ученія объ электричествѣ и открыли собою особый классъ электрическихъ явленій, разнообразныхъ по характеру и нашедшихъ себѣ не мало примѣненій, какъ въ научныхъ областяхъ, такъ и въ практическихъ приложеніяхъ.

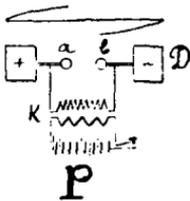


Рис. 4. Вибраторъ Герца.

изъ которыхъ телеграфированіе безъ проводовъ занимаетъ самое видное мѣсто. Герцъ получилъ электрическія колебанія желаемой скорости посредствомъ прибора, изображеннаго на рис. 4 и названнаго имъ вибраторомъ. Этотъ приборъ состоитъ изъ катушки Румкорфа К, вторичная обмотка которой соединена проволокой (40 сант. длины) съ металлическими стержнями, заканчивающимися съ одной стороны хорошо полированными латунными шариками а и б (діамет. 2 сант.), а съ другой — металлическими листами С и Д (по 40 сант. въ сторонѣ) или шарами А и В (діамет. 30 сантим.), какъ на рис. 2. Шары А и В или листы С и Д представляютъ собой конденсаторы, діэлектрикомъ которыхъ слѣжитъ воздухъ. Стержни, несущіе ихъ (длиною въ 150 сантиметровъ), обладаютъ надлежащей самоиндукціей. Искровой промежутокъ между шариками а и б былъ у Герца около 4 миллиметровъ. Для заряженія вибратора такихъ размѣровъ онъ пользовался катушкой, дающей длину искры около 20 сантиметровъ, при чемъ въ первичную цѣпь включались аккумуляторы Р. При катушкѣ К всегда имѣется прерыватель, служащій для того, чтобы по временамъ подновлять электрическія колебанія подсобно тому,

какъ повторяемый отъ времени до времени ударъ по камертону поддерживаетъ его звучаніе. Разрядъ между шариками а и вимѣтъ характеръ переменнаго тока, но электрическія колебанія, имъ производимыя, по своему существу рѣзко отличаются отъ него. Періодъ этого своеобразнаго переменнаго тока оказывается несравнено болѣе короткимъ, чѣмъ періодъ колебаній прерывателя первичнаго тока катушки или даже самыхъ быстрыхъ переменныхъ токовъ, примѣняемыхъ въ обыкновенной технической практикѣ. Шариками а и в заряжаются индукціоннымъ токомъ и потому разность ихъ потенциаловъ возрастаетъ сравнительно медленно. Кромѣ того заряды конденсаторовъ (листовъ или шаровъ) не настолько велики, чтобы разноименное электричество, скопляющееся на нихъ, могло соединиться въ обыкновенное время черезъ изолирующій слой воздуха или масла въ искровомъ промежуткѣ. Во время же разряда, происходящаго между а и в отъ самой катушки, искра пробѣтъ дорогу электричеству, находящемуся на конденсаторахъ, и произойдетъ колебательный разрядъ ихъ, а въ средѣ, окружающей вибраторъ,—рядъ возмущеній, называемый электромагнитной волной.

VI. Резонаторъ Герца.

Герць доказалъ, что электромагнитная волна распространяется отъ вибратора по всѣмъ направленіямъ и можетъ быть прослѣжена на большомъ разстояніи. Какъ обнаружить ее? Прежде, чѣмъ говорить о способѣ, примѣненномъ для этого, замѣтимъ, что каждое колебаніе представляетъ собою быстро появляющійся и быстро исчезающій токъ въ стержняхъ вибратора. Извѣстно, что исчезновеніе и появленіе тока въ одномъ проводникѣ вызываетъ токъ соотвѣтственнаго направленія и въ другомъ проводникѣ, поставленномъ въ плоскости параллельной линіи разряда. Поэтому рядъ переменныхъ токовъ въ вибраторѣ можетъ вызвать въ сосѣднемъ проводникѣ, если выполнены извѣстныя условія относительно его самоиндукціи, емкости и сопротивленія, столь энергичныя электрическія колебанія, что, прервавъ его въ одномъ мѣстѣ, можно получить въ этомъ перерывѣ искру. Теперь для лучшаго уясненія способа Герца, примѣннаго имъ для выслѣживанія электрическихъ колебаній, обратимся къ примѣру колеблющагося тѣла. Всякому колебанію маятника или камертона соотвѣтствуетъ опредѣленная продолжительность колебанія, называемая періодомъ. Когда камертонъ колеблется, его колебанія передаются окружающему воздуху и если есть по близости другой камертонъ, одинаковый съ первымъ, то его звуковыя

волны раскачиваютъ второй камертонъ и онъ начинаетъ колебаться въ свою очередь, если онъ можетъ давать колебанія того же періода. Такимъ же образомъ и электрической вибраторъ образуетъ пертурбаціи въ окружающей средѣ и заставляетъ колебаться второй вибраторъ, помѣщенный въ томъ же полѣ, если періоды ихъ колебаній одинаковы. Это явленіе называется электрическимъ резонансомъ, а проводникъ, въ которомъ періодъ электрическихъ колебаній равенъ періоду вибратора, называется резонаторомъ его. Взаимодѣйствіе между вибраторомъ и его резонаторомъ тоже самое, что и при индукціи между двумя параллельными проводниками въ томъ случаѣ, когда по одному изъ нихъ проходитъ переменный токъ. Это взаимодѣйствіе и обнаруживается искрой, проскакивающей въ перерывѣ резонатора, если искровой промежутокъ достаточно малъ, напримѣръ, не болѣе нѣсколькихъ сотыхъ долей миллиметра. Для измѣренія и регулировки искрового промежутка употребляется микрометрической винтъ. И такъ, резонаторъ есть тотъ же вибраторъ, но безъ индукціонной катушки, которая для него не нужна,

потому что онъ приводится въ дѣйствіе внѣшнимъ электрическимъ полемъ. Резонаторъ Герца имѣетъ видъ кольца, изображеннаго на рис. 5 и представляетъ большое преимущество предъ всѣми другими приборами, служащими для улавливанія электромагнитныхъ волнъ, по теоретической ясности своего дѣйствія, а также и потому, что на него могутъ дѣйствовать одновременно и магнитныя и электрическія силы волны

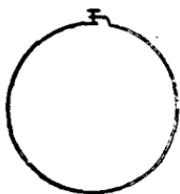


Рис. 5. Резонаторъ Герца.

Кромѣ того, резонаторъ Герца способенъ не только воспринимать входящія до него волны, но и продолжать колебанія, ими вызываемыя, вслѣдствіе чего вновь поступающія къ нему волны все увеличиваютъ тѣ колебанія, которыя получены имъ отъ прежнихъ волнъ.

По своей истинно гениальной простотѣ кольцевой резонаторъ Герца представляетъ собою наиболѣе оригинальное изъ всѣхъ его экспериментальныхъ открытій и по отношенію къ волнамъ электромагнитнымъ онъ играетъ такую же роль, какъ животный глазъ по отношенію къ волнамъ свѣтовымъ, почему Лордъ Кельвинъ и назвалъ его „электрическимъ глазомъ“.

Для демонстраціи дѣйствій вибратора на копыцевой резонаторъ можно пользоваться также гейслеровою трубкою *g*, прикладывая ее рукой къ резонатору, предварительно увеличивъ винтомъ *k* его искровой промежутокъ настолько, чтобы не могла образоваться искра. (Рис. 6). При этомъ условіи въ трубкѣ происходятъ разряды и трубка свѣтится. Послѣдняя форма резонатора, соединеннаго съ гейслеровою трубкою, особенно удобна

въ томъ случаѣ, когда приходится демонстрировать опыты Герца предъ большой аудиторіей.

При помощи этихъ же простыхъ приспособленій можно показать, что металлическій щитъ (около 4 квадр. метровъ) останавливаетъ распространеніе электрическихъ волнъ позади себя, вслѣдствіе ихъ отраженія и напротивъ, они не прекращаются, если экранъ, отдѣляющій вибраторъ отъ резонатора, сдѣланъ изъ непроводника (клеенки, дерева) и свободно проходятъ черезъ деревянныя и каменные стѣны. При этомъ электрическая энергія распространяется прямолинейно, какъ и свѣтъ. Если помѣстить вибраторъ въ фокусъ большого (2 метра вышиною) вогнутого зеркала (изъ жести), то получается пучекъ параллельныхъ электрическихъ лучей. Ихъ можно собрать другимъ такимъ же зеркаломъ и въ фокусъ его получится усиленное дѣйствіе, какъ въ известномъ опытѣ Пиктэ съ тепловыми лучами.

При пропусканіи электрическаго луча черезъ электропрозрач-

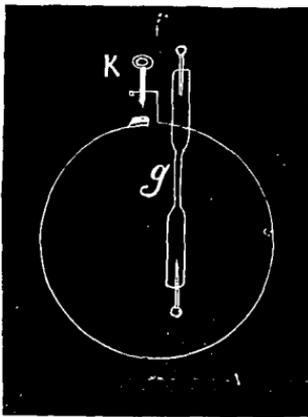


Рис. 6. Кольцевой резонаторъ Герца съ гейслеровою трубкой.

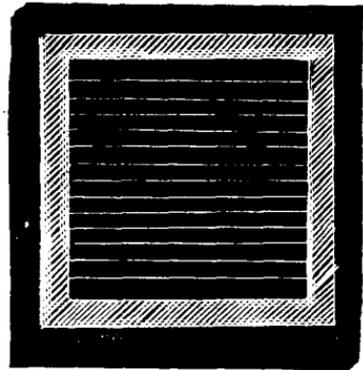


Рис. 7. Проволочная рѣшетка непрозрачная для электрическихъ лучей.

ную призму изъ асфальта (1,5 м. вышины и 1,2 м. ширины) замѣчается его преломленіе почти съ такимъ же показателемъ, какой теоретически соотвѣтствовалъ бы лучу свѣтовому.

Англійскій физикъ Лоджъ двумя чечевицами изъ асфальта (около 1 кв. м. поверхности, вѣсомъ около 12 пудовъ каждая) собиралъ электрическіе лучи, какъ собирается теплота солнца зажигательнымъ стекломъ.

Если на пути пучка электрическихъ лучей помѣстить рѣшетку изъ мѣдныхъ проволокъ, натянутыхъ параллельно между собой на большой деревянной рамѣ (2 метра въ сторонѣ), то она останавливаетъ дѣйствіе вибратора на резонаторъ, если проволоки параллельны стержнямъ вибратора (рис. 7) и оказы-

вается совершенно прозрачной для электрических лучей, когда проволочная рѣшетка повернута такъ, чтобы проволоки были расположены перпендикулярно (рис. 8) къ направленію токовъ въ вибраторѣ ¹²⁾.

Наконецъ, электрическіе лучи способны давать интерференцію при такихъ же условіяхъ, какъ свѣтовые и звуковыя волны ¹³⁾.

Особенно интересный случай интерференціи представляетъ собою явленіе стоячихъ волнъ. Если изъ какого нибудь источника выходитъ рядъ волнъ, падающихъ по нормали ¹⁴⁾ къ какой нибудь поверхности, и отражаются отъ нея, распространяясь

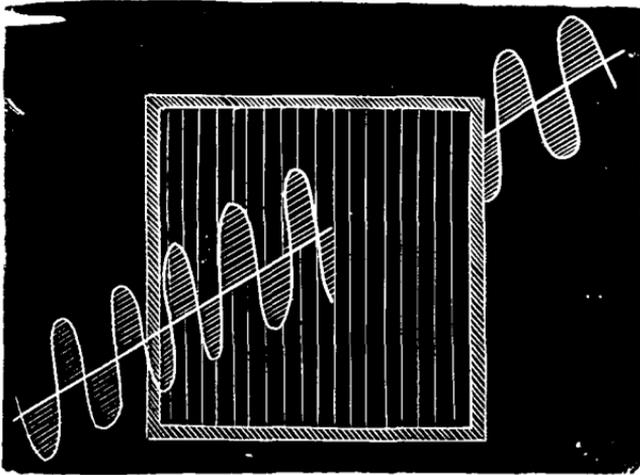


Рис. 8. Та-же проволочная рѣшетка въ такомъ положеніи, что она становится прозрачною для электрическихъ лучей.

по той же прямой, но въ противоположную сторону, то вслѣдствіе интерференціи волнъ падающихъ и отраженныхъ образуются вдоль этой прямой стоячія волны съ пучностями, гдѣ амплитуда колебаній наибольшая и съ узлами, гдѣ амплитуда колебаній равна нулю. Для полученія электрическихъ стоячихъ волнъ отбрасываютъ электрическій лучъ перпендикулярно къ металлическому экрану (6 квадрат. метровъ).

Отраженныя электрическія волны будутъ интерферировать

¹²⁾ Такая рѣшетка служитъ анализаторомъ электрическихъ колебаній, которыя въ вибраторѣ Герца можно считать прямолинейно—поляризованными.

¹³⁾ Интерференціею называется явленіе, происходящее въ томъ случаѣ, когда до одной и той же точки экрана доходятъ два колебательныхъ движенія, результатомъ чего мжетъ быть усиленіе и ослабленіе или даже полное уничтоженіе движенія въ этой точкѣ.

¹⁴⁾ Нормалью къ поверхности въ какой либо точкѣ ея называется перпендикуляръ къ касательной плоскости въ той же точкѣ.

съ падающими и давать узлы и пучности. Измѣряя разстояніе двухъ сосѣднихъ пучностей или двухъ сосѣднихъ узловъ находимъ половину длины волны, а отсюда и длину всей волны. Въ томъ пространствѣ, на которое распространяется колебательное движеніе въ теченіе одной секунды, укладывается столько волнъ, сколько совершается колебаній въ 1 секунду или другими словами—длина волны (λ), помноженная на число колебаній (n), равняется скорости v —($v = n\lambda$). Поэтому, зная длину волны и скорость распространенія колебательнаго движенія, можно опредѣлить число колебаній въ секунду и наоборотъ, зная число колебаній, можно опредѣлить скорость ихъ распространенія.

Самый опытъ полученія электрическихъ стоячихъ волнъ и измѣреніе ихъ длины Герць производилъ слѣдующимъ образомъ. Вибраторъ располагался вдоль фокусной линіи параболическаго зеркала такъ, что колебательный разрядъ происходилъ въ вертикальной плоскости. На нѣкоторомъ разстояніи (около 13 метровъ) отъ вибратора устанавливался отражательный экранъ въ видѣ цинковаго листа. Пространство между вибраторомъ и экраномъ изслѣдовалось посредствомъ резонатора. Узлы стоячей волны опредѣлялись тѣми точками на линіи электрическаго луча, гдѣ резонанса не замѣчалось, т. е. искры въ резонаторѣ не проскакивали; наоборотъ, по срединѣ между этими положеніями искры получались самая длинная, этимъ опредѣлялись пучности волны. Допустимъ, что разстояніе между двумя сосѣдними узлами, полученной стоячей электрической волны равно 1,5 метра, а число колебаній въ секунду—ста миллионамъ. Отсюда находимъ, что длина волны равна 3 метрамъ, а скорость распространенія—300 миллионамъ метровъ въ секунду. А это и есть скорость свѣта.

Очевидно, что если назвать черезъ T періодъ или время одного полнаго колебанія вибратора, то длина электромагнитной волны λ при скорости ея распространенія v , равной скорости свѣта, выразится такъ:

$$\lambda = v \cdot T.$$

Зная λ (3 метра) и скорость v (300 миллионъ метровъ въ секунду) можемъ опредѣлить періодъ T :

$$T = \lambda/v = \frac{3}{300.000.000} = \frac{1}{100.000.000} \text{ секунды,}$$

т. е. число колебаній въ секунду равняется ста миллионамъ.

Въ беспроводномъ телеграфированіи пользуются Герцовскими волнами длиною въ сотни и тысячи метровъ, такъ какъ болѣе длинныя волны легче огибають препятствія, встрѣчающіяся на пути ихъ между сообщающимися станціями.

Пространство, окружающее вибраторъ, приведенный въ дѣйствиѣ, т. е. пространство, въ которомъ резонаторъ можетъ обнаружить электромагнитныя волны, представляетъ собою то, что теперь называютъ Герцовскимъ полемъ. Пользуясь длинными проволоками, натянутыми параллельно между собою и по возможности перпендикулярно къ проводникамъ вибратора, можно усилить Герцовское поле и заставить электромагнитныя волны распространяться въ опредѣленномъ направленіи, а не свободно во всѣ стороны. Для этого Герцъ пользовался слѣдующимъ способомъ. Параллельно листамъ вибратора онъ располагалъ въ нѣсколькихъ миллиметрахъ отъ нихъ два другихъ такихъ же листа. Къ срединѣ этихъ послѣднихъ припаивалось по одной проволокъ нѣкоторой длины; свободные концы ихъ были изолированы (рис. 9). Обѣ пары листовъ, очевидно, дѣйствовали, какъ

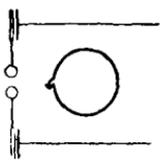


Рис. 9. Способъ Герца для усиленія поля, создаваемого его вибраторомъ.

конденсаторы. Если перемѣщать между этими проволоками резонаторъ, расположенный въ плоскости ихъ, то замѣчаются тѣ же явленія, что и во время его перемѣщенія между вибраторамъ и металлическимъ отражательнымъ экраномъ, т. е. наблюдаются попеременные появленія и затуханія искръ въ перерывѣ резонатора, когда онъ находится въ опредѣленныхъ мѣстахъ, расположенныхъ на постоянныхъ и равныхъ между собою разстояніяхъ.

При этихъ условіяхъ, вслѣдствіе усиленія Герцовскаго поля, благодаря присутствію длинныхъ металлическихъ проволокъ, явленіе становится болѣе интенсивнымъ и можетъ быть наблюдаемо на большемъ разстояніи отъ вибратора, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда для полученія стоячихъ волнъ употребляютъ только вибраторъ и отражательный экранъ.

Дальнѣйшія изслѣдованія Саразена (Sarasin) и др., выяснили что одинъ и тотъ же вибраторъ распространяетъ въ окружающемъ его пространствѣ цѣлый рядъ различныхъ электрическихъ колебаній, которыя даютъ начало волнамъ также различной длины. Если въ такомъ пространствѣ перемѣщать нѣсколько различныхъ резонаторовъ, имѣющихъ не одинаковыя размѣры, то каждый изъ нихъ будетъ обнаруживать только тѣ волны, которыя соотвѣтствуютъ его собственному періоду колебаній. Это явленіе было названо „многократнымъ резонансомъ“ и нашло себѣ важное примѣненіе въ безпроводномъ телеграфѣ.

Еще большаго усиленія дѣйствія электромагнитныхъ волнъ на резонаторъ можно достигнуть слѣдующимъ способомъ, который былъ предложенъ Турпэномъ (Turpain) и съ большимъ успѣхомъ примѣненъ проф. Поповымъ при работахъ въ Финскомъ заливѣ зимою 1900 года.

По способу Тюрпэна въ кольцевомъ резонаторѣ Герца, кромѣ обычнаго искрового промежутка К дѣлается еще одинъ разрывъ, въ который включается батарея съ телефономъ Т (рис. 10). Когда въ резонаторѣ начинаются вибраціи, то искра, появляющаяся въ промежуткѣ К, замыкаетъ токъ батареи черезъ телефонъ и онъ начинаетъ звучать. Можно даже выключить батарею и вмѣсто нея включить чувствительный микрофонъ (см. примѣчаніе 17); тогда телефонъ будетъ звучать отъ самихъ электрическихъ колебаній вибратора. Такимъ образомъ въ этомъ способѣ улавливается дѣйствіе электромагнитныхъ волнъ не только глазомъ, но и ухомъ. Этотъ способъ изслѣдованія электрическихъ колебаній на слухъ представляетъ большое удобство благодаря его высокой чувствительности. Даже не музыкальное ухо можетъ оцѣнить довольно точно различные звуковые оттѣнки, чего нельзя сказать о глазѣ, какъ органѣ вообще несовершенномъ, по отношенію къ оттѣнкамъ свѣтовымъ. На — глазъ трудно сказать, была ли искра въ одномъ случаѣ сильнѣе, чѣмъ въ другомъ; на слухъ же подобный вопросъ можно разрѣшить съ большою вѣроятностью. Телефонъ передаетъ уху безъ исключенія всѣ тѣ шумы, которые вызываются каждой звуковой вибраціей его мембраны, обусловленной электрическими колебаніями лишь-

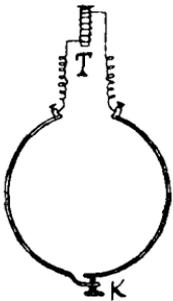


Рис. 10. Резонаторъ съ телефономъ.

