B
KTO
P

В.А. Запевалов

КТО ИЗОБРЁЛ РАДИО?

Воронеж
Центр духовного возрождения
Чернозёмного края
2014

УДК 621.396.1(09)
ББК 32.884г
З 31

Запевалов В.А.
З 31 Кто изобрел радио? – Воронеж: Центр духовного возрождения Чернозёмного края 2014.–96 с.

ISBN 978-5-91338-106-4

Автор книги – радиоинженер – излагает свою точку зрения на историю развития радио и связанных с ним отраслей науки и практики, даёт свою оценку научным и экспериментальным достижениям учёных и изобретателей различных стран в этой сфере деятельности.

УДК 621.396.1(О9)
ББК 32.884г

ISBN 978-5-91338-106-4 С Запевалов В.А., текст, иллюстрации, 2014
С Центр духовного возрождения Чернозёмного края, оригинал-макет, 2014

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ

Радио - величайшее изобретение девятнадцатого века. В двадцатом веке очень быстро из радио выросла электроника. Эти два технических компонента в двадцатом и двадцать первом веках так ускорили развитие науки и техники, что на сегодняшний день невозможно даже и представить ни одну сторону человеческой деятельности без участия радиоэлектроники, которое с каждым годом стремительно возрастает. Радиоэлектроника стала вездесущей. С чего же началась эта вездесущая радиоэлектроника? Можно сказать с А.С. Попова и Г. Маркони, но это будет не справедливо. Эти два гиганта стояли на плечах других, которые, в свою очередь опирались на своих предшественников и так можно продолжать вглубь веков.

Известно, что любая наука развивается скачкообразно. В результате случайно полученных данных, но в основном многих целенаправленных экспериментов и исследований накапливается информация в данной области. Накапливается до некоторой критической массы. Затем происходит скачок – открытие. Все накопленные знания выстраиваются в логическую схему, поднимаются на новую ступень, “на новую территорию”. После этого идёт её освоение, происходит накопление новых знаний, далее опять скачок на новую ещё более высокую ступень и так далее. В разные исторические времена интервалы между скачками разные, и, чем дальше в глубь веков, тем они продолжительнее и могут составлять целые века. В наше время интервалы занимают только годы.

Многие открытия или изобретения при внимательном их рассмотрении кажутся очень простыми, и, чем дальше уходят годы и чем больше человечество обогащается знаниями, тем ещё проще они кажутся. Нередко об авторе важного достижения в науке и технике говорят, что только гений мог додуматься до такого простого решения, между тем до гения и параллельно с гением много народа билось над этой проблемой. Как правило, гений знал об их результатах, но часто совсем неудачных, и эти результаты как-то подталкивали его мысль к открытию. Как показывает история, научные открытия и изобретения очень редко являются результатом внезапного творческого озарения. Обычно учёный или изобретатель получает искомый результат благодаря упорным и систематическим исканиям. Одним из примеров был Майкл Фарадей, который своё открытие электромагнитной индукции сделал в результате долголетних и целенаправленных экспериментов. В науке бывает, когда то или иное открытие или техническоё решение находится случайно. Например, Л. Гальвани открыл так называемое “животное электричество”, неправильно объяснив полученные результаты. Только другой учёный смог правильно объяснить полученные Гальвани результаты. Этим человеком был А. Вольта. Другой пример. Г. Эрстед заметил, что магнитная стрелка компаса отклоняется, когда по проводнику течёт постоянный ток.

Причём, компас рядом с проводником оказался случайно. Однако в отличие от Гальвани, Эрстед сумел правильно объяснить явление.

С чего же началась дорога к радиоэлектронике? Где поставить нулевой дорожный столб? Но где бы он не был поставлен, эта точка отсчёта всегда будет более или менее условной. Радиоэлектроника (первоначально радио – то есть передача информации без проводов при помощи радиоволн) - это коллективный труд многих учёных, живших в разные эпохи и столетия. Многие из них даже не знали о существовании друг друга. Но все они работали, так или иначе, в одном направлении.

Впервые явление, которое сейчас называется электричеством, было замечено в древнем Китае, Индии, а позднее - в Древней Греции. Тогда уже было известно свойство янтаря, натёртого мехом или шерстью, притягивать пушинки и другие лёгкие тела. Это явление позднее получило название “электризация”. По-гречески янтарь имеет название “электрон”. Однако греки и другие народы не продолжили изучать это свойство янтаря. Римляне тоже ничего не прибавили к знаниям древних греков. Такое положение оставалось вплоть до 17 века. В начале 17 века английский врач Гильберт обнаружил, что и другие тела обладают свойством янтаря, например, алмаз, сера, смола. Он также заметил, что некоторые тела не электризуются, в силу чего он разделил все доступные ему тела на электризуемые и неэлектризуемые. В 1720 году англичанин Грей выявил, что некоторые тела способны проводить электричество, и разделил все тела на проводники и непроводники электричества.

Ещё с первобытных времён люди интересовались электричеством, но с другой стороны. Их страшили молнии. Для объяснения этого природного явления были придуманы всякого рода легенды, в том числе и о божественном происхождении. По мере накопления знаний люди стали целенаправленно изучать молнию. Первые попытки объяснить происхождение молнии предпринимались ещё в античные времена. Греческие учёные-философы Анаксимен и Анаксагор рассматривали грозовые разряды как результат сгущения воздуха в облаках. Сократ доказывал, что молнии результат столкновения облаков. Аристотель считал, что гром и молния возникают благодаря воспламенению в облаках различных горючих испарений.

Сильным толчком к изучению этого явления стал практический интерес в средние века к небесному электричеству благодаря христианской религии, в основном, католической. В это время в Европе сложился новый стиль культовой архитектуры – готический. Его характерная черта - остроконечные крыши и высокие шпили. Часто несущей конструкцией шпиля был металлический каркас, который, как правило, был прикрыт медными листами. Известно, что молния “любит” разрядиться в предмет высокий и токопроводящий. Было замечено: если металлический шпиль был электрически изолирован от земли, то он иногда подвергался разрушению, но если шпиль конструктивно соединялся с землёй токопроводящими элементами, он прекрасно выдерживал удар молнии любой силы.

В начале 18-го века учёные уже знали, что молния - это электрический разряд наэлектризованных облаков и пытались как-то объяснить физику этого явления. Экспериментальными исследованиями в этом направлении занимался и М.В. Ломоносов. Согласно его теории электризация облаков происходит в результате “трения мёрзлых паров о воздух”. Под “мёрзлыми парами” он понимал лёд, а “воздух” им понимался как смесь воздуха и водяного пара.

Существенный вклад в изучение молнии сделал Бенджамин Франклин (1706-1790) - североамериканский физик, политический и общественный деятель. В результате своих исследований он в 1751 году изобрёл молниеотвод. Конструкция молниеотвода проста – вертикальный кусок провода поднимается как можно выше, а его нижний конец заземляется. Для изучения молнии Б. Франклин несколько усложнил конструкцию молниеотвода. Он разорвал молниеотвод, к концам разрыва прикрепил металлические предметы для увеличения площади концов разрыва. Таким образом, молниеотвод соединялся с землёй не явно, а через своеобразный конденсатор. При помощи такого молниеотвода, Б. Франклин изучал силу искры в зависимости от воздушного промежутка в разрыве и от напряжения атмосферного электричества. В 1753 году он доказал, что молния имеет электрическую природу, что природа земного и атмосферного электричество одна и та же. Франклин впервые ввёл понятие положительного и отрицательного электричества (заряда) и предложил их обозначать “+” и “-”. Он же вывел закон сохранения электрического заряда [1]. Появились даже жертвы изучения молнии. Например, Рихман Георг (1711-1753) российский физик, вдохновлённый успехами Б. Франклина, решил продолжить исследование атмосферного электричества. Для этой цели он на крыше своего дома в С. Петербурге поставил свой молниеотвод, нижний конец которого входил в домашнюю лабораторию. В место разрыва ввёл лейденскую банку (прообраз конденсатора), параллельно конденсатору подсоединил электроскоп. В августе 1753 года, при очередном изучении атмосферного электричества (молнии) Рихман погиб от шаровой молнии на глазах у помощника. Этот физик известен в науке тем, что первый предложил электроскоп со шкалой. Это дало возможность в дальнейшем фиксировать электрический заряд не только качественно (есть-нет), но и количественно. В этих примерах уже просматриваются элементарные приёмники электромагнитного излучения (радиоволн). Имеются антенна, искровой промежуток в первом случае, или электроскоп - во втором случае, которые служат для визуальной индикации электромагнитных волн, и заземление. В то время ни кому в голову не приходила мысль, что это уже радиоприёмник. В качестве генератора и передатчика электромагнитных волн в данном случае выступает атмосферное электричество. При помощи этих двух примитивных радиоприёмников уже можно было определить кое-какие параметры этого атмосферного электричества.

Так с чего же начался путь к радиоэлектронике? Нам кажется - условно начался с изобретения постоянного источника электрического тока. Это фундамент всех дальнейших исследований электричества. Только наличие

источника постоянного тока позволило многим учёным серьёзно изучать законы электричества, а в дальнейшем, и магнетизма.