бы только они дошли до резонатора. Тогда какъ глазъ не въ состояніи раздѣлять свѣтотыя впечатлѣнія, слѣдующія другъ за другомъ съ интервалами, меньшими одной седьмой доли секунды, ухо можетъ различать звуки, соответствующіе почти 40 тысячамъ полныхъ колебаній въ одну секунду. Слѣдовательно, если токъ отъ батареи будетъ проходить въ искровомъ промежуткѣ въ теченіе каждой сорокоогьсячной доли секунды, то телефонъ при этихъ условіяхъ еще будетъ звучать и ухо эти звуки въ состояніи будетъ воспринимать.

Въ цѣляхъ найти наиболѣе удачную форму вибратора каждый экспериментаторъ вносилъ разныя видоизмѣненія въ его конструкцію. Такъ, извѣстный англійскій ученый Оливеръ Лоджъ (Oliver Lodge) устранилъ въ вибраторѣ Герца провода съ шариками и оставилъ только два большіе шара, между которыми и получается искра.

Желаніе воспроизвести съ помощью электрическихъ колебаній явленія, аналогичныя свѣтовымъ, привели физиковъ къ необходимости изысканія приборовъ, дающихъ электрическія колебанія еще болѣе быстрыя а слѣдовательно волны еще болѣе короткія.

Съ этой цѣлью профессоръ Болонскаго университета Августо

Риги (Righi) устроилъ вибраторъ, представляющій собою систему четырехъ изолированныхъ другъ отъ друга шаровъ, между которыми находится три перерыва. Два массивныхъ латунныхъ шара А и В діаметромъ въ 20 сантиметровъ помѣщаются на разстояніи одного миллиметра одинъ отъ другого посредствомъ оправы въ изолированный сосудъ (рис. 11) такимъ образомъ, что одна половина каждого шара лежитъ въ воздухѣ, а другая — въ сосудѣ, наполненномъ жидкимъ вазелиновымъ масломъ. Шары А и В заряжаются черезъ шарики а и б, соединенные со вторич-

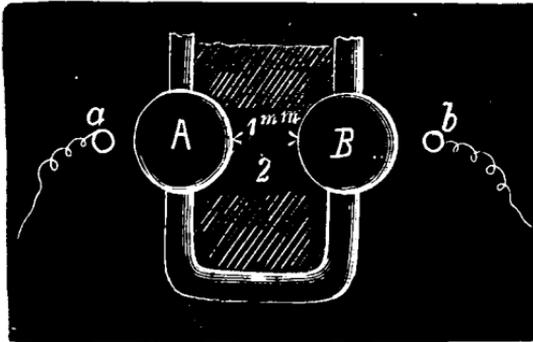


Рис. 11. Вибраторъ проф. Риги.

ною обмоткою катушки Румкорфа. Въ первичную обмотку ея включается батарея съ обыкновенною телеграфною клавишею для замыканія и размыканія тока. При каждомъ нажатіи клавиши въ трехъ перерывахъ вибратора Риги проскакиваютъ искры, при чемъ двѣ изъ нихъ происходятъ въ воздухѣ а третья—въ маслѣ между шарами А и В въ промежуткѣ 2. Последняя и даетъ чрезвычайно быстрыя электрическія колебанія (до 10 миллиардовъ въ секунду), возбуждающія волны, длина которыхъ при діаметрѣ шаровъ А и В въ шесть миллиметровъ не превосходитъ 2,5 сантиметра.

Но профессоръ Московскаго Университета Лебедевъ не удовольствовался этимъ и сконструировалъ свой вибраторъ, который далъ возможность получать длину волны, не превышающую шести миллиметровъ, а число колебаній, доходящее до колоссальной цифры—пятидесяти миллиардовъ.

Вибраторъ проф. Лебедева состоитъ изъ двухъ маленькихъ платновыхъ цилиндриковъ P_1 и P_2 (длиною 1,3 миллиметра), впаянныхъ въ стекляныя трубки G_1 и G_2 . Возбужденіе цилиндриковъ производится проволоками D_1 и D_2 , соединенными съ катушкою Румкорфа I черезъ посредство конденсатора С и огромнаго сопротивленія W (Рис. 12). Этотъ вибраторъ помѣщается въ фокальной плоскости небольшого полуцилиндриче-

Источник колебаній.	Число колебаній въ секунду.	Длина волны въ в здухъ.
Обыкновенный переменный токъ для освѣщенія и др. цѣлей	отъ 50.	отъ 6000 километровъ.
Разрядъ батареи лейденскихъ банокъ (Феддерсенъ, 1858 г.).	отъ 25000 до 500000.	отъ 0,6 до 12 километровъ.
Разныхъ видовъ и размѣровъ вибраторы Герца	отъ 10 до 500 милліоновъ.	отъ 0,6 до 30 метровъ.
Вибраторъ Риги (1893 г.)	отъ 1500 до 10000 милліоновъ.	отъ 3 до 21 сантиметра.
Вибраторъ П. Н. Лебедева (1895 г.).	до 50000 милліоновъ.	отъ трехъ до шести милліметровъ.
Самые длинные изъ тепловыхъ лучей—какъ называемые, остаточные лучи флуорита, (изученные Рубенсомъ, 1894 г.).	12 билліоновъ.	отъ 0,024 до 0,070 милліметра.
Красный свѣтъ около спектральной линіи В.	450 билліоновъ.	0,00075 милліметра.
Фиолетовый свѣтъ около спектральной линіи Н. (изучен. Лянглеемъ, Ровландомъ и др.).	800 билліоновъ.	0,00035 милліметра.
Зафиолетовые лучи, лучи Беккереля и, наконецъ, радіаціи Блондло (1903 г.), какъ самые короткіе изъ извѣстныхъ до настоящаго времени.	Неизмѣримо велико.	отъ 0,000018 до 0,000008 милліметра.

Электрическія колебанія.
 Тепловыя колебанія.
 Свѣтovyя колебанія.

скаго зеркала, котораго фокусное разстояніе равняется шести миллиметрамъ. Зеркало и вибраторъ помѣщаются въ сосудъ съ керосиномъ.

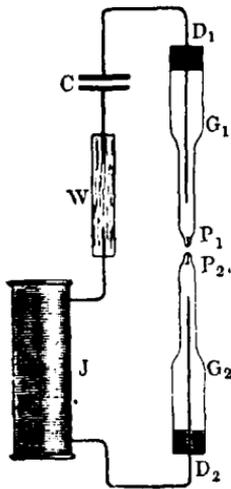


Рис. 12. Вибраторъ проф. П. Н. Лебедева, дающій 50 милліардовъ колебаній въ секунду.

При помощи выше описанныхъ вибраторовъ многимъ экспериментаторомъ удалось воспроизвести съ электрическими лучами большую часть явленій, присущихъ свѣтовымъ лучамъ, какъ напр. интерференцію, преломленіе, полное внутреннее отраженіе и другія, но далеко не всё и поэтому достигнуть опытнымъ путемъ доказательства о полномъ тождествѣ между свѣтовыми и Герцовскими волнами до сихъ поръ не удалось. Это объясняется различіемъ только въ періодахъ колебаній лучей Герца и свѣтовыхъ. Дѣйствительно, число колебаній въ секунду, получаемыхъ отъ вибратора Лебедева, равняется пятидесяти милліардамъ, тогда какъ наименьшее число колебаній видимаго свѣтового луча почти въ десять тысячъ разъ больше. Но это различіе въ періодахъ колебаній не только не представляетъ собою какого либо противорѣчія, а даже подтверждаетъ полную аналогію между этими двумя категоріями явленій, имѣющихъ

подъ собою одну и ту же сущность.

Нижеслѣдующая таблица даетъ наглядное представленіе о длинѣ волнъ въ зависимости отъ числа колебаній, получаемыхъ отъ различныхъ источниковъ. Въ первой графѣ таблицы указывается источникъ колебаній, во второй—число ихъ, а въ послѣдней—соотвѣтственная длина волны въ воздухѣ (эта таблица была приведена въ одной изъ журнальныхъ статей проф. Брауна).

VII. Трубка Бранли или когереръ.

Возбужденіе электромагнитныхъ волнъ посредствомъ электрическихъ колебаній и улавливаніе ихъ въ томъ видѣ, какъ выше описано, представляетъ собою прототипъ беспроволочнаго телеграфа. Однако, когда пожелали сдѣлать практическія примѣненія этихъ явленій, то обнаруживаніе электромагнитной волны посредствомъ искры въ перерывѣ резонатора оказалось довольно грубымъ способомъ изслѣдованія.

Поэтому, многие изъ ученыхъ, занимавшихся воспроизведе-
ніемъ опытовъ Герца, направили свои силы къ изысканію болѣе
чувствительныхъ способовъ улавливанія электромагнитныхъ волнъ.
Хотя всѣ (около 10) вскорѣ предложенные для сего методы ¹⁵⁾
давали возможность замкнуть дѣйствіемъ эл-ктрической волны
токъ въ разомкнутой цѣпи, что только и нужно для телегра-
фированія безъ проводовъ, все-таки они еще не обладали ка-
чествами необходимыми для практическихъ приложеній, требую-
щихъ большой и постоянной чувствительности. Современный
беспроволочный телеграфъ сдѣлался возможнымъ лишь благо-
даря изобрѣтенію чрезвычайно чувствительнаго прибора (радіо-
кондуктора), названнаго по имени изобрѣтателя трубкой Бранли.

Парижскій профессоръ физики Эдуардъ Бранли (Branly) въ
1891 г., изслѣдуя сопротивление тонкихъ металлическихъ слоевъ,
замѣтилъ, что металлическій порошокъ или бисеръ, нанесенный
тонкимъ слоемъ на пластинку изъ непроводника (эбонита), или
насыпанный въ стеклянную трубку съ электродами и представ-
ляющей прохожденію тока громадное сопротивление, доходящее
до милліона омовъ ¹⁶⁾, мгновенно уменьшаетъ его иногда до
нѣсколькихъ единицъ омовъ, если до подобнаго слоя доходить
электромагнитная волна. Проводимость порошкообразной массы,
полученная подъ дѣйствіемъ колебательнаго разряда, сохра-
няется порошкомъ въ присутствіи электромагнитной волны и
можетъ быть уничтожена лишь встряхиваніемъ его ¹⁷⁾.

Такое дѣйствіе колебательнаго разряда на тонкій слой ме-
таллическихъ зеренъ, образующихъ порошокъ, можно демонстри-

¹⁵⁾ Изъ нихъ можно указать на способы: Цендера (Wied Ann T. 47
стр. 77); Тюрпэна (Soc des sciences de Bordeaux 1895 и 1897); Больцманъ
(Wied Ann T. 40 стр. 399); Ри и (Rendic R. Acc. de Bologna 1898); Клемен-
ничъ (Wied Ann T. 42 стр. 117); Минчинъ (Philos Mag. ser. 5 T. 31
стр. 207) и др.

¹⁶⁾ Омъ есть единица сопротивленія, равная сопротивленію столба ртути
въ 106 сантимет. длины и 1 кв. миллиметръ поперечнаго сѣченія при 0°.

¹⁷⁾ Принципъ трубки Бранли, представляющей собою случай уменьшенія
гальваническаго сопротивления подъ вліяніемъ нѣкотораго физическаго воз-
дѣйствія, нашелъ гораздо раньше важное практическое примѣненіе въ обще-
извѣстномъ микрофонѣ, который всегда вводится во всякую телефонную цѣпь.

Простѣйшій по устройству микрофонъ состоитъ изъ угольной палочки
входящей своими заостренными концамъ въ углубленія угольныхъ стержень-
ковъ. Подъ вліяніемъ звуковыхъ волнъ, воспринимаемыхъ дощечной,
на которой угольныя палочки утверждены, онъ въ мѣстахъ своего сопри-
косновенія періодически, сообразно съ вибраціями дощечки, то прижимается,
то какъ бы отходитъ другъ отъ друга, вслѣдствіе чего сопротивление ихъ то
уменьшается, то возвращается къ своей нормальной вѣличинѣ. Соотвѣтственно
этому въ цѣпи, содержащей такой микрофонъ и батарею происходятъ
періодическія измѣненія силы тока, вызывающія въ свою очередь колебанія
телефонной пластинки. Этотъ примѣръ приводится для того, чтобы показать
что трубка Бранли не представляетъ собою совершенно новаго открытія, т. е.
такого, о сущности котораго раньше совсѣмъ ничего не было извѣстно.

ровать слѣдующими простыми средствами, какъ это дѣлается проф. Поповымъ. Составляется цѣпь изъ обыкновеннаго электрическаго звонка и двухъ или трехъ элементовъ (Лекланше). Если присоединить къ концамъ этой цѣпи двѣ металлическія пластинки, то, сближая ихъ до соприкосновенія, замкнемъ цѣпь и тѣмъ заставимъ звонокъ дѣйствовать (рис. 13). Если же положить на столѣ обѣ пластинки рядомъ, но такъ, чтобы онѣ не касались одна другой и заполнить пространство между ними желѣзными опилками или бисеромъ, то, хотя цѣпь звонка и будетъ ими замкнута, сопротивление цѣпи окажется настолько громаднымъ, что звонокъ не будетъ звонить. Но если гдѣ нибудь вблизи произвести разрядъ электрофорной машины или вообще колебательный разрядъ какого-либо вибратора, то электромагнитная волна тотчасъ же установитъ связь между разведенными частичками порошка, сопротивление цѣпи мгновенно

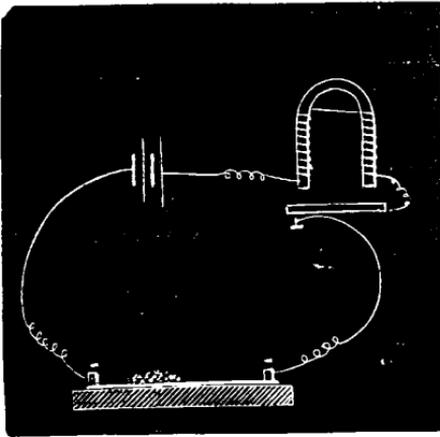


Рис. 13. Измѣненіе проводимости металлическаго порошка подѣйствіемъ электромагнитной волны.

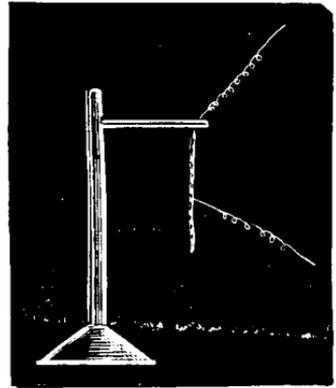


Рис. 14. Измѣненіе сопротивления цѣпочки въ зависимости отъ ея натяженія.

упадетъ и звонокъ начнетъ дѣйствовать. Эта связь можетъ быть снова разрушена встряхиваніемъ порошка, вслѣдствіе чего возстановится прежняя величина сопротивления и звонокъ перестанетъ звонить.

Для выясненія сущности этого явленія проф. Поповъ на одномъ изъ засѣданій Русскаго физико-химическаго общества произвелъ слѣдующій опытъ. Цѣпь изъ звонка и нѣсколькихъ элементовъ замыкается черезъ цѣпочку (рис. 14) и звонокъ звонитъ. Постепеннымъ увеличеніемъ числа звеньевъ, введенныхъ въ цѣпь, можно достигнуть того, что звонокъ перестанетъ дѣйствовать. Стоитъ только рукою натянуть цѣпочку, чтобы звонокъ опять началъ работать; если же встряхнуть ее, звонъ прекращается.

Слѣдовательно, электромагнитная волна производит такое же дѣйствіе, какъ прямое нажатіе или натяженіе.

Этотъ принципъ и лежитъ въ основаніи устройства трубки Бранли (рис. 15).

Радиокондукторъ Бранли состоитъ изъ стеклянной трубки, въ которую помѣщены двѣ хорошо пригнанные серебряныя пробки съ желѣзными опилками между ними. Серебряныя пробки соединены съ платиновыми прсволоками, впаянными въ трубку и предназначенными съ одной стороны проводить къ опилкамъ электрическія колебанія изъ проволоки, принимающей ихъ, съ другой стороны—замыкать черезъ опилки особую цѣпь, въ которой производится запись сигналовъ.

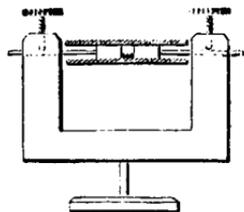


Рис. 15. Трубка Бранли (когереръ).

Названіе радіокондукторъ не заключаетъ въ себѣ никакого указанія на способъ дѣйствія этого прибора. Оно только говоритъ, что приборъ становится проводникомъ подѣ дѣйствіемъ электрическихъ лучей (радіацій). На самомъ же дѣлѣ явленіе, происходящее въ радиокондукторахъ представляется чрезвычайно сложнымъ и для объясненія его было предложено нѣсколько гипотезъ. Такъ, Оливеръ Лоджъ уменьшеніе сопротивленія въ трубкѣ Бранли объясняетъ тѣмъ, что подѣ вліяніемъ электрическихъ колебаній между зернами порошка проскакиваютъ искры, увлекающія собою мельчайшія частицы, отрывающіяся при искрѣ отъ этихъ зеренъ, вслѣдствіе чего возникаетъ между ними „сцѣпленіе“ (cohesion), откуда и произошло названіе когереръ, данное Лоджемъ трубкѣ Бранли—нынѣ всѣми принятое въ практикѣ. Такимъ образомъ, между частицами когерера подѣ вліяніемъ электрическихъ волнъ устанавливается металлическое соединеніе, какъ бы спаиваніе, образующее по направленію входящаго разряда проводящія мостики, разрушающіяся при встряхиваніи трубки и своимъ разрушеніемъ снова возстановляющіе громадное сопротивленіе когерера.

Самъ Бранли уменьшеніе сопротивленія когерера объяснял измѣненіями, происходящими въ діэлектрикѣ, т. е. въ воздухѣ: окружающемъ опилки. Онъ предполагалъ, что не плотно соприкасающіяся между собою зерна металлическаго порошка заряжаются подобно конденсаторамъ, между которыми и происходитъ разрядъ. Бранли основываетъ свой взглядъ на томъ, что когереръ сохраняетъ упомянутое свойство и тогда, когда металлическія опилки залиты воскомъ или каучукомъ, замѣняющимъ въ даннсмъ случаѣ воздушныя прослойки между отдѣльными зернами. По мнѣнію же проф. Попова опилки въ трубкѣ Бранли намагничиваются подѣ дѣйствіемъ волнъ и располагаются правильными нитями сплошного металла.

Насколько проста конструкція трубки Бранли, настолько же велико ея значеніе въ телеграфированіи безъ проводовъ. Радиокондукторомъ Бранли былъ рѣшенъ вопросъ о большой и постоянной чувствительности одного изъ главнѣйшихъ приборовъ въ схемѣ беспроводнаго телеграфа, служащихъ для улавливанія электромагнитныхъ волнъ и лишь благодаря ему явилась возможность посредствомъ колебательнаго разряда замыкать токъ на значительномъ разстояніи, что для телеграфированія безъ проводовъ только и нужно.

VIII. Беспроволочный телеграфъ проф. А. С. Попова.

Изъ вышесказаннаго ясно, что для пракческаго осуществленія беспроводнаго телеграфа необходимы слѣдующія составныя части: на одной станціи—источникъ электрическихъ колебаній, возбуждающій въ пространствѣ электромагнитныя волны и дѣйствующій по произволу періодически для образованія длинныхъ и короткихъ импульсовъ, изъ которыхъ можно комбинировать различныя сочетанія, какъ въ телеграфной азбукѣ Морзе; на другой станціи—когереръ и приборы для размыканія тока, т. е. для встряхиванія когерера и для записи сигналовъ.

Источникомъ электрическихъ колебаній можетъ служить вибраторъ какой угодно формы, заряжаемый катушкой Румкорфа съ автоматическимъ прерывателемъ. Длинные и короткіе періоды дѣйствія вибратора получаютъ при помощи обыкновенной телеграфной клавиши, введенной въ первичную обмотку катушки. Для приѣма электромагнитныхъ волнъ, возбуждаемыхъ вибраторомъ, употребляется особая комбинація трубки Бранли и другихъ приборовъ, посредствомъ которыхъ приводится въ дѣйствіе пишущій аппаратъ.

Первенство въ осуществленіи передачи сигналовъ на разстояніе при помощи электромагнитныхъ волнъ принадлежитъ проф. Электротехническаго Института въ Петербургѣ А. С. Попову, который въ 1895 г. выработалъ особый регистрирующій аппаратъ для записи электрическихъ колебаній, происходящихъ въ атмосферѣ и лѣтомъ того же года установилъ его на метеорологической обсерваторіи Лѣснаго Института. Этотъ приборъ, названный авторомъ его „грозоотмѣтчикомъ“, содержалъ уже тогда всѣ существенныя части современнаго приѣмнаго аппарата для телеграфированія безъ проводовъ.

Приемная станция, устроенная по системѣ проф. Попова, состоитъ изъ когерера *C*, батареи *P* и телеграфнаго релѣ *R*.¹⁸⁾ (рис. 16).

Дѣйствіе ея проф. Поповъ описываетъ слѣдующимъ образомъ (Журналъ Рус. Физико-Химическаго Общества, 1896). Когереръ вводится въ цѣпь послѣдовательно съ релѣ и батареей. Токъ ея проходитъ черезъ релѣ и трубку *C*, но вслѣдствіе огромнаго

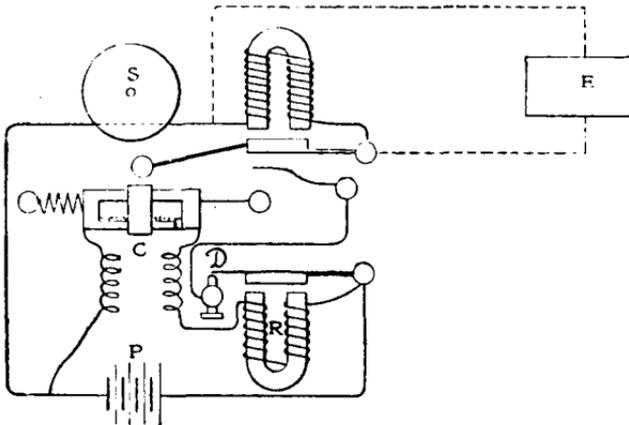


Рис. 16. Прозвѣстчикъ проф. А. С. Попова (1895 г.). С—когереръ; Р—батарея; R—релѣ; S—звонокъ; E—самонипущій аппаратъ.

сопротивленія порошкообразной массы, сила тока не въ состояніи притянуть его якорь. Но какъ только электрическое колебаніе достигнетъ трубки, ея сопротивленіе уменьшится, вслѣдствіе этого сила тока, идущаго по обмоткѣ релѣ, увеличится¹⁹⁾

¹⁸⁾ Релѣ представляетъ собою одну изъ существенныхъ частей всякаго телеграфнаго аппарата. Токи, передаваемые по телеграфнымъ проволокамъ, не имѣютъ на станціи назначенія достаточной силы, чтобы подѣйствовать на электромагниты пишущаго прибора. По этому около послѣдняго устанавливается электромагнитъ съ очень легкой арматурой, называемый релѣ, которая притягивается подѣйствіемъ даже слабыхъ токовъ и этимъ соединяетъ приемный аппаратъ съ мѣстной батареей, токъ которой, болѣе сильный, чѣмъ пришедшій къ релѣ, приводитъ въ дѣйствіе электромагниты пишущаго аппарата. Релѣ Сименса, изображенный на рисункахъ 17 и 18 есть одинъ изъ наиболѣе распространенныхъ приборовъ этого рода. Двѣ катушки E и E^0 электромагнита поставлены на сѣверный полюсъ постояннаго магнита n s , изогнутаго подѣ прямымъ угломъ. Въ южномъ полюсѣ его s сдѣлана вырѣзка. Въ ней на оси насажена пластинка ab изъ мягкаго желѣза, которая при прохожденіи тока по обмоткамъ электромагнитовъ E и E^0 притягивается къ одному изъ нихъ и черезъ соприкосновеніе, происходящее при этомъ, съ винтомъ c или d замыкаетъ станціонную батарею.

¹⁹⁾ Согласно закону Ома электродвижущая сила (E) какой нибудь цѣпи выражается произведеніемъ изъ силы тока (i) этой цѣпи на ея сопротивленіе (W) или $E=iv$. Поэтому, если W уменьшается, то для того, чтобы равенство $E=iv$ не нарушилось, сила тока i должна увеличиться.

и якорь его притянувшись, замкнетъ контактъ релэ въ точкѣ *Д*. Этимъ же контактомъ замыкается и другая цѣпь, содержащая въ себѣ обыкновенный электрической звонокъ. Молоточекъ звонка придетъ въ движеніе и своими ударами одновременно встряхнетъ трубку и произведетъ звонъ. Встряхиваніе трубки немедленно уничтожитъ проводимость порошка и разомкнетъ цѣпь релэ. Якорь его возвратится на прежнее мѣсто и звонъ прекратится. Такимъ образомъ приборъ будетъ отмѣчать кратко-

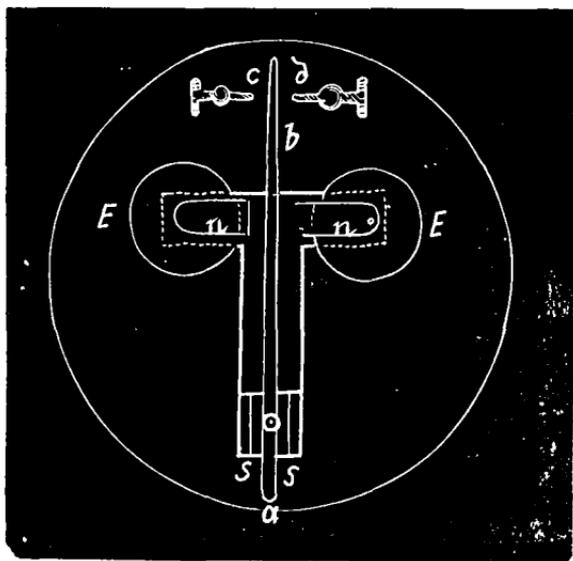


Рис. 17. Схема релэ Сименса.

временнымъ замыканіемъ контакта *Д* и звономъ всякое электрическое колебаніе, обладающее энергіей, достаточной для такого уменьшенія сопротивленія трубки, при которомъ можетъ дѣйствовать релэ отъ имѣющейся батареи.

Если вызвать въ вибраторѣ рядъ непрерывно слѣдующихъ другъ за другомъ разрядовъ, то вся совокупность явленій въ приборѣ будетъ повторяться періодически тѣмъ чаще, чѣмъ быстрѣе дѣйствуютъ механизмы звонка и релэ. Одинъ изъ электродовъ когерера соединяется или со стержнемъ громоотвода (какъ это устроено въ Лѣсномъ Институтѣ въ настоящее время) или съ изолированной проволокой, подвѣшенной на мачтѣ, а другой — съ землею.

Подобно тому, какъ камертонъ отвѣчаетъ на колебанія другого камертона, лишь когда онъ настроенъ съ нимъ въ унисонъ, такъ и когереръ наилучше откликается на электрическія колебанія въ томъ случаѣ, когда существуетъ надлежащее соотно-

шеніе между электрическими, такъ сказать, размѣрами трубки, т. е. между самоиндукціей и электроемкостью когерера и такими же элементами вибратора. Чѣмъ лучше подобранъ резонансъ между вибраторомъ и когереромъ, тѣмъ значительнѣе можетъ быть разстояніе между сообщающимися станціями. Чтобы настроить трубку Бранли въ унисонъ съ электрическими колебаніями дѣйствующаго вибратора, изъ нея высыпаютъ порошокъ и удаляются съ нею отъ вибратора на нѣсколько шаговъ, держа трубку параллельно стержнямъ вибратора. Тогда внутри трубки, въ промежуткѣ между сближенными концами вставленныхъ въ нее металлическихъ пробокъ, должна появиться „хорошая“ искра,

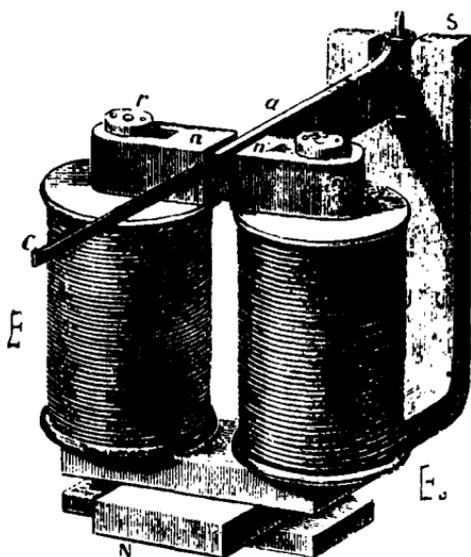


Рис. 18. Релѣ Сименса.

что опредѣляется и по виду искры и по звуку, которымъ она сопровождается. Цвѣтъ искры долженъ быть блестящимъ — бѣлымъ, а звукъ — сухимъ, рѣзкимъ, напоминающимъ трескъ.

Если такой искры нѣтъ, или если она слаба, то для усиленія ея трубочку снабжаютъ наружными крыльями, т. е. къ внѣшнимъ концамъ ея проволоку прикрѣпляютъ шарики или станиольевые листочки большихъ или меньшихъ размѣровъ, пока не получится внутри трубки „хорошая“ искра. Послѣ этого въ трубочку всыпаютъ обратно металлическій порошокъ, закрѣпляютъ подобранныя крылья и въ такомъ уже видѣ ее употребляютъ въ дѣло. Конечно, при очень значительномъ разстояніи между вибраторомъ и когереромъ, въ этомъ послѣднемъ не получится видимой искры, но дѣйствіе электромагнитныхъ волнъ на порошокъ будетъ сильнѣе, чѣмъ въ ненастроенной трубкѣ.

Подобно соединенію одного изъ электродовъ когерера съ громоотводомъ, или съ изолированной проволокой, подвѣшенной къ мачтѣ на приемной станціи, такое же приспособленіе дѣлается и на станціи отправленія сигналовъ. Одинъ изъ шариковъ вибратора сообщается съ металлической пластинкой или проволоками, утвержденными на высокой мачтѣ и отъ нея уже, какъ лучи отъ освѣщеннаго зеркала, распространяются электромагнитныя волны во всѣ стороны. Когда онѣ достигаютъ станціи, то одновременно съ замыканіемъ цѣпи когерера производится при помощи релѣ еще замыканіе другой цѣпи съ электромагни-

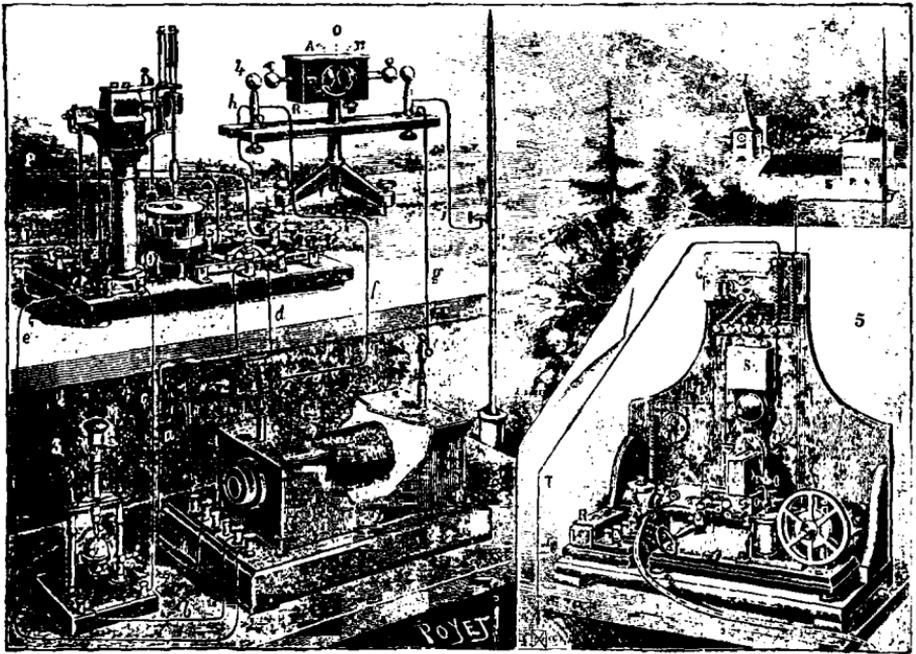


Рис. 19. Полная установка беспровочнаго телеграфа по системѣ Попова-Дюкрете.

томъ, приводящимъ въ дѣйствіе самопишущій приборъ особой конструкции, предложенной Парижскою фирмою Дюкрете (Ducretet), которая занялась дальнѣйшею разработкою приборовъ беспроводнаго телеграфа по даннымъ проф. Попова. Этой фирмою была сконструирована въ 1897 г. полная станція, показанная на выставкѣ Французскаго Физическаго Общества, а въ 1898 г. и въ Парижской Академіи Наукъ.

На прилагаемомъ рисункѣ 19 станція отправленія сигналовъ показана слѣва, а приемная—справа. Всѣ приборы представлены такъ, какъ они располагаются при работѣ и схематически соеди-

нены проводами. Токъ, идущій изъ небольшого источника электрической энергіи P , поступаетъ прежде всего въ прерыватель, представленный въ 1. Этотъ токъ служитъ единственно для того, чтобы приводить въ дѣйствіе маленькій двигатель, находящійся въ верхней части прерывателя. Послѣдній принадлежитъ къ типу ртутныхъ прерывателей: ртуть содержится въ стаканчикѣ K ; надъ нею находится спиртъ; сверху стаканчикъ закрытъ металлической крышкой. Вертикальный стержень, прерывающій токъ, приводится въ движеніе осью вышеупомянутаго электрическаго двигателя. Такое устройство необходимо было принять потому, что искры, появляющіяся въ воздухѣ, производятъ сильное нагрѣваніе, отъ котораго портятся металлическія поверхности и нарушается правильный ходъ индукціонной катушки. Токъ поступающій отъ внѣшняго источника электричества по проволокамъ P , подходитъ къ борнамъ коммутатора, стоящаго на доскѣ прерывателя направо, выходитъ по провололкѣ a , идетъ ко второму зажиму катушки, проходитъ по индукціонной цѣпи, выходитъ снова изъ предпоследняго зажима и по провололкѣ b входитъ въ манипуляторъ M , представленный въ 3. Этотъ приборъ состоитъ изъ вертикальнаго стержня, который погружаютъ рукою въ изолирующую жидкость до соприкосновенія съ металлической частью для замыканія тока. Онъ позволяетъ посылать токъ въ первичную цѣпь индукціонной катушки въ продолженіе какъ длинныхъ, такъ и короткихъ промежутковъ времени. По выходѣ изъ манипулятора токъ идетъ по провололкѣ c къ прерывателю, затѣмъ проходитъ по вертикальному стержню черезъ стаканчикъ съ ртутью K , возвращается въ коммутаторъ и оттуда въ источникъ электричества P . Оба крайніе полюсы прерывателя соединены проволоками e и d съ конденсаторомъ индукціонной катушки.

Проволоки f и d вторичной цѣпи катушки соединяются съ крайними шариками вибратора (4). Въ резервуарѣ R , наполненномъ изолирующей жидкостью, находятся два шара A и B , разстояніе между которыми можно регулировать по желанію. Искра появляется между этими двумя шарами; ее можно наблюдать черезъ отверстіе въ O . Одинъ изъ шариковъ вибратора соединенъ проволокой h съ землею; другая—въ i примыкаетъ къ мачтѣ или вертикальному стержню, стоящему на изолирующей подставкѣ.

Вотъ всѣ приборы, необходимые для станціи отправленія. Сначала замыкается цѣпь P' , чѣмъ приводится въ дѣйствіе двигатель прерывателя. Затѣмъ включается коммутаторъ, находящійся на той же доскѣ и съ помощью манипулятора M устанавливается рядъ короткихъ или длинныхъ контактовъ, сопровождаемыхъ рядомъ длинныхъ или короткихъ разряжающихъ

токовъ. Электромагнитныя волны передаются черезъ разстояніе и воспринимаются на приѣмной станціи.

На приѣмной станціи Попова—Дюкрете, представленной на рисунокѣ справа, имѣется вертикальный стержень, предназначенный для воспринятія доходящихъ сюда электромагнитныхъ волнъ. Въ *H* находится трубка съ автоматическимъ молоточкомъ, приходящимъ въ соприкосновеніе съ трубкой послѣ каждого прохожденія тока и возвращающимъ ее порошкообразную массу въ первоначальное состояніе. Вторая проволока соединена съ землею *T*. На станціи находится очень чувствительное релѣ *K*, электрической призывной звонокъ *S* и самопишущій аппаратъ системы Морзе. Онъ записываетъ безъ помощи телеграфиста всѣ электромагнитныя волны, образуемая какъ атмосфернымъ электричествомъ вблизи принимающей станціи, такъ и всякимъ другимъ источникомъ электрическихъ колебаній.

На приѣмной станціи Попова—Дюкрете былъ примѣненъ когереръ особой системы, предложенной самимъ проф. Поповымъ.

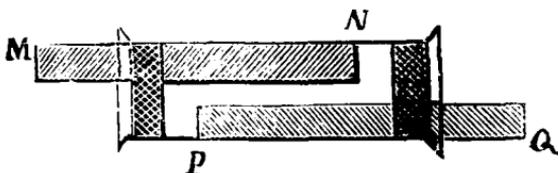


Рис. 20. Когереръ А. С. Попова.

Когереръ Попова, обладающій высокою чувствительностью благодаря постоянству контакта между электродами и порошкомъ, состоитъ изъ стеклянной трубки съ приклеенными къ внутренней поверхности платиновыми полосками *MN* и *PQ* (рис. 20), изъ которыхъ одна полоска выведена наружу съ одного конца трубки, а другая—съ другого. Разстояніе между краями полосокъ отъ 0,5 до 2 миллиметр., при ширинѣ ихъ въ 5—8 миллиметровъ. Въ трубку насыпается стальной раздробленный бисеръ.

При опытахъ, произведенныхъ проф. Поповымъ на Финскомъ заливѣ, разстояніе для телеграфированія доходило до 35 верстъ, для чего требовалось только поднять проводникъ отъ вибратора на мачту высотой около 8 сажень. Практика вскорѣ показала возможность телеграфированія на гораздо большія разстоянія, что и было выполнено въ 1900 г. между островомъ Гохландъ и сѣвернымъ берегомъ Финскаго залива (разстояніе 46 верстъ), гдѣ сообщеніе было устроено по случаю аварии, которую потерпѣлъ вблизи этого острова броненосецъ „Генераль-Адмираль графъ Апраксинъ“. Приемникомъ въ этой замѣчательной работѣ,

происходившей зимою при крайне неблагоприятных условиях с 28 января по 12 апреля служил не аппарат Морзе, а обыкновенный телефон, как в способе Тюрпэна, посредством которого можно отчетливо слышать, с какой частотой работает прерыватель на отправительной станции и легко принимать депешу на слух, особенно если пользоваться прерывателем Венельта ²⁰⁾.