По сути источник постоянного напряжения начался с Гальвани. Гальвани Луиджи (1737 - 1798) - итальянский анатом и физиолог, профессор анатомии. Он является основоположником электрофизиологии, одним из создателей учения об электричестве. С 1771 года он исследовал электрические явления в живых тканях. Л. Гальвани впервые наблюдал сокращение мышцы лягушки в момент приложения к ней двух разнородных металлов. Интересна история возникновения этих наблюдений. Л. Гальвани очень любил употреблять в пищу лягушачьи лапки. Однажды, наблюдая, как их готовит его жена, он обратил внимание на то, что от прикосновения стального ножа к обнажённому нерву мышцы лапки мёртвой лягушки сокращаются. Л. Гальвани сам повторил опыт, мышцы лапки вновь сократились, и так происходило много раз. Необходимо отметить, что лягушачьи лапки лежали на лужёной тарелке. Не придав значение наличию в опыте двух разнородных металлов, он пришёл к ошибочному выводу, что главной причиной возникновения токов при этих условиях является наличие в нервах и мышцах лягушки собственного электричества, которое при разряде производит мышечное движение. Это электричество Л. Гальвани назвал “животное электричество”. Металлу же он отвёл несущественную роль разрядника. Впоследствии выяснилось, что это было заблуждение. Л. Гальвани много проделал опытов на тему взаимодействия электричества и животных организмов, но до самой своей смерти пребывал в этом заблуждении. Хотя Л. Гальвани был недалёк от истины. Сейчас известно, что в любом организме жизненные процессы сопровождаются возникновением электричества. Однако, это электричество не имеет ничего общего с электричеством, о котором провозгласил Л. Гальвани.

Вольта Алессандро (1745 - 1827), итальянский физик и физиолог учился в школе ордена иезуитов, но с ранних лет увлёкся естественными науками. Его заинтересовали работы Л. Гальвани открывшего так называемое “животное электричество”. Первоначально А. Вольта поддерживал точку зрения Л. Гальвани на “животное электричество”, но, повторяя его опыты, выяснил: если лапка лежала на лужёной тарелки, то она сокращалась при прикосновении к ней ножом. Но если лапка лежала на керамической тарелке, то лапка никак не реагировала на прикосновение ножа. А. Вольта сделал вывод, что наблюдаемое явление связано с наличием в опытах замкнутой электрической цепи, содержащей два разнородных металла и жидкость. В 1800 году на основании этих выводов А. Вольта изобрёл первый источник длительного постоянного тока, впоследствии названный “вольтовым столбом”. Следует заметить, что до “вольтового столба” уже был сконструирован источник постоянного напряжения - это электрофорная машина. Сейчас её можно увидеть практически в любом школьном физическом кабинете. Первый “вольтов столб” состоял из двадцати пар медных (положительные электроды) и цинковых (отрицательные электроды) кружочков, разделённых кусочками войлока, смоченными солёной водой. Солёную воду А. Вольта взял по аналогии с концентрацией соли в крови. В качестве солёного раствора служил

слабый раствор соляной кислоты. “Вольтов столб” на протяжении многих десятилетий был единственным постоянным источником электрической энергии. .

Рис 1. А. Вольта

С помощью “вольтова столба” были обнаружены, исследованы тепловые, световые, электрические, а затем и магнитное действие тока. Именем Вольта, была названа единица электрического напряжения – вольт.

Следующий шаг к радио сделал Эрстед Ганс Христиан (1777 - 1851), датский физик. Родился он в семье аптекаря. Учился в Копенгагенском университете, по окончании которого получил диплом фармацевта. Научные интересы Г. Эрстеда были широки и разносторонни. Первоначально увлёкшись химией и философией, он под влиянием работ А. Вольта перешёл к изучению электричества. Мировую известность Г. Эрстеду принесли работы, посвящённые изучению действия электрического тока протекающему по проводнику на магнитную стрелку компаса. Эрстед обнаружил,

что если рядом с проводником, по которому протекает постоянный ток поместить компас, то его стрелка отклоняется в сторону проводника. Причём чем сильнее протекающий ток, тем больше угол отклонения стрелки (первоначально компас около проводника оказался случайно). В 1820 году Эрстед опубликовал небольшую брошюру под названием “Опыты, касающиеся действия электрического конфликта на магнитную стрелку”. В ней впервые “электрическим конфликтом” был назван электрический ток. Справедливости ради необходимо отметить, что ещё в 1802 году итальянский ученый Романьози наблюдал отклонение стрелки компаса под влиянием электрического тока, протекающего по проводнику. Но на это сообщение почему - то не обратили внимание.

Опубликованное сообщение Г. Эрстеда об этом открытии вызвало научную бурю среди учёных того времени, дало мощный толчок в изучении электричества и магнетизма, положило начало систематическим исследованиям электромагнетизма как нового направления раздела физики. Г. Эрстед не сделал из своего открытия никаких практических выводов, и, тем не менее, это было одно из величайших открытий девятнадцатого века. Известный французский физик А. Ампер первый доказал, что проводник с током ведёт себя подобно магниту. Он же впервые объединил два разобщённых ранее явления - электричество и магнетизм - одной теорией электромагнетизма и доказал, что это единый процесс природы. В 1830 году А. Ампер, обсуждая с Г. Эрстедом это открытие, высказал мысль об его практическом использовании для телеграфа. Но оба учёных были слишком заняты теоретическими

проблемами в рамках открытия, в силу чего они слишком далеки были от запросов практики, чтобы разрабатывать эту мысль. Единственным человеком среди учёных, сразу понявшим, что открытие Эрстеда можно использовать для телеграфа, был русский учёный Павел Львович Шиллинг. Через два года, после того как Г. Эрстед опубликовал своё открытие, П.Л. Шиллинг предложил российскому Министерству путей сообщения первый в мире проект электромагнитного телеграфа. А в это время в Европе интенсивно продолжали строить новые лини

Рис 2. Г. Эрстед

оптического телеграфа системы французского механика К. Шаппа. Естественно, этому телеграфу мешали туманы, метели, сумерки и ночь, а телеграф П.Л. Шиллинга обещал быть всепогодным. Правительство России и в частности Министерство путей сообщения отреагировало на предложение П.Л. Шиллинга с полным равнодушием. Тогда Шиллинг построил его на собственные деньги. Линия телеграфа была построена между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения. Для своего телеграфа П.Л. Шиллинг разработал специальную телеграфную азбуку. Первое сообщение было передано в 1832 году. Этот телеграф, получивший название "стрелочный" (в качестве индикатора была магнитная стрелка), безотказно работал до тех пор пока его обслуживал сам изобретатель. Несмотря на успешную работу первого проводного телеграфа, денег для дальнейшего развития Российское правительство, тем не менее, не выделило. В силу служебных обстоятельств, П.Л. Шиллинг вынужден был прекратить обслуживание своего телеграфа, после чего он попал в руки чиновников, плохо разбиравшихся в технике. Вскоре аппарат испортился и был забыт. Проект и описание телеграфа П.Л. Шиллинга затерялись в архивах Министерства путей сообщения. Необходимо отметить, что первый электрический телеграф П.Л. Шиллинга требовал число проводов, равного числу передаваемых букв. Это был одним из недостатком предложенного электрического телеграфа, но начало электрического телеграфа было положено.

Опираясь на проведённые Г. Эрстедом работы, А. Ампер указал на электрический ток, как на причину магнитных явлений. Им были выявлены зависимости между силой тока, протекающего по проводнику и силой магнитного поля. Тогда же другой французский физик Д. Араго открыл явление намагничивание тел током, что послужило основой создания электромагнитов. Круг новых открытий и изобретений быстро расширялся. Электромагнетизм - вот видимый и ощутимый шаг к радиоэлектронике.

В 1830 году Г. Эрстед был избран почётным членом Петербургской академии наук. Позже его именем была названа единица измерения

напряжённости магнитного поля в абсолютной электромагнитной системе единиц. Так научное мировое сообщество оценило важность открытия, сделанного Г. Эрстедом.

Можно перечислить многих исследователей после Г. Эрстеда, занимающихся проблемами электромагнетизма, как в теоретическом, так и в прикладном плане, но следующий очень важный шаг в сторону радиоэлектроники (но пока в сторону электротехники) сделал удивительный человек М. Фарадей.

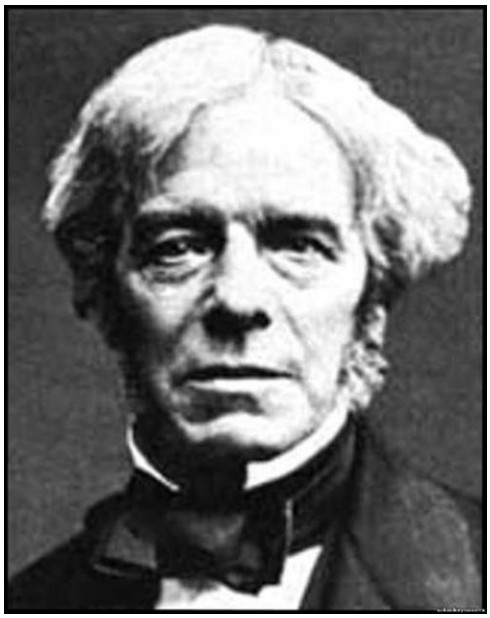


Рис 3. М. Фарадей

Фарадей Майкл (1791 - 1867) – английский физик и химик. Сын кузнеца и безграмотной матери родился в беднейшем квартале Лондона. Он не закончил ни колледжа, ни института, ни университета. а всего-навсего начальную школу. Программа школы была такова, что её выпускники могли только читать, писать и производить элементарный счёт. Ввиду очень скромных доходов отца, дальнейшее обучение было невозможным. В 12 лет Фарадей пошёл работать разносчиком газет, через год потупил учеником к переплётчику, где и проработал 10 лет. Параллельно Фарадей усиленно занимался самообразованием: читая книги, посещая публичные лекции различных учёных, при этом делая упор, в основном, на физику и химию. Статья об электричестве в “Британской энциклопедии” потрясла четырнадцатилетнего ученика переплётной мастерской. Эту статью Фарадей изучил досконально, по рисункам к статье построил электростатическую машину и стал производить простейшие опыты. Так началась его деятельность как экспериментатора. Путём самообразования он настолько успешно подготовился, что в 1813 году его приняли на работу лаборантом в химическую лабораторию Лондонского Королевского института. В лабораториях этого института и прошла вся его дальнейшая научная деятельность. Уже в 1816 году в научном журнале Королевского общества публикуется первая его статья. Открытие электромагнитного вращения поля и опыты по сжижению газов повысили научный авторитет молодого М. Фарадея. В 1824 году он избирается членом Королевского общества, а в 1827 году получает профессорскую кафедру в Королевском институте. Последующие открытия и исследования принесли М. Фарадею всемирную славу. Он не знал высокой математики - на тысячах страниц его лабораторных журналов нет ни одной формулы. Но зато он умел противопоставить красивым математическим теориям некоторых учёных трезвый ум реалиста. Позже его выдающийся соотечественник Д. Максвелл предаст выводам М. Фарадея математическую форму. Работая в институте, М. Фарадей задался вопросом: как доказал Эрстед, по проводнику протекает электрический ток, и вокруг него образуется магнитное поле, а если

в магнитное поле любого происхождения поместить проводник, возникнет ли в последнем электрический ток? То есть, существует ли явление обратное открытому Г. Эрстедом. И Фарадей доказал - существует. Причём доказал это простыми, по теперешним меркам, опытами.

Первый опыт. На деревянную болванку были намотаны две изолированные друг от друга катушки из медной проволоки, собрана электрическая схема (рис 4.а). При замыкании и размыкании ключа стрелка

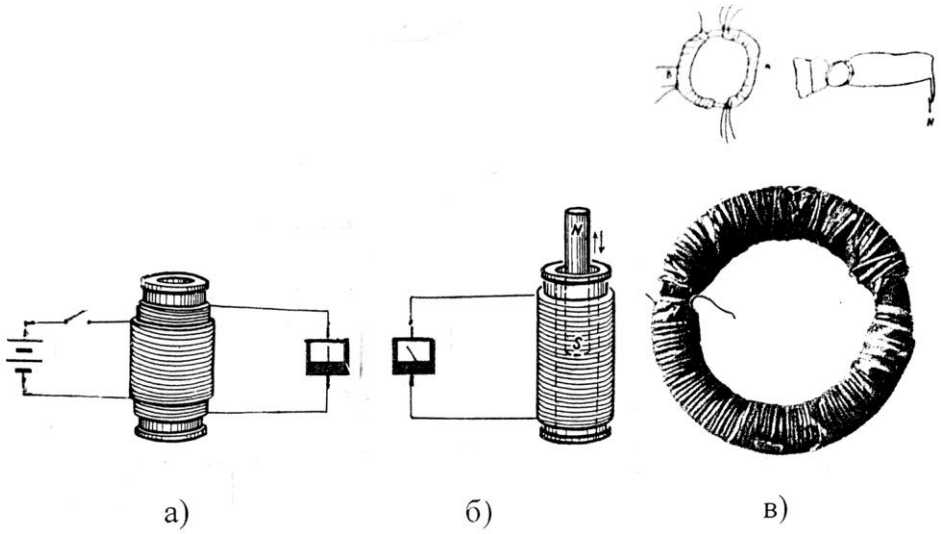


Рис 4. а) – схема опыта с двумя катушками и коммутатором,
б) – схема опыта с магнитным стержнем, в) – вверху: рисунок Фарадея к опыту с электромагнитной индукцией, внизу: железное кольцо с обмотками проволоки, с помощью которой в 1831 году Фарадей демонстрировал явление электромагнитной индукции.

гальванометра отклонялась. Отклонение стрелки гальванометра вызвано током в цепи с батареей. Но почему стрелка гальванометра отклоняется только при замыкании или размыкании ключа? Если не производить манипуляции с ключом, а оставить его замкнутым, никакой реакции гальванометра не наблюдалось, хотя ток в цепи с батареей был настолько большим, что обмотка нагревалась. Первоначально Фарадей предположил, что дело в искрах, вызванными замыканием и размыканием ключа.

Был поставлен второй опыт. На полую деревянную болванку была намотана катушка медной проволоки и собрана электрическая схема (рис 4.б). При движении магнитного стержня туда и обратно стрелка гальванометра неизменно откланялась. Из этого опыта Фарадей сделал вывод, что при движении намагниченного стержня через катушку силовые линии магнитного поля также движутся, пересекая витки катушки, благодаря чему в проводах возникает ток. Стало ясно, что в первом опыте в первичной катушке так же возникают силовые магнитные поля, которые, пересекаясь с витками вторичной катушки наводят в последней электрический ток.

Таким образом М. Фарадей сделал величайшее открытие, которое называется “электромагнитная индукция” – произошло это в 1831 году. Но это потребовалось 10 лет: в 1821 году Фарадей поставил перед собой задачу: “превратить магнетизм в электричество” и только в 1831 году это ему удалось.

В схеме рис 4.а определённо просматривается прообраз трансформатора, конкретная конструкция трансформатора Фарадея показана на рис 4.в. До промышленной конструкции трансформатор довели русские учёные - электротехники. В 1876 году трансформация переменного тока была предложена П.Н. Яблочковым, а в 1882 году И.Ф. Усагин впервые сконструировал промышленный трансформатор. Со временем, в зависимости от нужд электротехники, радиотехники, электроники появилось множество вариантов трансформаторов. Один из них – тороидальный трансформатор с сердечником внутри тора. Такой трансформатор с железным сердечником, по сути, впервые предложил Фарадей (рис 4.в). Сейчас, тороидальный трансформатор широко применяется в радиоэлектронике.

Необходимо отметить, что во времена Фарадея генератор переменного тока ещё не был сконструирован. Фарадей создавал переменный ток путём прерывания постоянного напряжения, например, при помощи специального ключа. По сути это был пульсирующий ток. Наличие или отсутствие напряжения во вторичной катушке фиксировалось гальванометром. Так был найден новый источник электрической энергии, помимо ранее известных (трение и химические процессы), - индукция, новый вид энергии – индукционное электричество.

При проведении опытов по электромагнитной индукции, Фарадею пришлось преодолеть ряд трудностей. Электроизмерительных приборов у него не было, пришлось самому изготовить примитивный гальванометр. Общепринятых единиц измерения напряжения, тока и сопротивления тоже не было, не ясны были их взаимосвязь. Хотя закон Ома уже был открыт в 1827 году, но он долго не получал признание. Только спустя четверть века после смерти М. Фарадея Чикагский электротехнический конгресс утвердит общепринятые единицы измерения напряжения, тока и сопротивления. Но, в качестве компенсации за преодоление этих трудностей, М. Фарадей сумел найти удивительно простые и наглядные иллюстрации сложных физических процессов. Практически все проводимые М. Фарадеем научные опыты были гениально просты, и эта простота весьма характерна для него. Однако такая простота часто была обманчивой, давая пищу легендам о “случайном” рождении того или иного его открытия, использовалась как повод для подсмеивания над ним.

В последующие годы М. Фарадей исследовал во всех деталях явление электромагнитной индукции. Открыл основной закон электромагнитной индукции, выяснил зависимость силы индуцированного тока от магнитных свойств среды, исследовал явление самоиндукции и экстратоки замыкания и размыкания.

Электромагнитная индукция сыграла огромную роль в дальнейшем развитии человечества. Без неё у нас не было бы линий электропередач, не

вращалась бы ни одна электрическая машина, не было бы электровозов, ни какой радиотехники, электроники и т.д. Можно без преувеличения сказать, что вся современная цивилизация держится на открытой Фарадеем закона электромагнитной индукции.

М. Фарадей был величайшим экспериментатором, но это была только одна сторона его гения, другая, ещё более важная – генерация научных идей. И практически каждую свою идею он доказал экспериментально. Как выразился А.Г. Столетов: “Никогда со времени Галилея свет не видел стольких поразительных и разнообразных открытий, вышедших из одной головы, и едва ли свет скоро увидит другого Фарадея”.

Справка: Александр Григорьевич Столетов (1839 - 1896), русский физик, профессор Московского университета, основатель физической школы, из которой вышло много известных учёных - среди них Н.А. Умов, П.Н. Лебедев. Н.А. Умов в 1884 году ввёл в науку такое основополагающее понятие, как вектор потока энергии в каком-либо физическом поле (например, электромагнитном, упругой деформации среды). Пространственное распределение энергии в поле происходит в результате её переноса из одних областей поля в другие. Вектор Умова численно равен энергии переносимой в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению потока энергии в данной точке. Так, например, для волн сжатия, которые распространяются в жидкости вектор Умова запишется

$$\mathbf{S} = -\mathbf{P}\upsilon,$$

где $\mathbf{P}$ - отклонение давления в волне от равновесного значения, υ – скорость частиц жидкости в данной точке.