Объ успешном применении этого радиотелефонного приемника проф. Поповъ сдѣлалъ в 1900 г. сообщение на электрическомъ конгрессѣ в Парижѣ. Для удобства лица, принимающего сигналы в телефон на слух, соединяются между собою два телефона широкою пружиною, одѣваемой поперекъ головы такъ, чтобы телефоны прижимались ею къ ушамъ, что освобождаетъ руки и, слѣдовательно, позволяетъ дѣлать соответственную запись сигналовъ.

Профессоръ Поповъ на основаніи своей практики существенными обстоятельствами в вопросъ объ увеличеніи разстоянія для сигнализации считаетъ возможно большую высоту изолированного проводника, соединеннаго съ вибраторомъ на станціи отправленія и приемнаго проводника на станціи полученія сигналовъ, а также возможную тождественность обоихъ проводниковъ и хорошее соединеніе съ землею на обѣихъ станціяхъ.

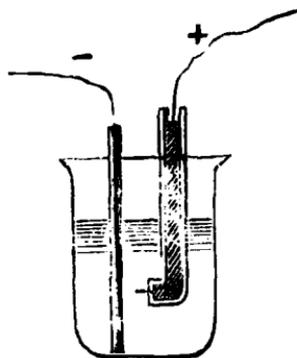


Рис. 21. Прерыватель Венельта.

²⁰⁾ При катушкѣ Румкорфа всегда употребляются прерыватели различныхъ системъ, изъ которыхъ далеко не всѣ даютъ надлежащую частоту перерывовъ тока, питающаго катушку. Поэтому, когда потребовалась очень большая повторяемость перерывовъ, какъ напримѣръ, для опытовъ съ лучами Рентгена или в случаѣ необходимости прерывателя при употребленіи переменныхъ токовъ, старыя системы оказались неудобными. В силу этого в 1899 г. Венельтъ (A. Wehnelt) придумалъ чрезвычайно простой прерыватель, состоящій изъ сосуда съ жидкостью (водою, слабо подкисленною), в которую погружается широкая свинцовая пластинка в качествѣ катода и небольшой конецъ обыкновенной проволоки—в качествѣ анода (рис. 21). При такомъ устройствѣ прерывателя частые перерывы тока дѣлаются очень правильными, устойчивыми, допускаютъ огромное число переменъ его в секунду и во вторичной обмоткѣ даютъ сильные индуктивные токи, что для получения „хорошихъ“ электрическихъ колебаній и нужно.

IX. Телеграфъ Маркони.

Въ юнѣ 1897 г. появилось описаніе беспроволочнаго телеграфа молодого итальянскаго физика Маркони (род. въ 1874 г. около Болоньи), въ которомъ оказались всѣ вышеописанные приборы проф. Попова. Источникомъ электрическихъ колебаній былъ вибраторъ Герца въ томъ видѣ, какой ему придаль проф. Риги и уже описанъ выше (рис. 11). На станціи отправленія сигналовъ въ системѣ Маркони устанавливается высокая мачта, на которой поднимается изолированный проводникъ, соединенный съ однимъ изъ шариковъ вибратора Риги; другой шарикъ

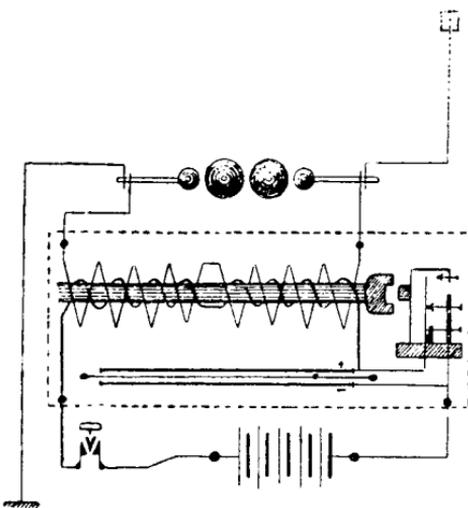


Рис. 22. Схематическое изображеніе станціи отправленія сигналовъ по системѣ Маркони.

соединяется съ землею (рис. 22). Электрическія колебанія, возбуждаемая вибраторомъ, распространяются по проводкѣ, связывающей его съ мачтой (на рис. 22 показанной въ видѣ пластинки), а отсюда—въ окружающее пространство.

Станція полученія сигналовъ въ 1897 г. состояла въ своихъ существенныхъ частяхъ изъ когерера, включеннаго въ цѣпь изъ одного элемента, релэ, замыкающаго собою при дѣйствіи волны мѣстную батарею пиущаго аппарата, и молоточка для встряхиванія когерера (для его „декогерированія“). Въ устройство когерера (рис. 23) Маркони внесъ небольшое измѣненіе, состоявшее въ томъ, что серебряныя пробки E, E плотно пришлифованныя къ трубкѣ, изъ которой выкаченъ воздухъ черезъ N ,

были срѣзаны подъ угломъ и поэтому образовывали клиновую щель, имѣвшую внизу ширину полъ-миллиметра. Въ пространство между пробками насыпалось небольшое количество мелкихъ опилокъ l , состоявшихъ изъ 96⁰/₁₀ никкеля, 4⁰/₁₀ серебра и слѣдовъ

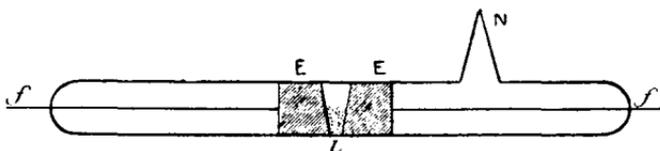


Рис. 23. Когерерь Маркони.

ртути. Въ нѣкоторыхъ когерерахъ для сообщенія имъ большей чувствительности Маркони скошенные части пробокъ нарѣзалъ рубчиками. Если требовалось уменьшить чувствительность когерера, то достаточно было его только перевернуть широкою стороною щели внизъ. Одинъ изъ электродовъ ff когерера свя-

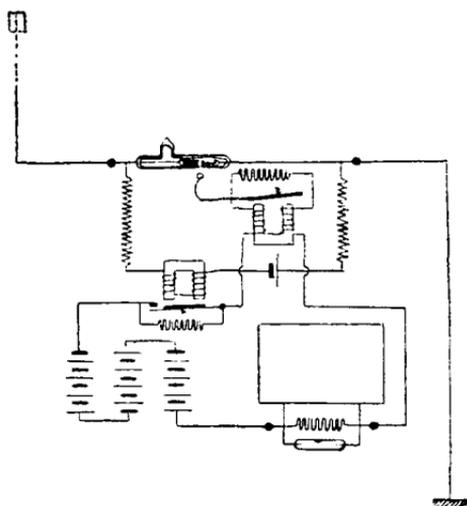


Рис. 24. Схема приемной станции Маркони въ 1897 г.

зывался съ приемной мачтой, а другой—съ землею. Для защиты когерера отъ дѣйствія на него искръ размыканія въ контактахъ якорей у релѣ и молоточка, а также отъ экстратоковъ, возникающихъ въ обмоткахъ релѣ, что вообще понижаетъ чувствительность когерера, Маркони включалъ параллельно обмоткамъ релѣ, молоточка (ударника) и аппарата Морзе большія сопротивленія безъ самоиндукціи (спирали бифилярно намотанной изолированной мѣдной проволоки) (рис. 24). По наблюденіямъ Маркони безъ этихъ спиралей разстояніе телеграфированія уменьшается почти вдвое. Оно также зависитъ и отъ силы катушки

Румкорфа, определяемой длиной искры. Впоследствии при сигнализации на большія разстоянія Маркони пользовался катушками, дававшими искры до 50 сантиметровъ (немного меньше 20 дюймовъ), а иногда даже бралъ по двѣ катушки, соединяя ихъ параллельно. Разстояніе телеграфированія увеличивается и

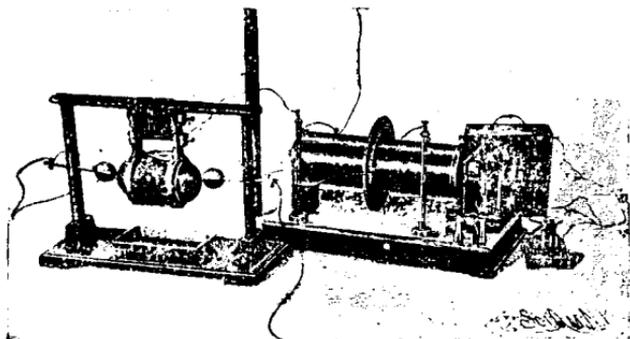


Рис. 24. Расположеніе существенныхъ приборовъ на станціи отправленія сигналовъ.

въ томъ случаѣ, если шары вибратора дѣлаются массивными а не полыми.

Всѣ наиболѣе нѣжныя части передающаго и принимающаго аппаратовъ обыкновенно заключаются въ металлическій ящикъ, въ которомъ оставляется лишь малое отверстіе, закрываемое дверцею, для регулировки релэ. Ящики привинчиваются къ столу



Рис. 25. Приемные аппараты.

и соединяются съ землею. Рисунки 25 и 26 даютъ представленіе о расположеніи приборовъ на передаточной и приемной станціяхъ въ томъ видѣ, какой онѣ имѣли въ 1897 г. во время первыхъ опытовъ, произведенныхъ Маркони черезъ Бристольскій каналъ (въ маѣ 1897 г.) на разстояніи 15 километровъ и затѣмъ

въ Специ (Италія) въ іюль того же года. Въ послѣднемъ случаѣ опыты имѣли офіціальнѣйшій характеръ и контролировались офицерами италіанскаго флота. Они производились между берегомъ и кораблемъ „С.-Мартино“, постоянно мѣнявшимся въ морѣ свое мѣсто. Эти опыты показали, что въ свободномъ пространствѣ, незастроенномъ зданіями, сообщеніе между двумя точками, видимыми одна отъ другой, можно производить безъ подвѣшиванія воздушныхъ проводниковъ на мачты и поэтому беспроволочная телеграфія легче всего примѣнима на морѣ. Это тѣмъ болѣе важно, что погода не оказываетъ никакого вліянія на распространеніе электромагнитныхъ волнъ: оно одинаково происходитъ при дождѣ, туманѣ, снѣгѣ или вѣтрѣ. Холмы и даже большія естественныя возвышенія почти также не препятствуютъ распространенію волнъ: онѣ какъ бы огибаютъ эти препятствія и тѣмъ лучше, чѣмъ посылаемая волна длиннѣе. При телеграфированіи же на большія разстоянія требуется устройство высокихъ, а потому и дорого стоящихъ мачтъ. Опыты въ Специ послужили основаніемъ для патента, взятаго Маркони въ Англіи въ декабрѣ 1897 г.

Для эксплуатаціи этого патента въ Англіи образовалась „Wireless-Telegraph Company“ („Компанія беспроволочнаго телеграфа“), позже превратившаяся въ „Marconi's international Marine Communication Company“. Она была поставлена на чисто коммерческія начала и дала Маркони возможность произвести много дорого стоящихъ опытовъ телеграфированія безъ проводовъ, закончившихся въ 1899 г. установкою сообщенія черезъ Ламаншъ, между маякомъ South Foreland около Дувра (въ Англіи) и Вимре (Wimereux) около Булони (во Франціи).

Разстояніе между этими двумя станціями равнялось 46 километрамъ (43 версты), т. е. почти тому разстоянію, которое было достигнуто проф. Поповымъ на Финскомъ заливѣ зимою 1900 г. Въ этихъ двухъ пунктахъ были устансвлены мачты до 18 саж. высотой. Смѣшанная англо-французская правительственная коммиссія засвидѣтельствовала удачныя результаты опытовъ, устройство которыхъ стоило около двухъ тысячъ рублей—ничтожную сумму по сравненію со стоимостью прокладки подводнаго кабеля на такомъ же разстояніи.

Расположеніе приборовъ, которыми работали въ этой установкѣ представлено схематически на рис. 27 и 28.

На пріемной станціи, изображенной на рис. 27, обращаетъ на себя вниманіе трансформаторъ Тесла (безъ желѣза) N , котораго первичная обмотка соединяется съ одной стороны съ пріемнымъ проводникомъ S , а съ другой—съ землею T . Вторичная же обмотка, имѣющая отвѣтвленіе для конденсатора C и релѣ R (рис. 28), соединяется съ когереромъ f . Эта цѣпь съ

трансформаторомъ въ установкѣ Маркони получила названіе „джиггеръ“ (jigger), что значитъ сортировщикъ.

Идея, положенная въ основаніе устройства этого прибора заключается въ достиженіи „созвучія“ (Syntonie) двухъ электрически колеблющихся проволокъ. Она была разработана профессоромъ Слаби и привела его, а затѣмъ и Маркони, ко многимъ

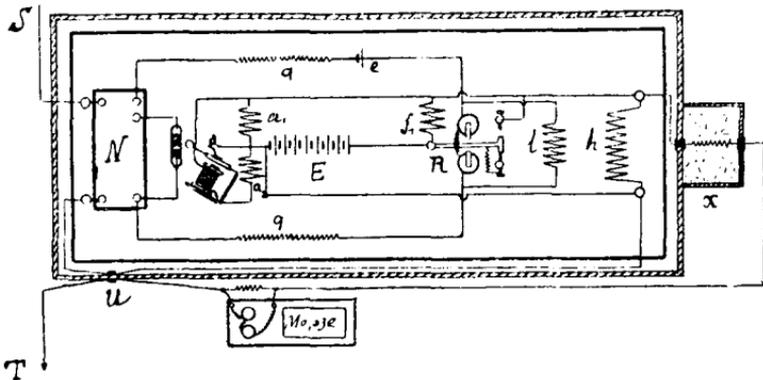


Рис. 27. Схема приёмной станціи въ 1899 г. при работахъ черезъ Ламаншь.

полезнымъ видоизмѣненіямъ, которыя позволили увеличить какъ скорость и точность передачи сигналовъ, такъ и дальность разстоянія для телеграфированія. Измѣненіемъ емкости и самоиндукціи цѣпи когерера, въ которую включенъ трансформаторъ, достигается „созвучіе“ проводниковъ, принимающихъ колебанія, съ проводниками, передающими ихъ.

Для этой цѣли вторичная обмотка трансформатора N раздѣлена симметрично на двѣ части и своими средними концами p, p (съ нулевымъ напряженіемъ) соединена черезъ элементъ e съ обмоткою релѣ R . Крайніе же концы вторичной обмотки $p'p'$ (гдѣ напряженіе наибольшее), соединены съ электродами когерера. Отъ зажимовъ pp трансформатора идутъ провода къ катушкамъ qq съ самоиндукціей. Эти катушки сдѣланы изъ желѣзной,

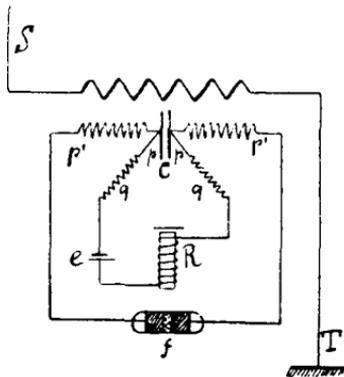


Рис. 28. Джиггеръ Маркони.

изолированной, тонкой проволоки, около 12 метровъ длиною, намотанной въ видѣ плотной спирали на сердечникъ мягкаго желѣза и залитой парафиномъ. Они имѣютъ своимъ назначеніемъ предохранять релѣ отъ колебаній, вызванныхъ въ приёмномъ проводникѣ S и усиленныхъ трансформаторомъ N .

Кромѣ того, они ослабляютъ дѣйствіе на когереръ экстратока отъ самоиндукціи катушекъ релэ R , когда въ моментъ удара по когереру молоточкомъ токъ въ цѣпи когерера прерывается. Для этой же цѣли служить и шунтъ l , введенный параллельно обмоткѣ релэ. Конденсаторъ C Маркони ввелъ въ трансформаторъ N позже, въ 1901 г., потому что безъ него первое назначеніе катушекъ q, q' не выполнялось. Для болѣе тщательнаго предохраненія когерера отъ искръ, возникающихъ при размыканіи въ контактахъ релэ и молоточка, а также экстратоковъ въ обмоткахъ релэ, Маркони включаетъ параллельно этимъ искровымъ промежуткамъ, а также параллельно обмоткамъ релэ, ударника и аппарата Морзе большія сопротивленія безъ самоиндукціи (въ видѣ бифилярно намотанной изолированной мѣдной проволоки) обозначенныя буквами a_1, a_2, l и s_1 и включенныя, какъ показано на рис. 27. Первые аппараты Маркони были снабжены еще однимъ сопротивленіемъ h , введеннымъ между электродами батареи E , дѣйствующей на ударникъ и аппаратъ Морзе, чѣмъ обусловливается большая чувствительность ударника, а слѣдовательно и скорость сигнализаци. Наконецъ, въ одинъ изъ проводовъ отъ аппарата Морзе включена еще катушка x съ самоиндукціей, находящаяся въ особомъ ящикѣ, соединенномъ черезъ u съ землею.

Слѣдующій случай телеграфированія безъ проводовъ, происшедшій 15 ноября (н. с.) 1899 года послужилъ прекрасной рекламой для англійской телеграфной компаніи. Во время англо-бурской войны въ Трансваалѣ Маркони предложилъ свои услуги англійскому правительству, которое ихъ и приняло. Маркони, находившійся въ эту пору въ Америкѣ, отправился немедленно въ Европу съ первымъ пароходомъ, шедшимъ въ Англію, „Святымъ Павломъ“. На пароходѣ онъ установилъ свои телеграфные приборы, настроенные одинаково съ аппаратами, находившимися на англійскомъ берегу.

Въ часъ 15 минутъ по полудни былъ полученъ съ моря первый сигналъ. На вопросъ удивленнаго телеграфиста, не ожидавшаго ничего подобнаго: „Откуда сигналъ“, ему отвѣчаютъ.

— „Со Святого Павла“.

— „Гдѣ вы находитесь?“

— „На морѣ въ 66 миляхъ отъ берега“.

Все время, пока „Святой Павелъ“ подходилъ къ Англіи, сообщеніе между берегомъ и пароходомъ и передача новостей о ходѣ военныхъ дѣйствій у осажденнаго Ледисмита не прерывались и восторгамъ на пароходѣ не было конца, такъ какъ разстояніе въ 66 миль (около 116 километровъ) было наибольшимъ, на которое оказалось возможнымъ въ то время сигнализировать.

Х. Система профессора Слаби и графа Арко.

Не перечисляя всѣхъ опытовъ, произведенныхъ Маркони на счетъ „Компаніи беспроволочнаго телеграфа“, а также на счетъ англійскаго правительства (въ 1898 г. между Bournemouth'омъ и островомъ Wight'омъ на разстояніи 23 километровъ по случаю порчи проложеннаго тамъ кабеля) слѣдуетъ только сказать, что полученные результаты не удовлетворили его тѣмъ болѣе, что попытки увеличить разстояніе, доступное для телеграфированія безъ проводовъ, встрѣтили затрудненія, которыя потребсвали, если не столько же генія, то больше труда и настойчивости, чѣмъ открытіе самого принципа беспроволочнаго телеграфа. Къ этому же присоединилась возможность перехвата телеграммъ, что также препятствовало успѣшному его развитію. Дѣло заключается въ томъ, что, когда при помощи вышеописанныхъ приспособленій посылается депеша, то она передается одновременно во всѣ страны свѣта, потому что всякая станція, находящаяся въ области распространенія электромагнитныхъ вѣлнъ, можетъ уловить сигналы и пснять ихъ смыслъ. Хотя это нисколько не умаляетъ значенія самага принципа, но, во первыхъ, неудобства, представляемая столь нежелательнымъ обстоятельствомъ, особенно во время военныхъ дѣйствій, а во вторыхъ грандіозность задачи, уже разрѣшенной и требующей только дальнѣйшихъ усовершенствованій, привлекла много талантливыхъ ученыхъ и техниковъ къ участію въ разработкѣ вопроса теоретически и практически. Результаты научныхъ изслѣдованій въ этомъ направленіи не замедлили обнаружиться. Берлинскій профессоръ А. Слаби выработалъ совмѣстно съ графомъ Арко усовершенствованія, значительно уменьшающія возможность перехвата депешъ беспроволочнаго телеграфа и тѣмъ слѣланъ крупный шагъ для развитія этой системы въ будущемъ. Слаби и Арко утилизировали извѣстное явленіе электрическаго резонанса, существенно отличающагося отъ резонанса акустическаго. Акустическій резонаторъ, какъ извѣстно, отвѣчаетъ на звукъ только вполнѣ соотвѣтствующій числу колебаній звучащаго тѣла. Электрическій же резонаторъ откликается на самыя разнообразныя колебанія; иными словами, электромагнитныя болны, образуемая какимъ либо проводникомъ, вызываютъ соотвѣтственныя колебанія не только въ тѣхъ проводникахъ, которыя *настроены въ унисонъ* съ первымъ, но и въ другихъ, обладающихъ различными періодами колебаній и въ нихъ даютъ начало стоячимъ волнамъ.