Спустя три месяца после опубликования Умовым Н.А. своей работы, британский физик Д. Пойтинг описал направление и величину потока энергии электромагнитного поля. По Пойтингу плотность потока энергии определяется вектором

$$\mathbf{S} = c/4\pi\,[\boldsymbol{EH}].$$

где c – скорость света, $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{H}$ – напряжённости электрического и магнитного полей.

Выводы Д. Пойтинга и Н. А. Умова в основном совпали. В России направление распространения электромагнитной энергии называют – вектор Умова – Пойтинга, в Европе – вектор Пойтинга.

Какие ещё идеи, кроме электромагнитной индукции “вышли из головы” М. Фарадея?

- В 1820 году Фарадей производил опыты по выплавке стали с добавлением никеля. Эти работы считаются открытием нержавеющей стали, но эта сталь в те времена не заинтересовала металлургов.

- В 1821 году Фарадей создал лабораторную модель электродвигателя – прообраз всех современных электродвигателей.

- Он первый добился сжижения газов путём комбинирования охлаждения и сжатия газа. Сейчас этот метод широко применяется в промышленности.

- В 1824 году Фарадею первому удалось получить хлор в жидком состоянии.

- В 1825 году он синтезирует гексахлоран – вещество, на основе которого в двадцатом веке изготовлялись различные инсектициды.

- В 1825 году Фарадеем было открыто химическое вещество бензол.

- Фарадей открыл серно-нафталиновую кислоту.

- В 1832 году Фарадей высказал мысль о том, что электрическое и магнитное поля распространяются в колебательном режиме и с конечной скоростью. Это произошло за 32 года до создания Максвеллом электромагнитной теории света. К сожалению, эта идея была высказана в письме Королевскому обществу, которое пролежало в неизвестности в архивах общества до конца 1930-х годов.

- В 1833 – 1834 годах Фарадей открыл законы электролиза, (законы Фарадея), их два:

1. Вес какого-либо вещества, разлагающегося или выделяющегося при прохождении тока, пропорционален количеству прошедшего электричества.

2. Отношение весов различных веществ, выделяемых одним и тем же количеством электричества, равно отношению их химических эквивалентов.

В честь Фарадея была названа постоянная, так называемое число Фарадея (постоянная Фарадея) – количество электричества, которое при прохождении через электролиты выделяет на электродах один грамм-эквивалент вещества. Выражается F = 96520,1 ± 2,5 кулон/грамм-эквивалент. Законы электролиза явились сильным доводом в пользу дискретности, как вещества, так и электричества. Однако Фарадей этого не сделал. Впервые на это обратил внимание Д. Максвелл, он высказал предположение, что из законов электролиза можно рассчитать “молекулу электричества”. В 1881 году немецкий учёный Г. Гельмгольц теоретически рассчитал “атом электричества” – современный электрон.

- В 1836 году Фарадей продемонстрировал опыт: внутри свёрнутого в цилиндр металлической сетки, изолированной от земли, он демонстрировал при помощи электроскопа отсутствие электрического поля внутри цилиндра при заряжении последнего до высокого потенциала. Цилиндр может быть и сплошным. Таким образом, Фарадей показал, что в полом проводнике внутри полости электрического поля нет.

В настоящее время это широко используется для электростатической защиты радиоэлектронной аппаратуры или её частей от воздействия внешних электрических полей (так называемая экранизация). В дальнейшем это явление было названо цилиндром Фарадея.

- В 1840 году Фарадей близко подошёл к пониманию закона сохранения и превращения энергии.

- В 1845 году им было открыто явление парамагнетизма и диамагнетизма. Открытия Фарадея дали возможность включить магнетизм в общую схему сил природы.

- В 1846 году Фарадей сообщил об открытии магнитного вращения плоскости поляризации света. Это чрезвычайно важное открытие. Суть открытия заключается в следующем: если плоскополяризованный свет проходит через вещество, помещённое в магнитное поле, вдоль магнитных силовых линий, то плоскость поляризации поворачивается на угол, пропорциональный напряжённости магнитного поля и длине пути света в веществе. Таким образом, Фарадей впервые обнаружил связь между световыми и электромагнитными явлениями. Это открытие названное позднее явлением Фарадея, оказалось сильным доводом в пользу электромагнитной теории света, которую в последствии создал Д. Максвелл. В настоящее время явление Фарадея широко используется в оптоволоконной технике для модуляции светового потока.

- Фарадей изобрёл приспособление, которое, по сути, было прототипом электромагнитного генератора и которое он назвал “новой электрической машиной”. Это дало возможность получать электрический ток практически везде, где имеется механическая энергия и соответствующий электромеханический преобразователь. Со временем на принципе преобразования механической энергии в электрическую возникло широкое разнообразие применения электроэнергии в наши дни.

- Фарадей фактически изобрёл трансформатор (см. рис 4.а и 4.в).

- Фарадей показал, что все виды электричества: “термоэлектричество”, “электричество трения”, “животное электричество”, “гальваническое электричество”, “магнитное электричество” - это одно и то же электричество. Они отличаются друг от друга только количеством и интенсивностью.

- По Фарадею магнитные силовые линии реально существуют в виде неких нитеобразных элементов магнитного потока. Такие же нитеобразные элементы есть и у электрического поля. То, что силовые магнитные линии существуют реально, Фарадей доказал при помощи листа бумаги и железных опилок. Равномерно рассыпав опилки на листе бумаги, подносил к опилкам магнит – опилки выстроились по магнитным силовым линиям, обозначив таким образом конфигурацию магнитного поля (в настоящее время это стандартная демонстрация физического явления в школе в физическом кабинете). Картина реально существующих силовых линий позволило ему разобраться во всех основных явлениях электростатики. М. Фарадей является основоположником учения об электрическом и магнитном полях.

- Он ввёл в науку такие понятия как анод, катод, ион, электролиз, электрод, магнитное поле, электрическое поле.

- Исследовал форму электрического разряда в разряженных газах и предположил, что изучение этих разрядов может дать много информации по выяснению природы электричества.

Таким образом, М. Фарадей сделал за свою жизнь столько открытий, что их хватило бы доброму десятку учёных, чтобы обессмертить своё имя только на одном из них.

Жил Фарадей не богато, даже можно сказать относительно стеснённо, но ни на одном из своих изобретений он не делал деньги, ничто не патентовал, не

тратил на это время. Он стремился к главному – познанию законов природы и этому отдал весь свой интеллект, всю жизнь.

Из большого количества его открытий главное, что составляет огромную научную заслугу М. Фарадея - он первый создал концепцию поля в учении об электричестве и магнетизме.

Таков был М. Фарадей. В честь М. Фарадея была названа единица измерения электрической ёмкости в системе СИ - Фарад (прежняя единица - Фарада). Он был членом Лондонского Королевского общества, почётным членом ряда иностранных академий. В 1830 году он стал почётным членом Петербургской академии наук.

После открытия Г. Эрстедом влияния электрического тока, протекающему по проводу, на магнитную стрелку компаса, и особенно после открытия М. Фарадеем электромагнитной индукции перед физиками того времени стал вопрос, какой субстанцией влияет на расстоянии одно тело на другое. Например, в случае Г. Эрстеда – провод с током на стрелку компаса, в случае М. Фарадея – магнитного стержня на обмотку провода, наводя в последнем электрическое напряжение (рис 4.б), или в случае рис 4.а. Возникли два взгляда на природу электрических и магнитных явлений. Большинство известных в то время учёных, таких как Андре Ампер и другие (французская научная школа), Франц Нейман, Вильгельм Вебер и другие (немецкая научная школа), придерживались концепции дальнодействия. Суть концепции заключалась в том, что электромагнитные силы воздействия представлялись как аналог гравитационного притяжения между двумя массами. В этом случае взаимодействие происходит мгновенно на расстоянии и скорость взаимодействия бесконечно велика. Откуда возникла эта концепция? Дело в том, что в 1785 – 1789 годах французский физик Шарль Кулон (1736-1806) установил для электрических зарядов и магнитных полюсов законы взаимодействия, которые совпадали с законом всемирного тяготения Ньютона. Это создало у многих физиков того времени представление о единстве гравитационных, электрических и магнитных явлений. Поскольку к тому времени гравитационные явления в рамках Ньютонова закона получили полное объяснение, то можно было перенести концепцию гравитационного дальнодействия и в область электрических и магнитных явлений. Другого взгляда придерживался один М. Фарадей, который выдвинул идею силовых линий. Согласно которой силовые линии заполняют всё окружающее пространство, формируя поле и обуславливают электрические и магнитные взаимодействия. Таким образом, М. Фарадей заложил противоположную теорию: теорию близкодействия – передачи электромагнитных взаимодействий от точки к точке через промежуточное пространство. В соответствии с концепцией близкодействия носителем электромагнитной энергии является поле. Магнитная электрическая энергия локализована во всём занимаемом этим материальным полем пространстве с определённой объёмной плотностью. М. Фарадей доказывал свою правоту рядом фундаментальных открытий в области электричества. А. Ампер, блестящий математик, построил сложную математическую модель взаимодействия по принципу дальнодействия. Этой

модели придерживались большинство учёных. Были и другие модели, несколько отличные от модели А. Ампера, но все основывались на дальнодействии. Но по мере накопления практических знаний об электричестве и магнетизме, новые факты не вписывались в теоретическую модель А. Ампера. Для того, чтобы свести концы с концами, в формулы модели приходилось вводить поправочные коэффициенты. Причём для каждого факта был свой коэффициент, объяснить же физический смысл того или иного коэффициента А. Ампер и другие сторонники дальнодействия не могли. Факты упрямо выпячивали из теории, разрушали её, взрывали изнутри сложную концепцию формул амперовой электродинамики. В конечном итоге математические конструкции стали настолько сложны, что Герман Гельмгольц (немецкий физик) сравнил науку об электричестве с наукой о “непроходимой пустыне”. Многим становилось ясно, что должна существовать новая физическая модель, которая могла примерить накопленные факты с теорией, должна появиться новая физическая философия.

По сути дела, начало новой философии уже было положено М. Фарадеем, и практически он один упорно её придерживался. Но если раньше силовые линии использовались им лишь для грубой наглядности (опилки на листе бумаги), то теперь он понимал, что силовые линии пронизывают всё пространство, все тела, эти линии могли сжиматься и растягиваться. Высоколобый научный мир по этому поводу над ним посмеивался.

Со временем идею М. Фарадея поддержали: первым Уильям Томсон (лорд Кельвин, английский физик), потом Д. Максвелл.

Максвелл Джеймс Клерк (1831 - 1879), выдающийся английский физик, родился в городе Эдинбурге (Шотландия) в старинном шотландском роду. Его отец был владельцем фамильного поместья, членом адвокатской коллегии, увлекался последними достижениями науки и техники. Мать была дочерью судьи Адмиралтейского суда. Начальное образование Д. Максвелл получил дома при помощи специально нанятого учителя. Дальнейшее учёбу он продолжил в Эдинбурге, в так называемой Эдинбургской академии, которая давала классическое образование. Там изучали латинский, греческий, английский языки, римскую литературу, Священное Писание. Д. Максвелл был одним из лучших учеников в классе. В 1847 – 1850 учился в Эдинбургском, а 1850 – 1854 в Кембриджском университетах. По окончании Кембриджского университета был оставлен там для педагогической работы.

Д. Максвелл не мог принять идею непосредственного, мгновенного взаимодействия на расстоянии, то есть идеи дальнодействия. Всякие хитроумные теории, обличённые в математические уравнения, не могли объяснить, как это происходит, ибо нет материальной связи между телами. Д. Максвелл принял на вооружение силовые линии Фарадея, так как в этом случае между телами просматривается какая-то материальная связь в виде силовых линий. Картина силовых линий казалась ему естественной. Д. Максвелл объяснил свои соображения так: “Не следует смотреть на эти линии как на чисто математические абстракции. Это – направления, в которых среда испытывает натяжение, подобно натяжению верёвки или, лучше сказать,

подобно натяжению собственных наших мускулов”. Но на любое взаимодействие, по убеждению Д. Максвелла требовалось время, пусть очень малое, но оно не равно нулю. Эту мысль подтверждало то, что световые лучи обладали конечной скоростью.

Справка: измерить скорость света планировал ещё Галилей, но впервые в 1676 году оценку скорости света в свободном пространстве дал датский астроном Олаф Рёмер (1644-1710). По его расчётам выходило, что она равна 226 000 км/с. Таким образом, он первый доказал конечность скорости света. Следующее измерение произвёл французский физик Арман Физо. Используя остроумные оптико-механические приборы, А. Физо в 1849 году вычислил, что скорость света равна 313 274,304 км/с. В 1873 Французский физик Корню, усовершенствовав метод Физо получил скорость света 298 000,4 км/с. В дальнейшем уточнением скорости света занимались многие физики, используя разные методы, в том числе оптико-электронные и радиотехнические. По последним данным скорость света составляет 299 792,4562 ± 0,0011 км/с.

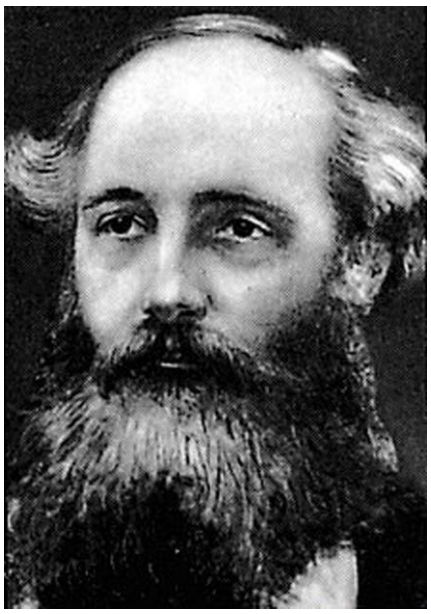


Рис 5. Д. Максвелл.

В то время Д. Максвелл был единственным человеком, у которого хватило сил и уверенности пройти через “непроходимую пустыню” электромагнетизма. На изучение этого явления у него ушло почти двадцать лет.

Кроме научной деятельности Максвелл преподавал: читал лекции по курсу электричества и магнетизма. Лектором он был не важным, материал преподносил сложно, суть лекций была ясна не многим. Лишь талантливые студенты могли следовать за лектором в его сложнейших построениях, не обращая внимание на многочисленные вольные отступления и ошибки, которые возникали у него в ходе доказательств.

В 1873 году Д. Максвелл опубликовал свой главный труд “Трактат об электричестве и магнетизме” [2]. Книга оказалась ещё сложнее, чем его лекции, в ней - более тысячи страниц. Эту глыбу мог преодолеть только человек, который очень хорошо знает математику. Кроме этого читателю необходимо было обладать большим оптимизмом, чтобы обходить “ямы” математических несообразностей и не замечать логических натяжек. Как признавали многие учёные, сумбурность - это типичная черта изложения материала Д. Максвеллом. В “Трактате” Д. Максвелл вывел свои уравнения электромагнитного поля, которые были очень сложными математически и логически.

Впоследствии уравнения Д. Максвелла были “почищены” и упрощены Генрихом Герцем (немецкий физик) и Оливером Хевисайдом (английский

физик). Им удалось сократить число уравнений Д. Максвелла до четырёх, но самых важных. Эта система уравнений употребляется до сих пор и имеет вид:

$$\text{rot}\,\boldsymbol{H} = (4\pi/c)\,j + (1/c)\,d\boldsymbol{D}/dt, \quad (1) \qquad \text{div}\boldsymbol{D} = 4\pi\rho \quad (3)$$

$$\text{rot}\,\boldsymbol{E} = (-1/c)\,d\boldsymbol{B}/dt, \quad (2) \qquad \text{div}\,\boldsymbol{B} = 0 \quad (4)$$

уравнения связывают в любой точке пространства x, y, z и в любой момент времени t четыре вектора, описывающих поле в среде: напряженность магнитного поля ***H***, напряжённость электрического поля ***E,*** электрическую индукцию ***D*** и магнитную индукцию ***B*** с вектором плотности электрического тока ***j*** и плотностью электрического заряда ρ.

Здесь $\boldsymbol{D} = \varepsilon\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{B} = \mu\boldsymbol{H}$, ε – диэлектрическая проницаемость, μ - магнитная проницаемость. Для вакуума и практически для воздуха $\mu = \varepsilon = 1$.

Первое уравнение говорит о том, что магнитное поле ***H*** создаётся полным током, включающим в себя ток смещения. Ток смещения открыл Д. Максвелл, он считал, что диэлектрик под действием электрического поля должен поляризоваться. Происходящее при поляризации движение зарядов представляет полноправный ток, который создаёт собственное магнитное поле. Этот ток смещения необходимо добавить к основному току.

Второе уравнение отражает закон электромагнитной индукции М. Фарадея, а именно, электрическое поле ***E*** возникает за счёт изменения индукции магнитно поля ***B***. В соответствии с этим уравнением любое изменение магнитного поля производит в пространстве вихревое электрическое поле.

Третье уравнение означает, что электрическое поле (вектор ***D***) образуется зарядами (ρ). Силовые линии этого поля начинаются и кончаются на зарядах.

Четвёртое уравнение говорит о том, что свободные магнитные заряды отсутствуют. Магнитные силовые линии нигде не начинаются и нигде не кончаются, они замкнуты.

Важность этих уравнений неоценима. Спустя более чем столетие они сохраняют фундаментальное значение для электродинамики до сегодняшнего дня. Причём за эти годы в них не потребовалось изменять или добавлять ничего. Уравнения в “неочищенном” виде Д. Максвелл описал ещё раньше “Трактата” в своих статьях: “Динамическая теория электромагнитного поля” (1864) и “Метод для прямого сравнения между электростатической и электромагнитной силой с заметкой об электромагнитной природе света” (1868). В этих статьях впервые вводится понятие электромагнитного поля (1864), понятие о том, что свет имеет электромагнитную природу (1868). В последней статье Д. Максвелл прямо говорит, что скорость электромагнитной волны равна скорости света. Конечность скорости распространения электромагнитных волн приводило к выводу, что волны должны отрываться от

источника порождающего их, то есть излучаться в виде волн. Но на эти статьи мало кто обратил внимание.

Важным следствием электромагнитной теории света было предсказание Д. Максвеллом давление света. Он даже подсчитал, что в ясный солнечный день свет давит на поверхность в один квадратный метр с силой 0,41 миллиграмма.