Объясненія этого явленія, не имѣющаго себѣ аналогіи въ другихъ категоріяхъ физическихъ явленій, надо искать въ индукціи, открытіемъ которой наука обязана величайшему экспериментатору прошлаго столѣтія—Михаилу Фарадею ²¹⁾). Трудами Фарадея и его преемниковъ было установлено, что индукціонное дѣйствіе электрическаго тока на другой проводникъ, совершенно отъ него отдѣленный, тогда достигаетъ наибольшей величины, когда оба проводника расположены параллельно между собой, когда они достаточно длинны и, наконецъ, когда средняя сила первичнаго тока и скорость его измѣненій (т. е. частота колебаній) значительны. При равенствѣ остальныхъ условій индукція уменьшается съ возрастаніемъ разстоянія между проводниками. Обозначивъ черезъ l длину параллельныхъ проводниковъ, черезъ a —разстояніе между ними, черезъ I —среднюю величину первичнаго тока и черезъ T —періодъ колебаній (очевидно, что $1/T$ будетъ выражать число колебаній въ секунду), то возбуждаемый во вторичной проволоцѣ токъ будетъ пропорціоналенъ

$$\text{величинѣ } \frac{Il^2}{aT}$$

Формула $\frac{Il^2}{aT}$ показываетъ, что усиленіе дѣйствія индукціи

можетъ быть достигнуто или удлиненіемъ проводовъ или повышеніемъ силы тока. Но удлиненіе проводовъ сопряжено съ большими затрудненіями, изъ которыхъ главное—необходимость устройства высокихъ мачтъ. Силу тока также можно измѣнять лишь въ незначительныхъ предѣлахъ. Слѣдовательно въ вышеприведенной формулѣ остается только измѣнять число колебаній въ секунду, т. е. $1/T$, что и достигается видоизмѣненіемъ условій колебательнаго разряда.

Утвержденіе, что электрическій токъ можетъ существовать лишь въ *замкнутомъ* проводникѣ, съ точки зрѣнія современнаго ученія объ электричествѣ считается справедливымъ только для постояннаго тока; что же касается колеблющагося искрового тока, то онъ можетъ образоваться и въ *незамкнутой* цѣпи. Опытъ показываетъ, что всякая точка незамкнутаго проводника, по которому распространяется подобный токъ, обладаетъ электрическимъ потенціаломъ, величина котораго колеблется между положительнымъ и отрицательнымъ значеніемъ миллионы разъ въ секунду. Въ этомъ явленіи наблюдается слѣдующая особенность въ распредѣленіи потенціала. Оказывается, что на сво-

²¹⁾ Дальнѣйшее изложеніе сдѣлано по статьѣ проф. А. Слаби: „Die neueste Fortschritte auf d. Gebiete d. Funkentelegraphie“ напечатанной въ 45 томѣ „Zeitschrift d. Vereines d. deutsch. Ingenieure“.

бодныхъ концахъ проводовъ потенциалъ имѣеть наибольшія колебанія, а вблизи искрового промежутка—наименьшія. Это обнаруживается тѣмъ, что въ темнотѣ на свободныхъ концахъ проводовъ замѣчается свѣченіе; послѣднее объясняется истеченіемъ электричества, которое обусловливается величиною потенциала. Переменный потенциалъ во второмъ проводникѣ можетъ быть обнаруженъ также и Гейслеровою трубкой. Наибольшее свѣченіе трубки наблюдается, когда она находится на концѣ проводника въ срединѣ же его—свѣта въ трубкѣ вовсе нѣтъ.

Въ разсматриваемомъ явленіи особенно замѣчательно слѣдующее. Если вторичный проводникъ разрѣзать пополамъ, то въ каждой половинѣ его обнаруживаются самостоятельныя колебанія, опредѣляемая длиною проводниковъ и такимъ образомъ наблюдается полная аналогія съ колебаніями звучащей струны, которая, колеблясь, какъ цѣлое, даетъ основной тонъ, а обѣ половины ея, отдѣльно взятыя,—обертоны. При этомъ обращенные другъ къ другу концы половинъ вторичнаго проводника заряжаются электричествомъ противоположныхъ знаковъ, и, если сблизить ихъ, то между ними образуется искра.

До сихъ поръ съ полюсами искрового промежутка соединялись проволоки. Если же одинъ изъ полюсовъ соединить съ землею, а проволоку другого полюса направить вертикально вверхъ, то замѣчается значительное усиленіе его дѣйствія. Если подобнымъ же образомъ протянуть вертикально половину и другой части проводника, а нижній его конецъ соединить съ землею, то дѣйствіе индукціи не измѣнится, но разстояніе передачи электромагнитныхъ волнъ при этихъ условіяхъ увеличится. Это явленіе имѣеть большое значеніе. Изъ опыта, подтверждаемаго теоріей, слѣдуетъ, что если къ вертикальной проволоцѣ *AB*, соединенной съ землею, доходятъ электромагнитныя волны, распространяемая разрядомъ черезъ искру, то въ ней возникаютъ электрическія колебанія, повторяемость которыхъ зависитъ исключительно отъ ея длины (т. е. емкости и самоиндукціи), причемъ на свободномъ концѣ проволоки образуются наибольшія колебанія переменнаго потенциала, т. е. пучность электрическихъ напряженій, въ точкѣ же соединенія съ землею—узелъ ихъ (рис. 29), совершенно аналогично явленію, происходящему въ звучащихъ закрытыхъ трубахъ.

Если вблизи проволоки *AB* находится другая—*DE*, равная по длинѣ и параллельная первой, то она, благодаря индукціи, также придетъ въ электрическія колебанія. Однако, если проволока *DE* изолирована отъ земли, то ея колебанія будутъ вдвое быстрѣе, чѣмъ въ *AB*, вслѣдствіе чего по срединѣ ея образуется узелъ переменныхъ напряженій, а на свободныхъ ея концахъ—ихъ пучности. Чтобы возбудить во второй прово-

локъ колебанія того же періода, что и въ первой, достаточно сдѣлать потенциалъ на одномъ изъ ея концовъ равнымъ нулю, т. е., соединить проволоку GF съ землею. Вслѣдствіе этого, колебанія, вызванныя въ проводокъ AB передаются окружающей упругой средѣ—эфиру, который, заполняя непрерывно все пространство, переноситъ ихъ во второй проводникъ GF , гдѣ они обнаруживаются въ видѣ стоячихъ волнъ. Наилучшее дѣйствіе получается, когда оба проводника, т. е. AB и GF настроены въ „унисонъ“, или иначе, когда они одинаковыхъ размѣровъ и первый изъ нихъ равенъ четверти длины доходящей до него электромагнитной волны. Если же проволоки не одинаковой

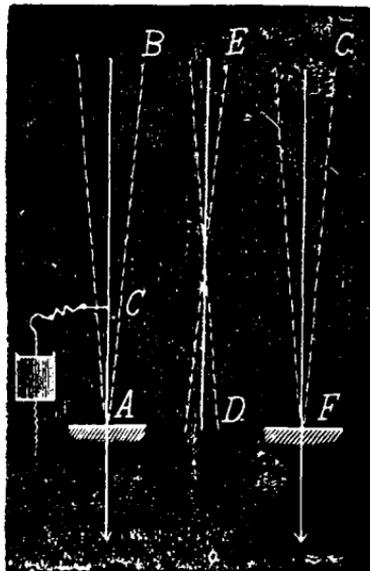


Рис. 29. Стоячія волны въ проводникахъ.

длины, то второй проводникъ подъ дѣйствіемъ первыхъ же электрическихъ импульсовъ, хотя и придетъ въ свойственныя ему колебанія, но они будутъ довольно слабыми.

Заслуга выясненія того значенія, которое имѣетъ настраиваніе въ унисонъ проводовъ, передающихъ колебанія и принимающихъ ихъ, всецѣло принадлежитъ профессору Слаби. Разработанная имъ теорія ясно показываетъ, что для полученія наибольшаго дѣйствія электромагнитной волны на когереръ, надо его помѣстить въ то мѣсто пріемнаго проводника, гдѣ образуется пучность потенциала, т. е. гдѣ происходятъ наибольшія измѣненія напряженій. Но эта точка находится на вершинѣ проводника и помѣщеніе туда когерера представляетъ многія практическія затрудненія. Открытіе профессора Слаби, сдѣланное

имъ совмѣстно съ его ассистентомъ графомъ Арко, именно и заключается въ томъ, что они нашли возможность располагать когереръ въ наиболѣе благоприятной точкѣ, не взбираясь для этого на вершину приѣмной мачты. Согласно теоріи Слаби оказывается, что, если къ концу приѣмнаго проводника AO (рис. 30), соединеннаго съ землею въ точкѣ O , прикрѣпить второй проводникъ OA' , одинаковыхъ съ нимъ размѣровъ, то онъ отзывается на электрическія колебанія перваго, причемъ въ точкѣ, отведенной въ землю, образуется узелъ, черезъ который колебанія распространяются по добавочной проволоцкѣ OA' и даютъ

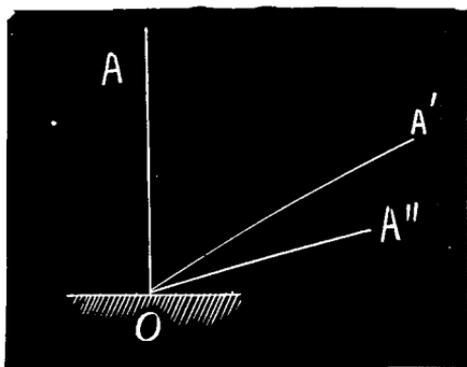


Рис. 30. Схематическое изображение открытій проф. Слаби.

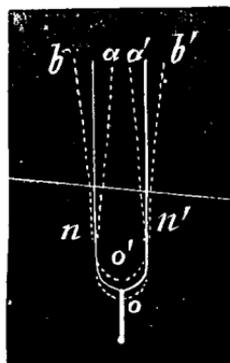


Рис. 31. Стоячія волны въ вѣтвяхъ звучащаго камертона.

на ея свободномъ концѣ пучность такую же, какая получилась бы на вершинѣ вертикальнаго проводника той же длины. Такимъ образомъ получается система, подобная обыкновенному камертону, въ средней части котораго образуются два узла въ точкахъ n и n' (рис. 31) и одно колѣно камертона отзывается на колебанія, вызванныя въ другомъ.²²⁾

Положеніе добавочнаго проводника OA' относительно перваго роли не играетъ: его можно расположить подъ какимъ угодно угломъ и даже свернуть въ спираль, что вслѣдствіе вліянія взаимной индукціи между витками спирали еще болѣе повышаетъ напряженіе на концѣ ея. Получивъ этимъ способомъ пучность въ добавочномъ проводникѣ, Слаби помещаетъ на свободный конецъ проволоки OA' когереръ, такъ какъ здѣсь образуются наиболѣе благоприятныя условія его дѣйствія (рис. 32).

²²⁾ Извѣстно, что когда обѣ вѣтви камертона движутся внутрь (a, a'), то дуга pn' перемѣщается внизъ—въ положеніе pn' ; въ слѣдующій моментъ времени вѣтви отклоняются въ положеніе bb' а дуга—вверхъ—въ pn' .

Такимъ расположеніемъ проводниковъ кромѣ усиленія дѣйствія волнъ на когереръ достигается еще возможность сортировки электрическихъ колебаній. Сущность этого явленія заключается въ томъ, что въ системѣ АОА' получается резонансъ на колебанія только такого періода, какой свойственъ самой системѣ, т. е. когереръ обнаружитъ только тѣ волны, которыхъ длина равна $2(OA+OA')$. Всѣ же волны иной длины, чѣмъ четверная длина приѣмного проводника, черезъ узелъ О уходятъ въ

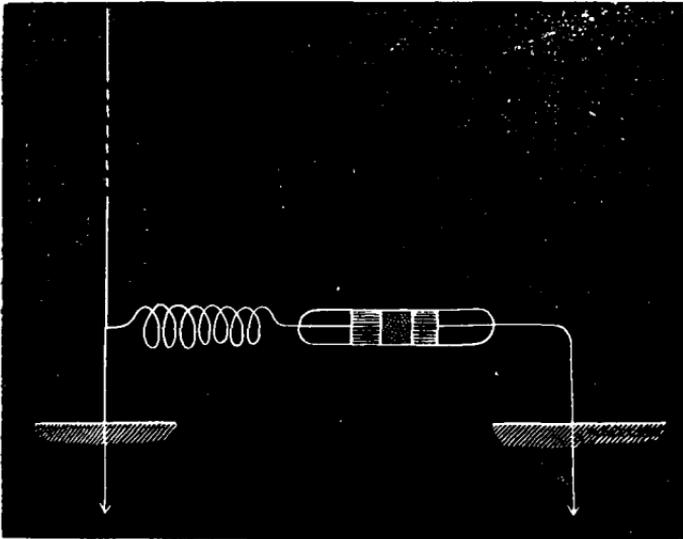


Рис. 32. Наивыгодвѣйшія условія для дѣйствія когерера (въ пучности потенциала добавочнаго проводника).

землю, не вызывая резонанса въ добавочномъ проводникѣ ОА' такъ какъ всѣ другія волны ему несвойственны и поэтому когерера не достигаютъ. Такимъ образомъ это расположеніе проводниковъ позволяетъ установить сообщеніе только между тѣми станціями, которыя обладаютъ одинаковыми воздушными проводниками, на что гораздо раньше указывалъ проф. Поповъ, и слѣдовательно дѣлаютъ сигналы неуловимыми для станцій съ проводами всякаго иного періода колебаній.

Далѣе, этотъ приемъ предохраняетъ радіокондукторъ отъ дѣйствія разрядовъ атмосфернаго электричества даже во время самой сильной грозы, какъ то показали многочисленныя опыты Арко и Слаби, произведенныя между Берлиномъ и Шарлоттен-

бургомъ. Дѣйствительно, служащимъ на станціяхъ беспроволочнаго телеграфа мало доставляетъ удовольствія, когда молнія вмѣшивается въ дѣловые переговоры, заявляя имъ о своемъ присутствіи перетасовкой ихъ морзевскихъ знаковъ. Разряды атмосфернаго электричества происходятъ вслѣдствіе разности потенциаловъ или между двумя облаками, заряженными электричествомъ противоположныхъ знаковъ, или между облакомъ и земною поверхностью и производятъ на когереръ тѣмъ большее дѣйствіе, чѣмъ онъ чувствительнѣе, что и было положено проф.

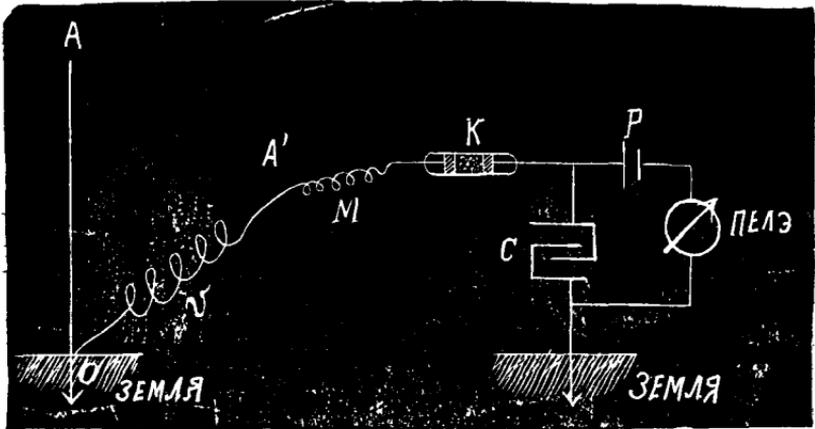


Рис. 33. Приемная станція проф. Слаби.

Поповымъ въ основаніе устройства его „грозоотмѣтчика“ еще въ 1895 г. Вліяніе разрядовъ атмосфернаго электричества на телеграфированіе безъ проводовъ, кромѣ средствъ, указанныхъ профессоромъ Слаби, можетъ быть уменьшено или даже совсѣмъ уничтожено только примѣненіемъ радіокондукторовъ менѣе чувствительныхъ, чѣмъ современные когереры, что не желательнымъ образомъ отразится на дальности сигнализациі. Аналогично атмосферному электричеству дѣйствуетъ на когереръ и всякая станція, обладающая большею мощностью, чѣмъ передающая сигналы. Дѣятельность послѣдней можетъ ею даже совсѣмъ быть парализована.

Затѣмъ, способъ Слаби повышаетъ не только точность передачи сигналовъ, но и дальность телеграфированія. Для уясненія этого можно указать на аналогію акустическую. Если сообщить камертону ударъ, то онъ станетъ звучать. Когда поставитъ камертонъ на резонансовый ящикъ, то звукъ усиливается. Нѣчто

подобное резонансовому ящику можно устроить и для электромагнитных волнъ. Въ учении объ электричествѣ извѣстно слѣдующее явленіе. Если проволоку, по которой идетъ токъ опредѣленнаго числа перемѣнъ, соединить со спиралью, такъ настроенной (введеніемъ малой емкости и большой самоиндукціи), чтобы число электрическихъ колебаній, свойственное ей, равнялось числу перемѣнъ тока, то количество электрической энергіи на свободномъ концѣ спирали значительно увеличится, т. е. потенциалъ цѣпи повысится на счетъ тока. Эта спираль, названная мультипликаторомъ, и замѣняетъ собою резонансовый ящикъ для электромагнитныхъ волнъ. Такой мультипликаторъ М (рис. 33)

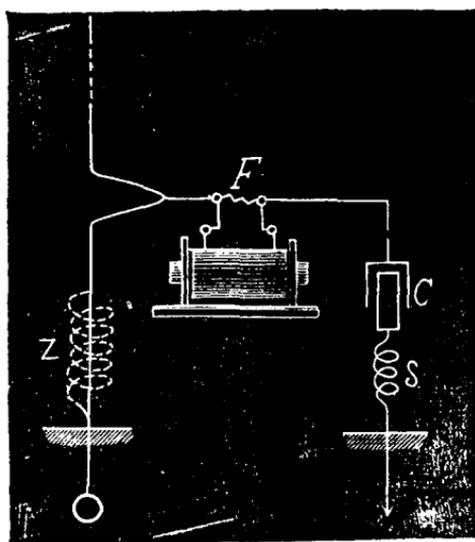


Рис. 34. Станція отправленія сигналовъ по системѣ профессора Слаби.

включается въ цѣпь когерера вмѣстѣ съ конденсаторомъ и релэ.²³⁾ Подобный же конденсаторъ съ регулировочною спиралью S вводится и въ цѣпь разряднаго тока на станціи отправленія сигналовъ (рис. 34). Въ случаѣ надобности сигнализировать при помощи болѣе длинныхъ волнъ къ проводнику, передающему колебанія, у мѣста соединенія его съ землею добавляють еще

²³⁾ Конденсаторъ въ видѣ батареи лейденскихъ банокъ имѣетъ своимъ назначеніемъ выравнивать періоды колебаній въ цѣпяхъ катушки, т. е. настраивать ихъ въ унисонъ, или устанавливать между ними электрической резонансъ.