Забегая вперёд, отметим, что сразу после опубликования “трактата” в разных государствах (в основном в Европе) началось изучение теории предложенной Д. Максвеллом. Первоначально таких учёных было немного. Со временем выяснился сложный характер электромагнитной волны, появилась возможность электромагнитную волну представить графически (рис 6).

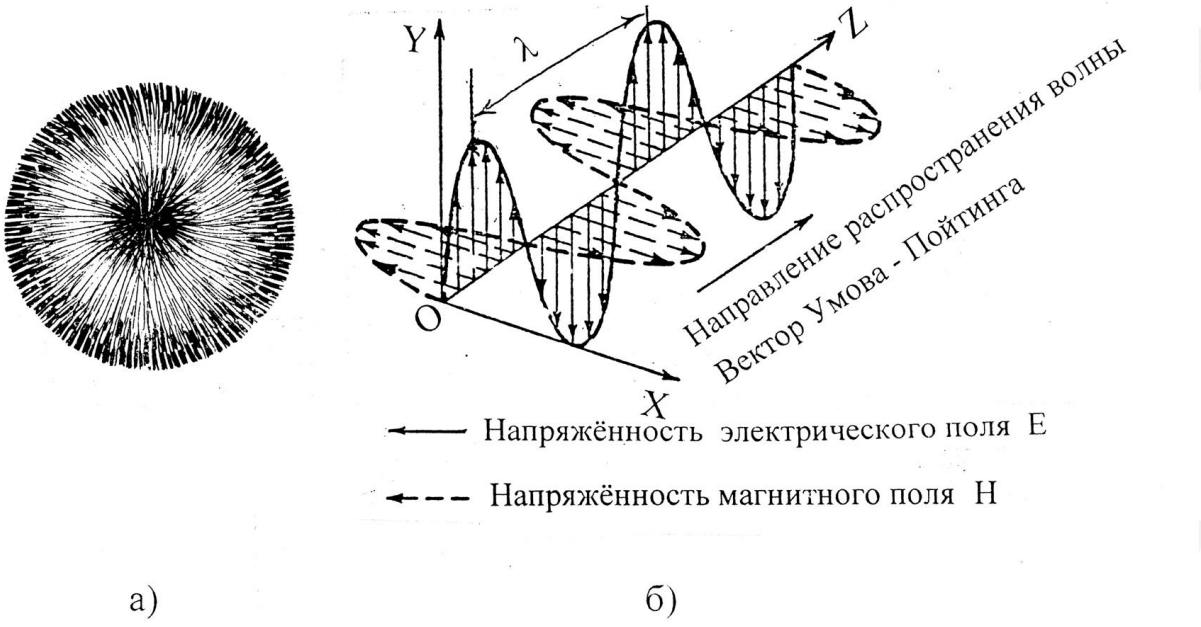


Рис 6. а – условная картина лучевого распространения электромагнитного поля из точечного излучателя, б – условная картина расположения в пространстве напряжённости электрического поля **E** и напряжённости магнитного поля **H** единичного луча.

На простейшем уровне волна выглядит следующим образом. Представим точечный излучатель электромагнитных волн определённой частоты, который находится в свободном пространстве. От него идут излучения в виде бесконечного множества лучей (рис 6.а) по трём координатам (в виде шара). Возьмём один луч и рассмотрим его структуру. Электромагнитная волна распространяется в направлении оси **OZ** (вектор Умова - Пойтинга):на рисунке (рис 6.б) видно, что электрическая составляющая волны **E** и магнитная составляющая волны **H** взаимно перпендикулярны, в свою очередь, они же перпендикулярны направлению распространения электромагнитной волны. Таким образом, изменение энергии **E** и **H** составляющих волны происходит перпендикулярно распространению. Волны такого рода называются поперечными. До Д. Максвелла, если и было какое-то представление о волнах электрических или механических, то их трактовали как продольные волны. Это значит, что изменение энергии распространяющейся волны происходит по

направлению распространения волны, что верно для механических волн. На рисунке $\lambda = c/\mathbf{F}$ – длина волны излучения, с – скорость света в вакууме, **F** – частота излучения электромагнитного поля.

Итак, Д. Максвелл создал теорию электромагнитного поля, но пока прямых доказательств новой теории не было. Доказательства зависели от экспериментального решения двух задач:

- существуют ли электромагнитные волны,
- существует ли световое давление?

Первую задачу в 1886 – 1889 годах решил немецкий физик Г. Герц, вторую - в 1900 году - русский физик П.Н. Лебедев. Тонкий эксперимент, поставленный П.Н. Лебедевым, показал, что для абсолютно поглощающей поверхности давление света равно 0,48 миллиграмм/м². Это практически совпадает с теоретическими расчётами Д. Максвелла. Но эти два великих события произошли уже после смерти Д. Максвелла.

Теория Д. Максвелла имеет необычную историческую судьбу. В науке по пути к истине, как правило, наблюдается следующая последовательность: в начале в данном научном направлении создаются менее совершенные теории, порой даже ложные. По мере накопления знаний в данном направлении, на смену несовершенным теориям приходят более совершенные. Так шаг за шагом с разной скоростью наука продвигается к истине. С теорией Д. Максвелла алгоритм продвижения к истине был нарушен. Создание теории электромагнитных явлений, не только не вытеснило прежние в основном ошибочные теории магнетизма, но, более того, ошибочные теории продолжали умножаться. И теория Д. Максвелла достаточно долго, существовала параллельно с ошибочными теориями. Причём, большинство крупных физиков того времени придерживались имеющихся ошибочных теорий и пренебрежительно относились к истинной теории Д. Максвелла. Почему так было? Во-первых, теория Д. Максвелла – сложная с обширной системой логических построений. Во-вторых, эта система была изложена в “Трактате” сумбурно, а следовательно достаточно непонятно. В-третьих, и это самое главное, не существовало ни каких экспериментальных подтверждений новой теории. В то же время именно Д. Максвелл внёс ясность в такое понятие как “эфир” [3].

Как же восприняли теорию Д. Максвелла физики того времени? По разному, но в основном молчанием или отрицанием кто из зависти, кто из-за непонимании.

В Англии после публикации “Трактата” Д. Максвелла ждал откликов на этот труд его друзей, особенно виднейших физиков того времени: Уильяма Томсона (лорд Кельвин) и Джоржа Стокса. Но они отмалчивались, и их молчание было многозначительным. Слишком радикальными оказались мысли у Д. Максвелла – предсказание электромагнитных волн, свободно распространяющихся в пространстве, предсказание давления света. В общем, “старики” не приняли в Англии основных идей “Трактата”. Очевидно, им было трудно приспосабливаться на склоне лет к теории своего друга.

На континентальной Европе тоже не особенно жаловали заумную теорию Д. Максвелла. Особенно раздражались французские физики, воспитанные на трудах Пьера Лапласа и Андре Ампера.

В Германии знаменитые физики к теории Д. Максвелла отнеслись как интересному курьёзу. Здесь работали столпы теории дальнодействия: Вильгельм Вебер, Франц Нейман, Карл Гаусс. Естественно, они не приняли новую теорию электромагнитного поля.

Конечно, были физики, которые поддержали Д. Максвелла. – прежде всего это его старый друг шотландский физик Питер Тет, который выступил с подробной положительной рецензией на “Трактат”.

Идеи Д. Максвелла с энтузиазмом подхватили некоторые молодые физики Англии. Вскоре после выхода “Трактата” молодой преподаватель Оуэн-колледжа в Манчестере Артур Шустер на его основе прочёл первый лекционный курс, правда, записались на него всего... три студента.

Глубоко проникся новой теорией молодой физик Оливер Лодж, который задумал обнаружить электромагнитные волны. Его планы поддержал молодой ирландский физик Джорж Фитцджеральд. В 1878 году они вместе обсуждали как это сделать.

В Германии со всей серьёзностью отнёсся к теории Д. Максвелла Людвиг Больцман, он поддержал её, но до конца не понял.

Герману Гельмгольцу новая теория понравилась, и он настойчиво побуждал своего ученика Г. Герца экспериментально проверить уравнения Д. Максвелла.

Теория Д. Максвелла произвела большое впечатление на русских физиков: А. Г. Столетова, Н. А. Умова, П. Н. Лебедева. В самые трудные для Д. Максвелла времена русские физики поддерживали его теорию и работали над её развитием. Делалось это за долго до Генриха Герца.

Кроме теории электромагнитного поля Максвелл занимался:

- теорией упругости твёрдых тел. Результаты его исследования представляли большой интерес для строительной техники. Это был его первый серьёзный труд;
- теорией вращения твёрдых тел;
- геометрической оптикой;
- исследованием природы колец планеты Сатурн;
- молекулярно-кинетической теорией газов, основанной на представлениях о теплоте как о роде движения частиц газа;
- цветной фотографией. Д. Максвелл разработал теорию цветов, благодаря чему в 1860 году совместно с профессиональным фотографом Томасом Саттоном была сделана первая цветная фотография. В опытах Д. Максвелла содержался верный путь получения цветной фотографии.

Д. Максвелл был скромным человеком, он часто повторял, что его вклад в историю электромагнетизма ограничивается всего лишь переводом на язык привычных математических символов экспериментальных достижений М. Фарадея в электромагнетизме.