спираль Z, которая замѣняетъ собою проводникъ опредѣленной длины и служитъ для увеличенія четверти волны. Такихъ спиралей можно имѣть цѣлый рядъ, въ родѣ арфы, напримѣръ, по числу станцій, съ которыми желательно сообщаться. Однако, мѣняя спираль Z, надо всякій разъ снова регулировать колебанія вибратора, чтобы получить наибольшее дѣйствіе прибора. Эта регулировка достигается измѣненіемъ емкости конденсатора и спиралью S.

Наконецъ, опыты Арко и Слаби показали, что въ двухъ проводникахъ, которыхъ точка соединенія отведена въ землю, появляется электрической резонансъ не только въ томъ случаѣ, если они оба имѣютъ одинаковые размѣры и равны порознь четверти волны, дѣйствующей на нихъ, но и тогда, если общая длина ихъ $OA + OA'$ (рис. 30) составляетъ половину длины волны, безразлично, равны ли провода OA и OA'' между собой или нѣтъ. Этотъ фактъ позволяетъ при помощи одного и того же воздушнаго проводника, приращивая къ нему въ разныхъ мѣстахъ его спирали различной длины, улавливать одновременно нѣсколько волнъ не одинаковыхъ между собою, т. е. получать по одному и тому же вертикальному проводнику нѣсколько депешъ, что теперь уже вошло въ практику извѣстной Берлинской фирмы „Algemeine Electricitats—Gesellschaft“ („Всеобщая компанія Электричества“), которая эксплуатируетъ изобрѣтенія проф. Слаби подъ личнымъ руководствомъ графа Арко.

Не входя въ подробное описаніе передаточныхъ и приемныхъ станцій Арко и Слаби, вообще говоря, очень сложныхъ, надо сказать, что для наилучшаго дѣйствія приборовъ требуется пречварительно установить резонансъ: въ 1-хъ, между цѣпью вибратора и подвѣшенной на мачтѣ проволокою, во 2-хъ,—между воздушными проводниками обѣихъ станцій и въ 3-хъ, наконецъ, между подвѣшеннымъ проводникомъ приемной станціи и цѣпью когерера. Это достигается путемъ длиннаго ряда сложныхъ манипуляцій, изъ которыхъ основныя суть слѣдующія: 1-е, опредѣленіе длины волны, соотвѣтствующей данной воздушной сѣти и приведеніе въ созвучіе съ нею цѣпи вибратора, 2-е, опредѣленіе длины волны той же цѣпи вибратора, но вмѣстѣ съ воздушными проводами и 3-е, раздѣленіе проводовъ наиболѣе рациональное на двѣ части—отвѣтвленную къ приборамъ и соединенную съ землею. Соотвѣтственныя операціи производятся и на приемной станціи.

Для поднятія воздушныхъ проводовъ, кромѣ мачтъ, пользуются такъ же змѣями (чаще всего коробчатыми) или воздушными шарами. Это позволяетъ регулировать длину проводовъ по желанію и особенно примѣнимо въ легкихъ подвижныхъ военно-полевыхъ станціяхъ (рис. 35). Змѣи употребляются, когда есть

вѣтеръ. Если вѣтра нѣтъ, то пользуются небольшими воздушными шарами отъ 10 до 15 куб. метровъ. При этомъ вѣсь полной станціи, включая змѣи и шаръ, составляетъ около двухъ пудовъ.

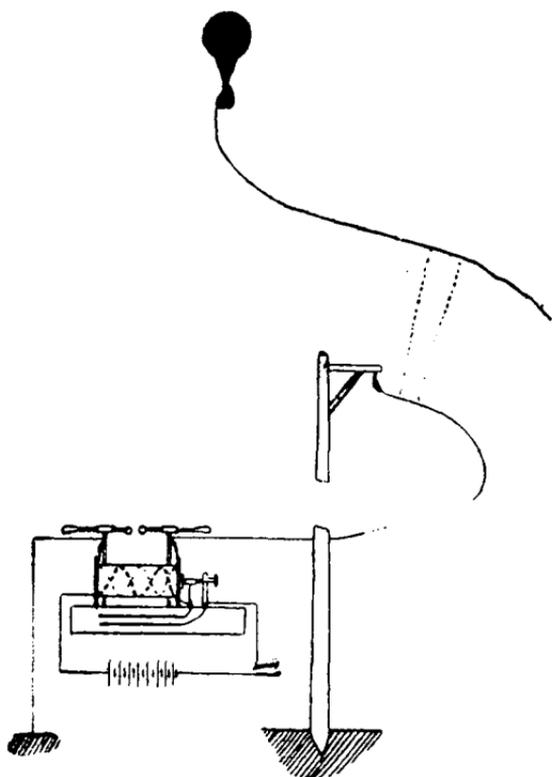


Рис. 35. Примѣненіе проводниковъ, подвѣшенныхъ къ воздушному шару.

Подобныя станціи примѣняются въ сухопутной русской арміи и вообще всюду, гдѣ работаютъ питомцы С.-Петербургской Военной Электротехнической Школы.

ХІ. Дальнѣйшія усовершенствованія.

Идеи, разработанныя профессоромъ Слаби, оказали рѣшительное вліяніе на дальнѣйшее развитіе беспроволочной телеграфіи и въ частности на Марконіевскія установки. Чтобы уяснить себѣ тѣ видоизмѣненія, какія были сдѣланы Маркони, надо познакомиться также со взглядами германскаго профессора Фердинанда Брауна, который одновременно съ проф. Слаби занимался

разработкой вопросов беспроводной телеграфіи. Въ то время, какъ большинство изобрѣтателей въ этой области останавливали свое вниманіе по преимуществу на приборахъ, принимающихъ сигналы, Браунъ перенесъ центръ тяжести на приборы, ихъ передающіе, такъ какъ онъ по многимъ причинамъ призналъ неудачнымъ общепринятое устройство вибратора, соединяемаго съ одной стороны съ землею, а съ другой съ—стѣтью воздушныхъ проводниковъ, приводимыхъ въ быстрыя электрическія колебанія. Главную причину неудовлетворительности современныхъ вибраторовъ Браунъ видѣлъ въ недостаточной емкости цѣпи, заключающей ихъ, вслѣдствіе чего въ ней накапливается лишь незначительное количество энергіи, которая расходуется быстрѣе, чѣмъ она доставляется индукціонной катушкой. Повысивъ емкость цѣпи вибратора, Браунъ достигъ возрастанія какъ количества энергіи, пускаемой въ дѣло, такъ и періода колебаній. Последнее обстоятельство вело къ увеличенію и длины волнъ (до сотенъ метровъ), возбуждаемыхъ въ пространствѣ. Это въ свою очередь представляло то важное преимущество, что болѣе длинныя волны легче огибають, встрѣчающіяся на ихъ пути препятствія. Для уясненія себѣ этого достаточно вспомнить, что обыкновенный свѣтъ, объясняемый движеніемъ очень короткихъ волнъ (меньше тысячной доли миллиметра), распространяясь прямолинейно, задерживается экраномъ и не огибаетъ его, а длинныя звуковыя волны обходятъ всѣ экраны конечныхъ раз-

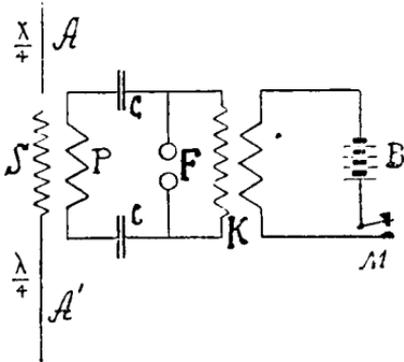


Рис. 36. Расположеніе приборовъ, передающихъ электрическія колебанія, по системѣ проф. Брауна.

мѣровъ въ совершенствѣ. По мнѣнію проф. Поанкаре въ этомъ явленіи можно видѣть своего рода диффракцію, т. е. отклоненіе волнъ отъ прямолинейнаго распространенія, которое наблюдается въ небольшихъ предѣлахъ при извѣстныхъ условіяхъ и въ оптикѣ. Такъ какъ электромагнитныя волны довольно длинны, то и размеры препятствій, огибаемыхъ ими, могутъ быть значительными. Браунъ послѣ обстоятельнаго изученія поставленной себѣ задачи пришелъ къ особой системѣ расположенія приборовъ въ цѣпи вибратора, которая схематически представлена на рис. 36 и можетъ быть характеризована тѣмъ, что въ ней нѣтъ электрическаго соединенія съ землею, какъ въ другихъ системахъ. Заземленіе соответствующихъ проводовъ въ этой системѣ замѣнено соединеніемъ съ огромными металлическими цилиндрами,

или листами до двух квадратных метров поверхности, изолированными отъ земли и представляющими большую емкость (Annalen der Physik, 1902. Выпускъ IV т. 8). Замкнутая цѣпь колебаній PCFC совершенно отдѣлена какъ отъ воздушнаго провода А, такъ и отъ земли и соединена съ первичной обмоткой Р трансформатора, котораго вторичная обмотка S включена между воздушнымъ проводомъ А и нѣкоторымъ проводникомъ А' электрически равнымъ воздушному и изолированнымъ отъ земли. Индукціонная катушка К заряжаетъ конденсаторы С, С, разряжающіеся черезъ искровой промежутокъ F. Электрическія колебанія, сопровождающія этотъ разрядъ, пробѣгаютъ по первичной обмоткѣ Р трансформатора и вызываютъ такія же колебанія во вторичной его обмоткѣ S. Эти наведенныя колебанія достигаютъ наибольшей силы, когда періодъ колебаній одинъ и тотъ же, какъ въ системѣ, состоящей изъ вторичной обмотки S, сѣти воздушныхъ проводовъ А и противовѣса ея А', такъ и въ замкнутой цѣпи PCFC. Одно изъ главныхъ преимуществъ системы Брауна состоитъ въ томъ, что она позволяетъ примѣнять сильныя токи и слѣдовательно дѣлаетъ возможной сигнализацию на большія разстоянія. Кромѣ того, она представляетъ большую простоту въ измѣненіи періода колебаній путемъ измѣненія емкости и самоиндукціи замкнутой цѣпи. Наконецъ, отдѣленіе послѣдней отъ воздушныхъ проводовъ дѣлаетъ прикосновеніе къ нимъ совершенно безопаснымъ, а потому и не требуется тщательной ихъ изоляціи.

Приборы для станцій системы Браунз изготовляются Берлинскою фирмою Сименса и Гальске, которая эксплуатируетъ его изобрѣтенія.

Какъ только первые же опыты телеграфирования безъ проводовъ по способу Брауна показали достоинства его, Маркони не замедлилъ примѣнить нсвый способъ въ своихъ установкахъ и получилъ блестящіе результаты. Это было сдѣлано впервые въ сообщеніи, устроенномъ „Международной Марконіевской Морской Компаніей“ въ апрѣлѣ 1901 г. между станціями Біо (во Франціи) и Кальви (на островѣ Корсикѣ), отстоящими другъ отъ друга на 175 километровъ. Хотя опыты на линіи Біо-Кальви въ общемъ были удачны, но они не оправдали всѣхъ надеждъ Маркони, такъ какъ произвольный выборъ длины электромагнитной волны все еще былъ значительно затрудненъ несовершенствомъ передатѣчныхъ и пріемныхъ проводниковъ.

Кромѣ того, скорость перелачи депешъ не превосходила пятнадцати словъ въ минуту. Эти недостатки были устранены въ знаменитой установкѣ беспроводнаго телеграфа на станціи Польдю (на мысѣ Лизардъ въ Корнваллисѣ), которой Маркони пользовался въ своихъ опытахъ предпринятыхъ имъ въ декабрѣ

1901 года на американскомъ пароходѣ „Филадельфія“. Въ принципѣ установка въ Польдоу ничѣмъ не отличалась отъ предыдущей, но то громадное количество энергіи, которое передавалось воздушнымъ проводникамъ, а также грандіозное устройство ихъ применялось здѣсь впервые (рис. 37).

Источникомъ электрической энергіи служила или огромная батарея аккумуляторовъ или динамо-машина D, которая давала напряженіе до двухъ тысячъ вольтъ при силѣ въ 25 амперъ. Токъ поступалъ въ трансформаторъ, повышавшій его напряженіе до двадцати тысячъ вольтъ. Въ цѣпь вторичной обмотки S этого трансформатора включался вибраторъ съ конденсаторами огромной емкости. Конденсаторы, устроенные по идеѣ профес. Флеминга, привлеченнаго въ Марконіевскую компанію въ качествѣ высшаго авторитетнаго эксперта, имѣли видъ глинянныхъ

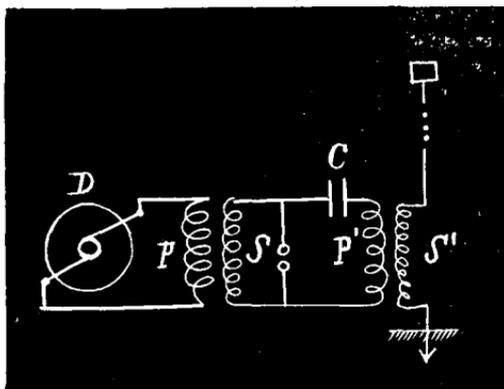


Рис. 37. Схема передаточной Марконіевской станціи въ Польдоу (въ Англій).

сосудовъ, наполненныхъ прокипяченнымъ льнянымъ масломъ. Въ каждый изъ нихъ помѣщалось 20 стеклянныхъ пластинокъ поверхностью каждая около 40 квадратныхъ сантиметровъ съ цинковыми листами соотвѣтственныхъ размѣровъ, расположенными по обѣимъ сторонамъ каждой стеклянной пластины. Восемнадцать такихъ конденсаторовъ, соединенныхъ параллельно, представляютъ собою емкость одного микрофарада. Эти конденсаторы включались въ первичную обмотку P' второго трансформатора, котораго вторичная обмотка S' была связана съ одной стороны съ землею, съ другой—съ системою передаточныхъ проводниковъ (рис. 38). Последняя состояла изъ трехъ серій, по сто въ каждой, тонкихъ луженыхъ, мѣдныхъ проволокъ, подвѣшенныхъ на стальныхъ канатахъ ab, ad и bd, натянутыхъ на трехъ деревянныхъ башняхъ м до 35 сажень высоту. Всѣ три серіи проводниковъ соединялись внизу, въ точкѣ C, между собою, образуя трехгранную пирамиду, обращенную вер-

шиною къ землѣ. О величинѣ заряда каждой изъ проволокъ, входящихъ въ систему, можно судить по тому, что при соединеніи любой изъ нихъ съ землею получалась искра длиною около полуаршина.

Пуская въ дѣло столь огромное количество электрической энергіи, Маркони могъ поддерживать сношенія съ берегомъ, находясь на пароходѣ „Филадельфія“ на разстояніи тысячи пяти сотъ (1500) километровъ отъ станціи Польшю. Такимъ успѣхомъ Маркони обязанъ былъ между прочимъ также и новому прибору для улавливанія электромагнитныхъ волнъ, который былъ спроектированъ имъ самимъ и названъ былъ „магнитнымъ

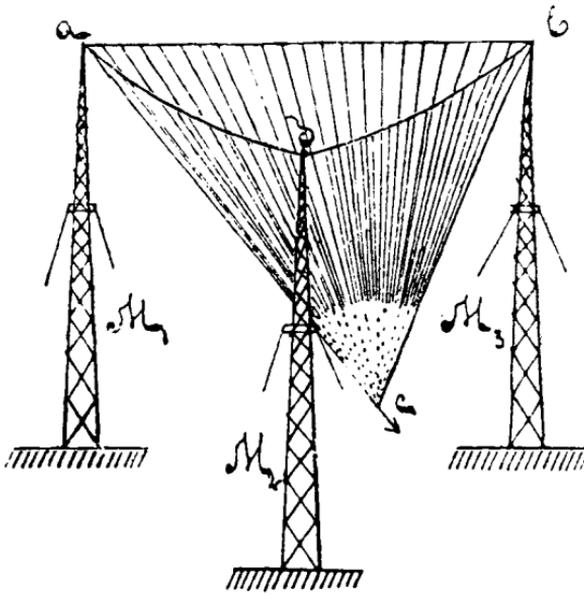


Рис. 38. Система проволочныхъ проводниковъ на станціи Польшю.

детекторомъ“ т. е. указателемъ (Detector magneticum). Устройство детектора Маркони основано на томъ, что, если желѣзный стержень, находящійся въ переменномъ магнитномъ полѣ, подвергается дѣйствию электромагнитныхъ волнъ, то его гистерезисъ ²⁴⁾ ослабѣваетъ, т. е. запаздываніе намагничиванья (индуктивнаго) отъ дѣйствующей на него магнитной силы уменьшается,

²⁴⁾ Магнитнымъ гистерезисомъ называется свойство, мягкаго желѣза, въ силу котораго интезивность намагничиванія желѣзнаго стержня зависитъ не только отъ величины намагничивающей силы, но и отъ состояній стержня предшествующихъ намагничиванью и обусловливающихъ нѣкоторое его запаздываніе.

вслѣдствіе чего въ намагничиваемомъ желѣзномъ стержнѣ скорѣе обнаруживается ея дѣйствіе.

Гипотетическая причина этого явленія усматривается въ томъ, что молекулы желѣза, благодаря воздѣйствію на нихъ электромагнитныхъ волнъ, переходятъ изъ того состоянія, въ которомъ онѣ находятся, въ другое, какъ бы болѣе свободное и такимъ образомъ легче подчиняются магнитной силѣ.

Магнитный детекторъ имѣетъ слѣдующее устройство. На сердечникъ изъ 30 желѣзныхъ тонкихъ проволокъ ($1/2$ миллиметра діаметромъ), тянутыхъ до разрыва, намотано двѣ катушки изъ мѣдной изолированной проволоки. Внутренняя катушка соединена однимъ концомъ съ землею, а другимъ—съ воздушными проводами. Концы внѣшней катушки соединены съ телефономъ. Число оборотовъ этой катушки рассчитывается такъ, чтобы сопротивленіе ея было равно сопротивленію обмотки телефона. Передъ желѣзнымъ сердечникомъ вращается постоянный подковообразный магнитъ, приводимый въ движеніе со скоростью одного оборота въ двѣ секунды часовымъ механизмомъ. Когда на детекторъ дѣйствуютъ электромагнитныя волны, то измѣненіе въ магнетизмъ сердечника, возбуждаемое магнитомъ вслѣдствіе приближенія и удаленія его полюсовъ, наступаетъ гораздо скорѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, еслибы этихъ волнъ не было. Это сопровождается возникновеніемъ во второй катушкѣ индуктированнаго тока, дѣйствіе котораго обнаруживается въ телефонѣ звукомъ соотвѣтственной высоты. По словамъ Маркони его детекторъ чувствительнѣе и надежнѣе обыкновеннаго когерера, въ чемъ его убѣдили опыты, произведенные на итальянскомъ крейсере „Карло-Альберто“, а также и послѣдующіе, установившіе беспроводное сообщеніе между Европой и Америкой черезъ громадное водное пространство Атлантическаго океана.

Крейсеръ „Карло-Альберто“ былъ посланъ съ представителемъ итальянскаго правительства въ 1902 г. въ Англію по случаю коронаціи Эдуарда VII, чѣмъ Маркони нашель возможнымъ воспользоваться для установки сообщенія между крейсеромъ и станціей на мысѣ Лизардъ. На крейсере была сдѣлана установка, аналогичная имѣвшейся въ Польдю, съ джиггеромъ и системой проволочныхъ воздушныхъ проводниковъ, натянутыхъ на тросахъ между двумя мачтами (фокмачтой и гротмачтой) на высотѣ 8 сажень и уединенныхъ посредствомъ фарфоровыхъ изоляторовъ (рис. 39). Седьмого іюня (н. с.) 1902 г. крейсеръ получилъ приказаніе отправиться въ Кронштадтъ. На немъ поѣхалъ и Маркони.

Во все время перехода „Карло-Альберто“ въ Кронштадтъ и затѣмъ обратно въ Италію Маркони исправно получалъ всѣ сигналы со станціи въ Польдю, несмотря на громадное разстояніе, значительная часть котораго приходилась на континентъ

со всѣми препятствіями для сигнализациі въ видѣ возвышенностей, перерѣзающихъ Европу въ разныхъ направленіяхъ, огромнаго числа мощныхъ электрическихъ установокъ для цѣлей освѣщенія и т. п. Однако въ теченіе пребыванія Марксни въ Крон-

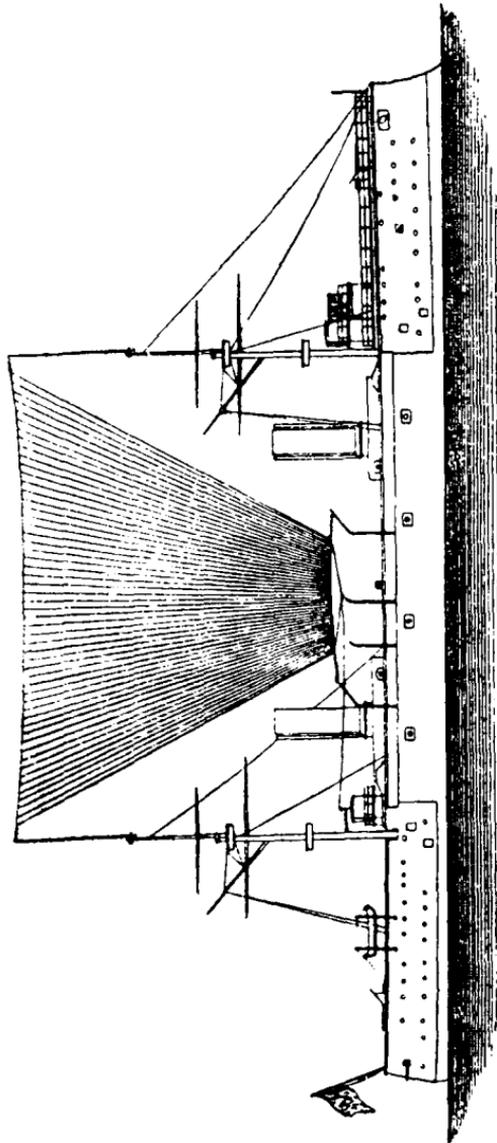


Рис. 39. Система проводниковъ на крейсере „Карло-Альберто“.

штадтѣ отчетливо передавалась только буква S (въ видѣ трехъ точекъ). Когда же крейсеръ на обратномъ пути находился противъ Либавы, сигналы стали опять доходить съ большею отчетливостью и депеши получались вполне удобопонятными. Въ на-

чалъ сентября „Карло-Альберто“ опять былъ уже въ итальянскихъ водахъ около Сардиніи и получаемые имъ изъ Польдю сигналы свободно проходили черезъ всю Францію, Средиземное море и Сардинію. Но въ тѣ моменты, когда шли эти могущественныя волны черезъ Францію, на всемъ протяженіи почти полуторы тысячи километровъ отъ Польдю до Бельфора (Belfort), на югѣ Франціи, всякія другія сообщенія по беспроволочному телеграфу дѣлались не возможными.

Маркони, производя во время путешествія на крейсерѣ „Карло-Альберто“ всевозможные опыты, замѣтилъ чрезвычайно интересное явленіе, обнаружившее вліяніе солнечнаго свѣта на дальность телеграфированія въ смыслѣ его уменьшенія.

Опыты заключались въ томъ, что ежедневно между полночью и часомъ ночи и отъ 6 до 7 часовъ утра, а равно между полуднемъ и часомъ дня и отъ 6 до 7 часовъ вечера, каждая десять минутъ съ промежутками по 5 минутъ, передавалась буква S, а также небольшія сообщенія, при извѣстной скорости передачи. Начиная съ разстоянія пятисотъ миль отъ Польдю, аппараты обнаруживали сигналы, посланные въ теченіе дня, лишь въ слабой степени, тогда какъ сигналы, передававшіеся ночью, воспринимались вполне отчетливо до разстоянія 2000 миль. Интересно, что въ теченіе періода съ 6 до 7 часовъ утра, когда на станціи Польдю наблюдался разсвѣтъ, ясность передачи соотвѣтственно возрастанію силы дневнаго свѣта быстро уменьшалась. При сигнализациі на небольшія разстоянія указанной разницы въ дневномъ и ночномъ дѣйствіи во сколько нибудь значительной степени не замѣчалось.

Причину этого любопытнаго явленія можно видѣть въ фотоэлектрическомъ дѣйствіи солнечныхъ лучей на разрядъ отрицательно заряженныхъ проводниковъ. Давно уже извѣстенъ тотъ фактъ, что ультрафіолетовые лучи солнца обладаютъ свойствомъ разряжать металлическіе проводники, заряженные отрицательнымъ электричествомъ. Слѣдовательно, вполне возможно сдѣлать предположеніе, что солнечный свѣтъ уменьшаетъ зарядъ передающаго провода.

Однако проф. Жоли находитъ, что дѣйствіе, замѣченное молодымъ итальянскимъ электрикомъ, можетъ быть приписано тому обстоятельству, что электрическія волны, производимыя въ Англии, въ теченіе дня двигались въ сторону, противоположную току земнаго эфира, а ночью—въ ту же сторону такимъ образомъ, что онѣ находились въ условіяхъ, аналогичныхъ передачѣ звука при сильномъ вѣтрѣ—по вѣтру и противъ вѣтра. Оливеръ Лоджъ не допускаетъ такого объясненія. Согласно его мнѣнію, явленіе, указанное Маркони, обуславливается проводимостью или же

частичною непрозрачністю воздуха подь вліяніемъ ультрафіолетовыхъ лучей солнца.

Изъ новѣйшихъ свѣдѣній по этому же вопросу можно указать на гипотезу Нордмана (Ch. Nordmann. Journal de physique théorique et appliquée. 1904, февраль и мартъ), что солнце даетъ Герцовскія электромагнитныя волны, обладающія наибольшою интенсивностью въ эпохи усиленной дѣятельности солнечной атмосферы. Конечно, это можно будетъ считать доказаннымъ только въ томъ случаѣ, если экспериментальнымъ путемъ удастся зарегистрировать Герцовскія волны исключительно солнечнаго происхожденія, что представляетъ собою большія затрудненія, такъ какъ верхніе разрѣженные слои земной атмосферы обладаютъ значительной поглощательной способностью электромагнитныхъ волнъ. Если гипотеза Нордмана окажется достовѣрною, то несомнѣнно нарушеніе правильности передачи сигналовъ при телеграфированіи безъ проводовъ всегда будетъ возможно. Но тогда за идеаль стремленій современной электротехники можно принять желаніе, чтобы земныя электрическія станціи обратились въ подстанціи той централи, которая называется солнцемъ.

На основаніи практическихъ данныхъ, полученныхъ Маркони во время его плаванія на крейсерѣ „Карло-Альберто“, онъ пришелъ къ заключенію, что телеграфъ безъ проводовъ можетъ получить широкое примѣненіе при сообщеніяхъ на любыя разстоянія, какъ на водѣ, такъ и на сушѣ. Въ виду этого Маркони въ томъ же 1902 году опять предпринялъ путешествіе въ Атлантическій океанъ съ цѣлью связать беспроводнымъ телеграфомъ Европу съ Америкой. На островѣ Ньюфаундлендѣ была устроена могучая станція, подобная Корнвалисской.

Разстояніе между станціями было около $4\frac{1}{2}$ тысячъ верстъ. Ноября 21 президентъ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ Рузвельтъ послалъ первую телеграмму королю англійскому.

Вотъ содержаніе этой депеши: „Его Величеству Королю Эдуарду VII. Лондонъ. Пользуясь дивнымъ торжествомъ науки, выразившимся въ гениальномъ изобрѣтеніи и усовершенствованіи беспроводнаго телеграфа, я посылаю Вамъ и всему населенію Британской Имперіи сердечный привѣтъ отъ американскаго народа“. Въ тотъ же день король послалъ слѣдующую отвѣтную телеграмму. „Г. Президенту. Вашингтонъ; Бѣлый Домъ. Искренне благодарю Васъ за привѣтствіе, которое я отъ Васъ получилъ по беспроводному телеграфу, устроенному г. Маркони черезъ Атлантическій океанъ. Отъ имени населенія Британской Имперіи шлю Вамъ взаимно самое сердечное выраженіе дружескихъ чувствъ и лучшія пожеланія Вамъ и Американской Націи. Эдуардъ, король Англійскій“.

Англія, остающаяся по прежнему царицею морей, болѣе дру-

гих государствъ была заинтересована въ развитіи беспроводнаго телеграфа, потому что она прекрасно поняла тѣ выгоды, которыя онъ можетъ предоставить въ ея постоянной борьбѣ за „интересы“. если она будетъ обладать наилучшими станціями. Поэтсму „компанія беспроводнаго телеграфа“ не щадила никакихъ средствъ для выясненія практическихъ примѣненій привилегіи, купленной ею у Маркони. Тѣмъ не менѣе съ коммерческой точки зрѣнія гигантскія установки Маркони, стоящія милліоны, пока не представляютъ собою особыхъ преимуществъ сравнительно съ болѣе скромными установками на континентѣ.

ХII. Заключение.

Многочисленные опыты телеграфированія безъ проводовъ показали, что надъ поверхностью воды электромагнитныя волны распространяются съ меньшею потерей энергіи, чѣмъ надъ сушею. Это обстоятельство въ связи съ тѣмъ, что устройствъ обыкновеннаго телеграфа съ проводами на сушѣ не представляетъ никакихъ затрудненій и оборудованіе его стоитъ довольно дешево, тогда какъ прокладка подводнаго кабеля всегда сопряжена съ большими техническими затрудненіями и стоитъ во много разъ дороже, чѣмъ устройство воздушной телеграфной линіи, вполне опредѣляетъ ту область, въ которой беспроводныя телеграфныя сообщенія могутъ конкурировать съ существующимъ проводнымъ телеграфомъ. Эта область — водныя пространства. Здѣсь беспроводный телеграфъ можетъ не только соперничать съ проводнымъ телеграфомъ, но есть много случаевъ, когда онъ оказывается единственно возможнымъ средствомъ сообщенія. Таковы именно случаи сообщенія между плавающими судами или между судномъ на морѣ и станціей на берегу. Поэтому беспроводный телеграфъ нашель себѣ примѣненіе прежде всего въ морской службѣ. Всѣ суда русскаго военнаго флота въ настоящее время снабжены аппаратами системы Попова—Дюкрете. Въ Англии, Америкѣ, Италіи и Бельгіи примѣняется система Маркони. Обѣ системы, какъ извѣстно, представляютъ въ своихъ основныхъ частяхъ особенно въ ихъ первоначальномъ видѣ огромное сходство при несомнѣнномъ первенствѣ нашего соотечественника въ дѣлѣ примѣненія электрическихъ колебаній для сигнализациі.

Хотя работы Маркони и дѣятельность „англійской компаніи беспроводнаго телеграфа“ окружены обстановкой, рассчитан-

ной на внѣшній эффектъ и не чужды характера рекламы, однако аппараты Маркони на европейскомъ континентѣ находятъ пока ограниченное примѣненіе даже на родинѣ Маркони, въ Италіи, гдѣ его система офиціально признана средствомъ сообщенія только на морѣ.

Изъ другихъ государствъ европейскаго континента беспроводный телеграфъ нашелъ себѣ широкое примѣненіе только въ Германіи и Франціи, а въ болѣе скромныхъ размѣрахъ онъ имѣется и въ другихъ государствахъ какъ Европы, такъ и Азіи (какъ напримѣръ въ Японіи). Аппаратами беспроводнаго телеграфа снабжаются главнымъ образомъ морскія вѣдомства и коммерческой флотъ. Въ Германіи для этой цѣли избраны аппараты системы Слаби, пользующагося личнымъ расположеніемъ Императора Вильгельма. Насколько бросается въ глаза большое сходство первоначальныхъ установокъ проф. Попова и Маркони, настолько же близкими, если не болѣе, оказались системы Арко—Слаби и Брауна. Послѣдняя нашла себѣ примѣненіе въ перевозныхъ полевыхъ станціяхъ Германской арміи.

Но починъ примѣненія беспроводнаго телеграфа для военныхъ дѣйствій принадлежитъ Англіи, которая во время войны съ Бурами послала въ Трансвааль приборы Маркони; послѣдніе однако не получили тамъ распространенія, вслѣдствіе какъ недостатка обученнаго персонала, такъ и несовершенства самихъ приборовъ. Этотъ примѣръ не остановилъ германскихъ попытокъ въ томъ-же направленіи. Несомнѣнно, что быстрая передача приказаній и разнаго рода необходимыхъ свѣдѣній во время военныхъ дѣйствій составляетъ очень важную операцію, ибо отъ своевременности таковой часто зависитъ исходъ сраженія. Въ виду возможныхъ топографическихъ препятствій данной мѣстности (какъ напримѣръ лѣсъ, горы и т. п.) дальность передачи сигналовъ беспроводнымъ телеграфомъ для работъ германской арміи опредѣляется въ 100 километровъ. Это разстояніе повышается въ случаѣ возможности пользоваться поднятіемъ металлическихъ соединеній со станціей посредствомъ воздушнаго шара или змѣя. Аппараты и всѣ необходимыя для беспроводнаго телеграфа приспособленія, изготовляемая фирмою Сименса и Гальске для телеграфа Брауна, обладаютъ достаточной портативностью и легко укладываются на четырехколесной повозкѣ военного типа, при чемъ передній ходъ связанъ съ заднимъ удобообразнымъ соединеніемъ посредствомъ шворня.

Въ кузовѣ задняго хода помѣщаются приборы, составляющіе станцію отправленія сигналовъ, а въ кузовѣ передняго хода — пріемные аппараты. Приведеніе станціи въ готовность производится въ теченіе нѣсколькихъ минутъ. Въ виду затруд-

неній, сопряженныхъ съ зарядкой аккумуляторовъ, въ заднемъ ходѣ помѣщается бензиновый моторъ въ пять лошадиныхъ силъ, работающій на динамо машину въ три киловатта при напряженіи въ 120 вольтъ. Въ переднемъ ходѣ имѣется также резервуаръ со сгущеннымъ водородомъ для наполненія небольшого воздушнаго шара. Обслуживается такая станція при одномъ офицерѣ шестью нижними чинами. До настоящаго времени въ германской арміи пользовались беспроводнымъ телеграфомъ на разстояніяхъ, не превышавшихъ 80 километровъ.

Во французскомъ флотѣ и въ колоніальныхъ войскахъ примѣняются аппараты системы Попова, изготовляемые фирмою Дюкрете, но съ разнообразными измѣненіями, внесенными другими мастерскими (Рошфоръ) и французскими военными инженерами, какъ Ferrié. Лучшими установками во французскихъ колоніяхъ считаются линіи во французскомъ Конго, Сенегалѣ, Индо-Китаѣ и на Антильскихъ островахъ (Мартиникъ и Гваделупъ). На послѣднихъ станціи беспроводнаго телеграфа были устроены по случаю порчи кабеля послѣ изверженія вулкана на горѣ Пеле. Въ самое недавнее время организовалось въ Парижѣ общество для устройства и эксплуатаціи беспроводныхъ телеграфныхъ сообщеній подъ названіемъ „Société Française des Télégraphes et Téléphones sans fil.“, которое разработало проэктъ обширной сѣти станцій беспроводнаго телеграфа по южному берегу Франціи, а также въ Алжирѣ и Тунисѣ и предложило французскому правительству свои услуги по осуществленію его. Этимъ же обществомъ устраивается сѣть городскихъ станцій беспроводнаго телеграфа въ Парижѣ для эксплуатаціи по передачѣ городскихъ телеграммъ. Такимъ образомъ во Франціи новая отрасль техники находитъ себѣ коммерческую почву, на которой только всякія изобрѣтенія и могутъ развиваться. Изъ другихъ пунктовъ примѣненія беспроводнаго телеграфа съ коммерческими цѣлями во Франціи надо указать на „Compagnie Général Transatlantique“ въ Гаврѣ и „Compagnie des Messageries Maritimes“ въ Марсели.

Подобно французскимъ пароходнымъ компаніямъ аппаратами беспроводнаго телеграфа снабжены всѣ главныя пароходныя общества и въ Германіи, въ которыхъ примѣняется система Слаби. Таковы напримѣръ „Сѣверо-Германскій Ллойд“ и „Hamburg-America Linie“. Изъ нихъ первое общество имѣетъ главныя береговыя станціи на островѣ Боркумѣ и въ Бременгафенѣ, а второе — въ Куксгафенѣ (Dühhnen). Какъ „Сѣверо-Германскимъ Ллойдомъ“, такъ и французскою „Трансатлантическою компаніею“ заключены съ „Международною компаніею беспроводнаго телеграфа Маркони“, имѣющею много своихъ береговыхъ станцій въ Англіи и Америкѣ, особыя соглашенія

относительно обмена телеграммъ между ихъ пароходами и береговыми станціями. Каждый изъ пассажировъ парохода можетъ подать депешу для передачи ея по беспроводному телеграфу на береговую станцію и слѣдовательно въ любой пунктъ земного шара, если судно находится въ районѣ дѣйствія какой либо станціи. Для такихъ телеграммъ установленъ особый тарифъ. Подобныя же установки имѣются въ пользованіи Италіанскаго пароходства „Navigazione Generale Italiana Societa riunite Florio e Rubattiono“ въ Генуѣ и „Dampfschiffahrt Gesellschaft des Osterreichischen Lloyd“ въ Триестѣ и, наконецъ, у отдѣльныхъ большихъ газетъ, какъ напр. англійскій „Times“ [между прочимъ на пароходѣ „Хаймунъ“ (Haimun), плавающимъ въ

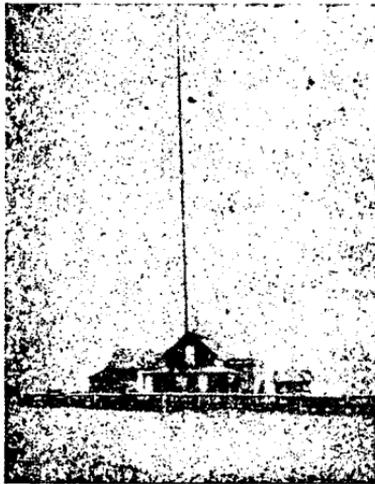


Рис. 40. Станція беспроводнаго телеграфа, принадлежащая газетѣ „New-York Herald“.

водахъ Дальняго Востока] и „New-York Herald“ (рис. 40) на островѣ Mantucket.

Въ Россіи, кромѣ многочисленныхъ станцій беспроводнаго телеграфа, имѣющихся на всѣхъ военныхъ судахъ русскаго флота, оборудована также установка для беспроволочнаго телеграфировація при Военной Электротехнической Школѣ въ Петербургѣ. Трудями постоянного состава школы и ея бывшихъ слушателей въ 1902—1903 г.г. было произведено много опытовъ для выясненія вопросовъ о высотѣ и числѣ воздушныхъ проводовъ на передающей и приѣмной станціяхъ въ зависимости отъ разстоянія сигнализациіи. Изъ этихъ опытовъ выяснилось, что разстояніе передачи сигналовъ зависитъ отъ числа воздушныхъ проводовъ и высоты ихъ поднятія. Съ возрастаніемъ числа поднятыхъ на

мачту проводовъ увеличивается ихъ электрическая емкость, что требуетъ соотвѣтственнаго увеличенія емкости и той цѣпи, въ которой находится вибраторъ, а слѣдовательно и мощности тока. При этихъ опытахъ примѣнялись системы Попова—Дюкрете и Арко—Слаби. Въ зависимости отъ высоты мачтъ, измѣнявшейся отъ 24 до 50 метровъ и мощности тока, колебавшейся въ предѣлахъ отъ 32 до 4000 уатъ, разстояніе сигнализациі доходило до 125 верстъ (Петербургъ—Нарва). Въ послѣднемъ случаѣ число воздушныхъ проводовъ, при высотѣ поднятія въ двадцать сажень и средней длинѣ ихъ въ 45 сажень, равнялось 74. Такое число бронзовыхъ проволокъ потребовалось потому, что передаточная станція находилась въ самомъ центрѣ города (въ зданіи Школы), пересѣченнаго большимъ числомъ какъ воздушныхъ, такъ и подземныхъ электрическихъ кабелей, телефонныхъ линий и т. п. и застроеннаго станціями для электрическаго освѣщенія и другихъ цѣлей. Въ Нарвѣ были натянуты стальной канатъ между лютеранской киркой и древней башней Германа. Къ нему было прикрѣплено десятка два воздушныхъ проводовъ длиною до 30 сажень. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ провода подымали на большую высоту при помощи змѣевъ или воздушныхъ шаровъ. Подобные же опыты были произведены и на меньшихъ разстояніяхъ, какъ напр. между Петербургомъ и слѣдующими станціями: Воздухоплавательнымъ паркомъ (около 4 верстъ), Гатчиной (36 верстъ), Волосово (по Балтійской желѣзной дорогѣ—66 верстъ) и другими. Работы произведенныя во время этихъ опытовъ послужили отличной подготовкой для многихъ офицеровъ, устанавливавшихъ впоследствии станціи беспроволочнаго телеграфа въ Портъ-Артурѣ и вообще на Дальнемъ Востокѣ, гдѣ всѣ станціи съ полнымъ успѣхомъ дѣйствуютъ и до настоящаго времени.