Максвелл стал всемирно известным учёным в основном благодаря своим работам по молекулярно-кинетической теории газа. Его теоретические работы по электромагнетизму так же были широко известны в кругах физиков, но не пользовались повсеместным признанием. Прорыв (следующий скачок) сделал Генрих Герц. Прежде чем кратко описать достижения Г. Герца, необходимо назвать двух учёных, которые сделали важные шаги по направлению к радиоэлектронике - это Уильям Томсон (английский физик) и Вильгельм Феддерсен (немецкий физик). У. Томсон, подробно изучив электрическую цепь, состоящую из ёмкости, индуктивности и сопротивления. В 1853 году пришёл к выводу, что при подаче в такую цепь напряжения, в ней возникают электрические колебания. Такая цепь была названа “контур Томсона” Резонанс колебаний в этом контуре определяется формулой

$$\mathbf{F} = 1 / 2\,\pi \sqrt{\mathbf{LC}}\ ,$$

где L – индуктивность катушки проволоки или всей электрической цепи, C – ёмкость конденсатора.

Выводы У. Томсона позволили разработать теорию резонанса тока и напряжения, связанного с накоплением электрической энергии в конденсаторе и в магнитном поле индуктивности, из которых состоит резонансный контур с сосредоточенными параметрами L и C. Это, в свою очередь, явилось основой всех дальнейших экспериментов с электрическими колебаниями и волнами.

Такими же важными для будущего радио явились эксперименты, выполненные В. Феддерсеном в период 1858 – 1862 годах с колебательным разрядом конденсатора. Он доказал, что электрическая искра, вызванная разрядом конденсатора, может служить источником для создания электрических и (следовательно, и электромагнитных) колебаний. Возбуждением электрических колебаний искрой пользовались в своих экспериментах и Г. Герц, О. Лодж и многие другие.

Герц Генрих Рудольф (1857 - 1894) – немецкий физик, один из основоположников электродинамики. Родился в городе Гамбурге в семье адвоката. Семья была культурной и процветающей. Его отец был широко образованный с передовыми по тем временам взглядами. Мать, дочь армейского врача, тоже была грамотной и незаурядной женщиной. Генрих Герц родился весьма болезненным ребёнком и врачи сомневались, что он выживет, но он выжил, более того, обладал прекрасной памятью и любознательностью. Учился в гимназии при университете Гамбурга, был первым учеником, одинаково хорошо усваивал как точные науки - физику и математик, так и гуманитарные – историю, словесность, в том числе арабский. В гимназии никто не мог сравниться с ним по быстроте и глубине восприятия преподаваемых предметов. Увлекался поэзией: Гомер и Данте были его любимыми поэтами. Но его интересовала не только учёба, он серьёзно и с большим успехом работал на токарном станке, столярничал и вообще

Рис 7. Г. Герц.

хорошо разбирался технике Всё это помогало ему в будущем в изготовлении его экспериментальных установок, на которых он производил эксперименты. По окончании гимназии, Герц решил стать инженером. С этой целью он поступил в Дрезденскую, а затем в Мюнхенскую высшие технические школы. Однако не окончив учёбу и решив стать учёным-физиком, продолжил своё образование в Берлинском университете. Его учителями стали великие немецкие физики: Г. Гельмгольц и Г. Кирхгоф. С Г. Гельмгольцем Г. Герц всю жизнь поддерживал дружеские отношения. Будучи студентом университета Г. Герц начал заниматься исследовательскими работами в физической лаборатории университета и весьма преуспел, за что получал денежные премии. По окончании университета до конца своей жизни он занимался исследованием различных научных проблем и преподаванием.

Г. Герц был убеждённым сторонником воззрений М. Фарадея и Д. Максвелла. В 1886 году он поставил перед собой задачу экспериментально доказать существование электромагнитных волн. В его времена, кроме электрической искры, не существовало иных источников электромагитных волн. После длительных экспериментов в период 1886 – 1889 годах, в сочетании высокодобротных контуров и электрической искры, ему удалось выделить и зафиксировать из широкого спектра электромагнитного излучения электрической искры радиоволны.

Эта проблема занимала многих физиков того времени и были неоднократные попытки так или иначе открыть эти волны. Но именно Г. Герц, своими блестящими экспериментами не только доказал, что электромагнитные волны реально существуют, но и описал их основные свойства, которые оказались тождественны световым волнам. Он экспериментально установил, что электромагнитные волны, которые были значительно длиннее световых, подчиняются тем же законам (отражения, преломления и поляризации), что и световые волны. По сути, Герц не только доказал существование электромагнитных волн, но и открыл радиоволны, которые в дальнейшем сыграли колоссальную роль в истории развития всего человечества [4]. Необходимо отметить, что эта роль была предопределена не самой возможностью фиксировать в одном месте электромагнитные процессы, которые возникают в другом месте (такая связь реализовалась и раньше, например, с помощью электромагнитной индукции), а природой агента, переносившего действие. Чем принципиально отличаются индукционное поле от электромагнитных волн? Пока течёт по проводнику ток, вокруг проводника

возникает магнитное поле (переменное или постоянное), выключили ток - исчезло поле в любой точке пространства. Иная картина с электромагнитными волнами. Однажды излучённые электромагнитные волны существуют самостоятельно, независимо от излучателя, с огромной скоростью распространяясь в пространстве. Следовательно, электромагнитные волны можно теоретически зафиксировать в любой точке пространства и после выключения излучателя. Другое дело, с какой энергией эти волны придут в эту точку. Но это вопрос, относящийся к чувствительности прёмного устройства и способа передачи информации. В дальнейшем, как показали эксперименты, при помощи индукционного поля можно передавать информацию без проводов на очень малые расстояния (метры), а при помощи электромагнитных волн – на миллионы километров (межпланетные станции). Электромагнитные волны – вот тот момент опытов Г. Герца, который придал им эпохальное историческое значение [5].

Упрощённая экспериментальная установка Г. Герца приведена на рисунке 8.

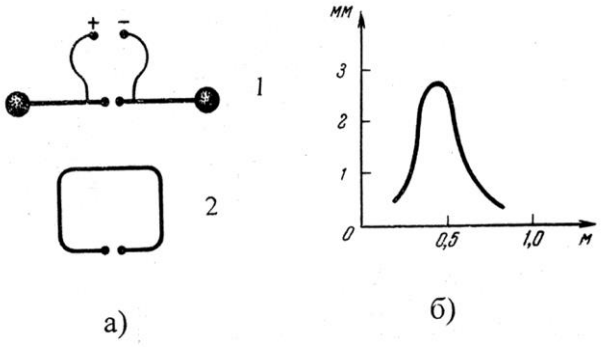


Рис 8. а) – схема установки, б) – график зависимости длины искры во втором контуре от длины самого контура.

Установка состоит из двух резонансных систем: излучающий вибратор и приёмный контур. На излучающий вибратор 1 подаётся высокое напряжение, независимо постоянное или переменное. Подаваемое напряжение было настолько высокое, что между малыми металлическими шарами проскакивала искра. На некотором расстоянии от излучающего вибратора находился приёмный контур 2 (по сути рамочная антенна, применяемая теперь широко). Если размеры излучающего вибратора оставить неизменными, а размеры приёмного контура изменять, то в конечном итоге резонанс приёмного контура совпадёт с резонансом излучающего контура. В этом случае мощность искры между шарами приёмного контура максимальна. Г. Герц вычертил график зависимости длины искры в приёмном контуре от длины контура. Это типичная резонансная кривая (рис 8.б). То же самое произойдёт, если длину приёмного контура оставить неизменной, а изменять длину излучающего вибратора. Таким образом, Г. Герц доказал, что как передающий вибратор (антенна), так и приёмный контур (рамочная антенна) являются резонансными системами. Главные части экспериментальной установки (рис 8.а) вошли в научную

историю под названием “вибратор” и “резонатор” Герца. Причём, эти названия дал не сам Г. Герц, название дали его современники английские физики. Вибратор Герца в настоящее время в антенной технике называется симметричный вибратор (или полуволновой вибратор). Из теории антенн геометрические размеры полуволнового вибратора определяются так:

$$L = \lambda/2,$$

в свою очередь $$\lambda = C/2F$$

где L – геометрические размеры в метрах, λ – длинна волны в метрах на резонансной частоте полуволнового вибратора, C – скорость света в метрах за секунду в свободном пространстве, F – резонансная часта полуволнового вибратора в герцах.

На рисунке 9 показан один из вариантов рабочей схемы применяемой

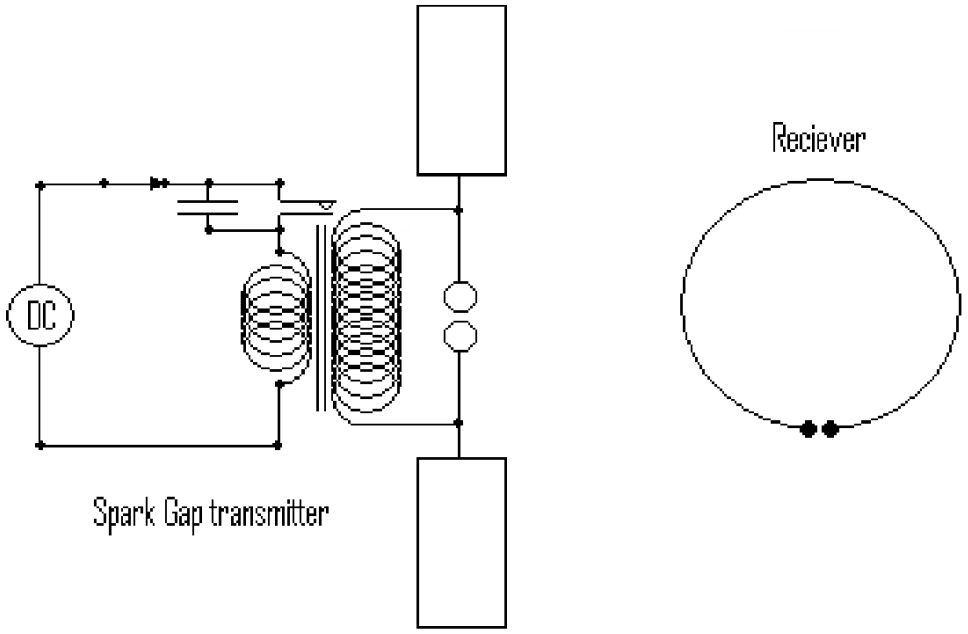


Рис 9. Один из вариантов практической схемы установки Г. Герца.