Изъ всего вышесказаннаго ясно, что вопросъ о практическомъ примѣненіи научныхъ открытій Герца, лежащихъ въ основаніи современнаго телеграфированія безъ проводовъ, уже вышелъ изъ періода теоретическихъ опытовъ и кабинетныхъ изысканій и беспроволочный телеграфъ сдѣлался полезнѣйшимъ средствомъ сношеній черезъ громадныя пространства. Можно надѣяться, что придетъ время, когда онъ станетъ предметомъ всеобщаго пользованія и во многихъ случаяхъ сдѣлаетъ излишнимъ существованіе дорого стоящихъ подводныхъ кабелей. (За первые пятьдесятъ лѣтъ существованія морской телеграфіи проложено 1225 отдѣльныхъ кабелей, представляющихъ въ общей сложности 185 тысячъ миль (228 тысячъ верстъ) протяженія и стоимость свыше 250 милліоновъ рублей. Въ это число не входятъ подводные кабели, проложенные въ заливахъ, бухтахъ, устьяхъ, небольшихъ рѣкахъ, озерахъ, между островами и т. п.).

Передача депешъ по беспроволочному телеграфу изъ Англии

въ Средиземное море черезъ всю Францію и черезъ Атлантическій океанъ въ Канаду—совершившіеся факты, но они являются пока единичными и должны быть разсматриваемы скорѣе, какъ успѣхи науки и техники беспроводнаго телеграфа, но не какъ данныя для постоянной и правильной эксплуатаціи въ коммерческихъ цѣляхъ между указанными пунктами, тѣмъ болѣе, что способъ іріема сигналовъ на слухъ помощью телефона не обладаетъ необходимою документальностью, потому что сигналы самими приборами не могутъ быть записаны, а это представляетъ собою не малое препятствіе для развитія беспроводнаго телеграфа въ сферѣ коммерческихъ сношеній.

Кромѣ того, развитіе беспроводныхъ телеграфныхъ сношеній выдвигаетъ новые вопросы международной политики. Къ такимъ вопросамъ относится напр. необходимость опредѣленія наименьшаго разстоянія между станціями, изъ которыхъ болѣе могущественная можетъ парализовать дѣйствіе болѣе слабой. Другой изъ нихъ касается дѣятельности Марконіевской англійской компаніи, стремящейся явно захватить въ свои руки монопольное право эксплуатаціи этого рода телеграфныхъ сношеній въ районахъ водныхъ путей, имѣющихъ международное значеніе. Этотъ вопросъ уже поставленъ на очередь германскимъ правительствомъ. Предложеніе Германіи о необходимости международнаго соглашенія относительно примѣненія беспроводнаго телеграфа въ сношеніяхъ морскихъ судовъ признано всѣми державами желательнымъ и своевременнымъ. Дѣйствительно, не говоря уже о взаимномъ вліяніи беспроводныхъ сообщеній, эксплуатируемыхъ однимъ государствомъ, на такія же сообщенія другого, нельзя не указать на возможность международныхъ сношеній по беспроводному телеграфу черезъ чужія территории при всякихъ условіяхъ, какъ напр. передача телеграммъ изъ Англій въ Средиземное море черезъ всю Францію, что представляетъ собою серьезный международный вопросъ, требующій точнаго выясненія условій пользованія для беспроводныхъ телеграфныхъ сношеній мировымъ надземнымъ пространствомъ.

Наконецъ, къ неблагопріятнымъ обстоятельствамъ, затрудняющимъ пока широкое развитіе телеграфа безъ проводовъ надо отнести медленность работы; это, особенно при большихъ разстояніяхъ, сказывается въ такомъ размѣрѣ, что дѣлаетъ новый способъ даже невыгоднымъ. Практика коммерческихъ флотовъ и опытныхъ станцій показала, что для достиженія отчетливости посылаемыхъ сигналовъ клавишей приходится работать гораздо медленнѣе, чѣмъ манипуляторомъ обыкновеннаго проводнаго телеграфа. При самыхъ лучшихъ условіяхъ Маркони не могъ передать болѣе 27 словъ въ минуту (Черногорія и Бари въ Италіи, въ 1904 г.), тогда какъ по кабелю передается нѣсколько сотъ

словъ въ тотъ же періодъ времени. Къ тому же стоимость эксплуатаціи все еще слишкомъ высока, что бы беспроводный телеграфъ въ современномъ видѣ сталъ всеобщимъ достояніемъ. Передача нѣсколькихъ словъ требуетъ непрерывнаго дѣйствія довольно крупныхъ машинъ, служащихъ источникомъ потребляемой энергіи, значительная часть которой непроизводительно разсѣивается въ пространствѣ. Поэтому, несмотря на многія преимущества, представляемая беспроводнымъ телеграфомъ по сравнению съ обыкновеннымъ проводнымъ, нельзя предаваться чрезмернымъ надеждамъ на быстрое развитіе этой новой отрасли техники, зависящей отъ успѣховъ въ усовершенствованіи приборовъ, которыхъ удастся достигнуть современнымъ ученымъ и техникамъ, побѣдившимъ дружной работою уже многія силы природы и овладѣвшимъ безпредѣльнымъ океаномъ мірового эфира на благо и пользу человѣчества.

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

Страница.	Строка:		Напечатано.	Должно быть.
	Сверху.	Снизу.		
3	7	—	вопросамъ	вопросомъ.
3	16	—	Сляби	Слаби.
4	—	2	Gebite	Gebiete.
4	—	2	ber	der.
4	—	4	Fongɔ	Congo.
4	—	4	fransaís	français.
4	—	6	pratibues	pratiques.
4	—	9	télegraphie	télégraphie.
7	4	—	По этому	Поэтому.
8	20	—	равною	равною.
8	—	15	честицамъ	частицамъ.
11	—	15	показываетъ	показываетъ.
11	—	11	воспринимаемый	воспринимаемый.
11	—	8	способнъ	способенъ.
11	—	6	колебанй	колебаний.
18	—	15	зеркапо	зеркало.
23	12	—	пучек	пучекъ.
28	—	6	платновыхъ	платиновыхъ.
28	—	3	1	J.
29	1	—	вздухъ	воздухъ.
31	—	17	оперечнаго	поперечнаго.
31	5	—	элктрической	электрической.
35	—	17	По этому	Поэтому.
36	1	—	Д	<i>D.</i>
36	9	—	Д	<i>D.</i>
37	—	5	подбранныя	подобравныя.
39	—	14	d	g.
46	—	7	Джигеръ	Джиггеръ.
49	—	2	Gebtefe	Gebiete.
58	19	—	представляло	представляетъ.
60	—	11	сосдиненныхъ	соединенныхъ.
67	2	—	континектъ	континентъ.



Въ книжномъ магазинѣ М. П. Петрова, подъ фирмой „А. Ф. Сухова“.

С.-Петербургъ, Фонарный, 7.— Вознесенскій, 21.

Продаются и высылаются наложеннымъ платежомъ
нижеслѣдующія изданія:

Мотивы Садовой архитектуры, архитекторъ П. Грюндингъ, съ 60 рис.	1 р. — .
Керамика. Фарфоровое и гончарное производство, съ 8 рис., пер. съ нѣм. профес. Свобода	— р. 60 к.
Какъ сдѣлать телескопъ и какъ имъ пользоваться. популярная телескопическая астрономія, съ 12 иллюстр. и 4 картами. А. Фаулеръ. Пер. По 2-го англійск. изд.	— „ 60 „
Причины образованія болотъ и ихъ осушеніе. Инженеръ А. Ф. Папенгутъ	— „ 20 „
Обращеніе и уходъ за паровыми машинами на судахъ во время ихъ работы и остановокъ. Инженеръ В. Мюллеръ	— „ 30 „
Кустарное производство бочекъ, кадокъ, ведеръ и другой деревянной посуды, съ 76 рис. Технологъ Федоровъ	— „ 40 „
Каменноугольная и чугуноплавильная промышленность Россіи. Профессоръ Горн. Инжен. д-ръ Неймаркъ, съ 13 рис.	— „ 50 „
Правила и программа устныхъ испытаній для лицъ, ищущихъ права производства строительныхъ работъ, изд. 1903 г.	— „ 25 „
Электрическіе звонки. Съ 44 рис. 2 изд. М. Петровъ	— „ 25 „
Безпроводочный телеграфъ и его примѣненіе, съ 6 рис. В. Л. Анцовъ	— „ 20 „
Электричество и магнетизмъ. Полетика. Съ 26 рис., Деревянные дома—дачи. Инжен. Папенгутъ. Постр. лѣтн. и зимнихъ дерев. домовъ, съ атласомъ план. разрѣз. и фасад. дачъ.	1 „ — „
Колодцы. Инжен. Папенгутъ. Практическое руководство къ устройству обыкновенныхъ шахтныхъ и трубныхъ колодцевъ, съ 44 рис.	1 „ 25 „
Вѣтринскій Ч. Жизнь и пѣсни Алексѣя Васильевича Кольцова	— „ 10 „
„Думы мои, думы“. Стихотворенія русскихъ поэтовъниковъ, Федоровъ,—Производство стекла съ 23 рис.	— „ 8 „
Полянская М. Жизнь и сочиненія Федора Михайловича Рѣшетникова	— „ 20 „
	— „ 5 „

Спутникъ Техника Строителя съ 41 рис., Его же	— „ 40 „
Правила программы устныхъ испытаній для лицъ, ищущихъ права производства строительныхъ работъ	— „ 25 „
Препарированіе чучель и скелетовъ, съ атласомъ различн. птицъ. В. Рудевичъ	— р. 50 к.
Какъ сдѣлать телескопъ и какъ имъ пользоваться, Популярн. телескоп. астрономія съ 12 иллюстр. и 4 картами А. Фаулеръ. Пер. съ 2 англ. изд.	— „ 60 „
Часовщикъ-Любитель, уходъ за часами, починка и чистка, съ 32 рис. 2 изд. Техн. П. Федоровъ	— „ 30 „
тоже въ папкѣ	— „ 40 „
Переплетчикъ-Любитель, съ 56 рис. 3 изд. Его-же	— „ 30 „
тоже въ папкѣ	— „ 40 „
Простая мебель. Образцы и описаніе, съ 92 рис. Его-же.	— „ 30 „
тоже въ папкѣ	— „ 40 „
Кузнецъ-Любитель, съ 46 рис. Его-же	— „ 30 „
тоже въ папкѣ	— „ 40 „
Слесарь-Любитель, съ 61 рис. 2 изд. Его-же	— „ 30 „
тоже въ папкѣ	— „ 40 „
Выдѣлка различныхъ замковъ съ 20 рис. Его же	— „ 20 „
Жестяныя, цинковыя и мѣдныя работы съ 73 рис. Его-же	— „ 40 „
Обойщикъ-Любитель, съ 65 рис. 2 изд. Его-же	— „ 30 „
тоже въ папкѣ	— „ 40 „
Корзиночное произв. и плет. меф., съ 52 рис. 2 изд. Его-же	— „ 30 „
Веревочное производство и плетеніе ковровъ, мать и половиковъ, съ 35 рис. Его-же.	— „ 30 „
Мебельно-обойное ремесло, съ 108 рис. Его-же	— „ 60 „
Щеточникъ-Любитель, съ 21 рис. Его же	— „ 25 „
Роговыя и Костяныя издѣлія съ 25 рис. Его-же	— „ 30 „
Вязаніе рыболовныхъ сѣтей съ 20 рис. Его-же	— „ 20 „
Кустарное производство бочекъ, кадокъ, ведеръ и другой деревянной посуды, съ 76 рис. Его-же	— „ 40 „
Керамика — фарфоровое и гончарное производство, съ 8 рис. пер. съ нѣм. профес. Свобода	— „ 60 „
Сельскій землемѣръ *), съ 40 рис. Техн. П. Федоровъ	— „ 30 „
Постройка и ремонтъ дорогъ грунтовыхъ, шоссеиныхъ булыжныхъ и торцевыхъ, съ 32 рис. Его-же *)	— „ 30 „
Причины образованія болотъ и ихъ осушеніе. Инже- нера А. Ф. Папенгутъ.	— „ 20 „
Спутникъ Желѣзнодорожнаго мастера съ 55 рис. Техн. П. Федоровъ.	— „ 40 „
Руководство для машинистовъ и уходъ за паровыми машинами, съ 20 рис. Его-же	— „ 50 „

- Постройка и ремонт дорогъ грунтовыхъ, шоссе-
ныхъ, булыжныхъ и торцевыхъ. Практ. руков.
для губернскихъ правленій, земскихъ управъ,
техниковъ и сельско-хозяйственныхъ и техни-
ческихъ школъ, съ 33 рис., Его же 1902 . . . — р. 30 к.
- Отдѣломъ Ученаго Комитета Министрства Народнаго Про-
свѣщенія по техническому и профессиональному образованію
допущена въ учебныя бібліотеки техническихъ и реме-
сленныхъ заведеній.
- Особымъ отдѣломъ Ученаго Комитета допущена въ безплат-
ныя народныя читальни и бібліотеки.
- Постройка лѣстницъ: каменныхъ, желѣзныхъ и де-
ревянныхъ. Практич. руков. для строителей, до-
мовладѣльцевъ, мастеровъ, десятниковъ и рабо-
чихъ, съ 39 рис. Его же 1904 г. — „ 30 „
- Почтово-телеграфный календарь на 1905 г. въ изящ-
номъ коленкоровомъ переплетѣ тиснономъ зо-
лотомъ. М. Петрова, 8-е изд., 1905 г. — „ 60 „
- Правила и порядокъ испытаній на иолученіе права
производ. строительн. работъ. Изд. неоффиц. 1904 . . . „ 25 „
- Правила и порядокъ выдачи вознагражденія рабо-
чимъ потерѣвши. отъ несл. случ. 1904 г. . . . — „ 20 „
- Практическое руководство для кочегаровъ и уходъ
за паровыми котлами, съ 19 рис., Технол. П. А.
Федорова 1901 — „ 30 „
- Практическое руководство для машинистовъ и уходъ
за паровыми машинами, съ 20 рис., Его же 1901. — „ 50 „
- Приготовленіе консервовъ. Краткое практич. руков.
къ приготовленію домашнимъ способомъ консер-
вовъ изъ мяса, дичи, рыбы, зелени и различ-
ныхъ плодовъ, П. А. Федорова, 1904 — „ 10 „
- Причины образованія болотъ и ихъ осушеніе. Гражд.
Инж. А. Ф. Папенгутъ, 1903 „ 20 „
- Проекты деревянныхъ домовъ дачъ для небольшихъ
семействъ, 12 проектовъ деревянныхъ дачъ въ
различныхъ стиляхъ, Архитектора Г. Астеръ.
Переводъ съ нѣмецкаго съ дополненіями. 1904. — „ 60 „
- Проекты каменныхъ домовъ дачъ для небольшихъ се-
мействъ. 12 проектовъ каменныхъ дачъ въ раз-
личныхъ стиляхъ. Архитектора Г. Астеръ, 1904. — „ 60 „
- Производство ваксы, сапожной и колесной мази, лака
и дегры для кожи и т. п. Практич. руков. къ
приготовленію по лучшимъ испытаннымъ рецеп-
тамъ, Технол. П. А. Федорова, 1903. — „ 25 „
- Отдѣломъ Ученаго Комитета Министрства Народнаго Про-
свѣщенія по техническому и профессиональному образованію
допущена въ учебныя бібліотеки техническихъ и реме-
сленныхъ заведеній.
- Производство замковъ. Практ. руков. для слесарей,
кустарей и любителей, съ 28 рис., Его же, 1904. — „ 20 „
- Производство сливочнаго и чухонскаго масла. Пра-
ктич. руков. для любителей, сельскихъ хозяевъ
и для изученія въ сельско-хоз. и земледѣльч.
школахъ, съ 15 рис., Его же 1903 — „ 30 „
- Производство соды. Практ. руков. по добыванію соды
кустарн. и фабр. спос., съ 10 рис. Его же 1904. — „ 30 „

- Фабрикація обоевъ. Краткое описаніе выдѣлки обоевъ на Петербургскихъ обойныхъ фабрикахъ, А. Бактиарова, 1904 г. —
- Фотографъ любитель. Практич. рукоѵ: къ всестороннему изученію фотографіи для начинающихъ любителей, съ 45 рис., В. Л. Анцова, 1903 г. . —
- Художникъ любитель. Практическое руководство для любителей, 1903 г. —
- Часовщикъ любитель. Практ. руков. къ обращенію и уходу за часами: стѣнными, столовыми и карманными, чистка, провѣрка и починка, съ 24 рис., Технол. П. А. Федорова, 2-е изд. 1904 г. . . . —
- Чернила. Руков. къ приготовленію чернилъ разныхъ сортовъ и цвѣта, штемпельной краски и гектографической массы домашнимъ способомъ. Выборъ наилучшихъ рецептовъ и описаніе способовъ приготовленія. Его-же. 1901 г. —
- Шорно-сѣдельное ремесло. Практическое руководство по выдѣлкѣ и починкѣ сѣделъ, сбруи и другой конской упряжи. Съ 21 рис. Его же, 1904 г. . —
- Штукатурное дѣло. Практическое руководство по отдѣлкѣ зданій. Оштукатуриваніе по дереву, камню и др. Съ 21 рис., Техн. П. Александрова. 1904 г. —
- Отдѣломъ Ученаго Комитета Министерство Народнаго Просвѣщенія по техническому и профессиональному образованію допущена въ ученическія бібліотеки техническихъ и ремесленныхъ заведеній.
- Особымъ отдѣломъ Ученаго Комитета допущена въ безплатныя народныя читальни и бібліотеки.
- Щеточникъ любитель. Практ. руков. къ выдѣлкѣ всевозможныхъ щетокъ и кистей для любителей и кустарей. съ 21 рис., Технол. П. А. Федорова; 1903 г. —
- Электрическіе звонки, проводка ихъ, уходъ за батареей и исправленіе случайныхъ поврежденій. съ 44 рис., М. И. Петрова, 2-е изд. 1903 г. . . . —
- Электрическое освѣщеніе. Практ. руков. и описаніе всѣхъ новѣйшихъ усовершенствованій въ области электрическаго свѣта, съ 53 рис. Инж.-электр. Эрнеста Кусте, перев. съ франц. подъ редакц. М. П. Петрова, 1901 г. —
- Электричество и магнетизмъ (Опытъ матеріальной теоріи), съ 26 рис. и черт., И. Полетика, 3-е изд. 1904 г. —
- Электродвигатели и ихъ примѣненіе для различныхъ цѣлей. Практич. руков. для любителей и электротехниковъ, съ 29 рис. Технол. П. А. Федорова, 1903 г. —
- Электротехника и очеркъ физическихъ ея основаній. Шесть популярныхъ опытныхъ лекцій по электротехникѣ. Д-ра Эпштейнъ, перев. Н. С. Дрентельна, съ 39 рис., 3-е изд. 1904 г. —