Г. Герцем в своих экспериментах. Схема работает следующим образом: электрическое напряжение подаётся на первичную обмотку высоковольтного трансформатора (индукционная катушка Румкорфа). При замыкании ключа в первичной обмотке возникает импульс напряжения. Поскольку вторичная обмотка по виткам многократно превышает первичную, то в ней соответственно, и напряжение возникает во столько же крат больше чем в первичной. Этого напряжения хватает, чтобы между шарами излучателя возникла искра пробоя. Известно, что электрическая искра имеет широкий частотный спектр электромагнитного излучения. Передающая антенна (полуволновой вибратор типа “развёрнутый конденсатор”) на выходе выделяет одну частоту, на которую настроен этот вибратор. Приёмный контур, настроенный на частоту передающего вибратора, принимает через пространство излученное электромагнитное поле. Если принятой энергии

достаточно, то между шарами приёмного контура проскакивает искра – сигнал принят. В дальнейшем Г. Герц отказался от такого излучателя и применял излучатель с шарами на концах (рис. 10).

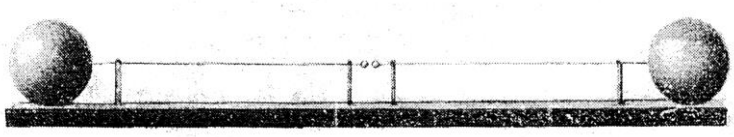


Рис 10. Симметричный вибратор с шарами на концах.

Схемы на рисунках 8.а и 9 содержат элементы радиосвязи. Имеется источник электромагнитных волн (передатчик) и отделённый пространством приёмник этих электромагнитных волн. Когда работает передатчик, то приходит в действие и приёмник. В этой схеме в зародыше содержатся самые главные элементы беспроводной связи – передатчик (искровой генератор нагруженный симметричным вибратором) и селективный приёмник электромагнитных волн. Но до радиосвязи ещё далеко, слишком мало расстояние между передатчиком и приёмником – метры. Искра между шариками в приёмном контуре была настолько быстрой и малозаметной, что требовалось большое искусство экспериментатора, чтобы заметить искру даже в

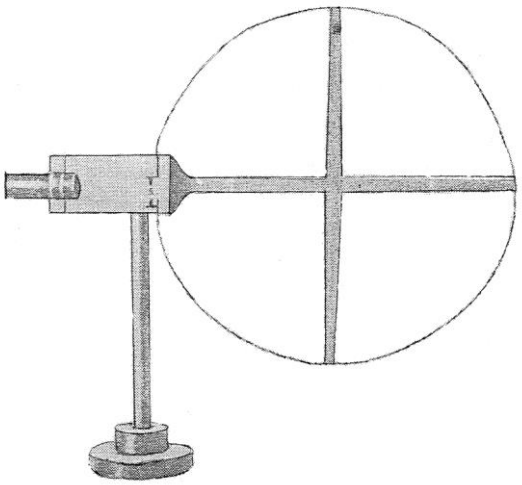


Рис 11. Оптическая система для наблюдения искры в приёмном контуре.

тёмной комнате. Для увеличения чувствительности глаза Г. Герц сконструировал установку, где искру приёмника наблюдали через зрительную трубу (рис 11).

Итак, электромагнитные волны, предсказанные Д. Максвеллом были открыты, выявлены их основные свойства, совпадающие со свойствами света. Пока физики того времени переваривали этот факт, у некоторых из них возникла мысль по поводу увеличения чувствительности приёмного устройства. Проблема беспроводной связи вышла на поверхность. Мог ли Г. Герц заняться этой проблемой? Скорее всего, нет. Он переключился на решение другой задачи. На рисунках 10 и 11 показаны приборы Герца, хранящиеся в качестве реликвий в Немецком музее в Мюнхене.

Проблемой электромагнитных волн, теоретически предсказанных Д. Максвеллом, так или иначе, занимались многие учёные. Например, в 1875 году их наблюдал американский физик Томсон, в 1876 – английский физик Томпсон, в 1879 году – американский физик Юз. Однако, все эти наблюдения носили не

систематический характер и не были в полной мере ими поняты. Кроме того, и это важно, результаты экспериментов указанных физиков всплыли уже после опубликованных Герцем результатов своих опытов. В 1881 году этой же проблемой занимался О. Лодж. Он хотел достичь цели при помощи разрядов лейденской банки (тогдашний конденсатор), применяя в качестве индикаторов термические и химические детекторы. В 1883 году Фицджеральд с той же целью пытался воспользоваться явлением резонанса. Усилия этих учёных не увенчались успехом. Итак, в последней четвери девятнадцатого века интерес к электромагнитным волнам не был случаен. Если бы Г. Герц задержался с своими экспериментами и открытием в 1888 году электромагнитных волн, их открыл кто-нибудь другой. Это открытие было предопределено развитием физики.

Г. Герц опытами с электромагнитными волнами перевёл изучение электромагнитных явлений из чисто теоретической области в области экспериментальную и практическую. Кроме того, полученные им результаты окончательно установили, что электрическая энергия может быть передана без проводов тремя способами: электрической индукцией, электромагнитной индукцией и электромагнитной волной.
Это, в конечном итоге, завершилось применением электромагнитных волн в радиосвязи, а в дальнейшем и в других областях человеческой деятельности. Пока электромагнитные волны были предсказаны лишь теоретически, они особо не интересовали физиков того времени. Когда же, без сомнения, было доказана их реальное существование, они очень быстро сделались центром повышенного всеобщего внимания. Во многих странах развернулись интенсивное их исследование. Стремительное внедрение радио в жизнь человека – яркое свидетельство высокой интенсивности этого процесса, который продолжается и в наши дни, захватывая всё больше и больше сфер человеческой деятельности.

Здесь, пожалуй, будет уместно сделать небольшое отступление. Известно, что между принципиальной возможностью открытого физического явления и его практического применения, как правило, лежит дистанция, порой довольно большая. Как правило, практическим применением того или иного открытия занимаются другие учёные и изобретатели, а не сами авторы открытий: есть предел и у гениальных учёных. Принцип разделения труда существует и в области науки и техники. Например, Л. Гальвани в 1771 году открыл так называемое “животное электричество”. А. Вольта понял и объяснил происхождение “животного электричества” и в 1800 году сконструировал первый источник постоянного напряжения. В 1820 году Г. Эрстед опубликовал сообщение, что если по проводнику течёт ток, вокруг проводника образуется магнитное поле, стрелка магнитного компаса отклоняется в сторону провода. На основе вновь открытого явления в 1832 году П. Шиллинг построил первый реально функционирующий проволочный стрелочный телеграф, который в течении многих десятилетий усовершенствовался многими изобретателями всего мира. В конечном итоге проволочный телеграф так развился, что опутал своими проводами весь мир. М. Фарадей открыл столько физических и

химических явлений, что человечество до сих пор ими пользуется, продолжая их усовершенствовать. У самого М. Фарадея даже мысли не было хоть как-то заработать деньги на своих открытиях. Практическим использованием этих открытий занялись совсем другие люди. Теория Д. Максвелла утверждала, что электромагнитные волны существуют. Мир узнал про эту теорию в 1873 году после того, когда он опубликовал свой главный руд “Трактат об электричестве и магнетизме”. В 1886 – 1889 годах, Г. Герц физически обнаружил эти волны, и только в 1895 году А.С. Попову удалось сконструировать радиоприёмник, способный принимать радиоволны, которыми управлял человек, задавая нужные параметры этим радиоволнам. А.С. Попов использовал все наработки, которые существовали на тот момент в этом направлении. Можно привести подобные примеры и из других областей науки - таких примеров много.

Итак, открытые Г. Герцем электромагнитные волны привлекли внимание учёных всего мира. Его имя получило всемирную известность: ему присваивали почётные звания и вручали награды. Существование электромагнитных волн, которые до него всерьёз мало кто воспринимал, стали реальностью и многие лаборатории смогли повторить опыты Г. Герца. Результаты опытов открыли для человечества новую эру. Важным следствием результатов опытов явилось окончательное и всеобщее признание теории Д. Максвелла, которая стала одной из фундаментальных теорий физики.

Следует подчеркнуть, что мировая слава не вскружила Г. Герцу голову, он не зазнался, не почил на лаврах, остался простым и скромным человеком, продолжал трудится на ниве науке.

Необходимо отметить, что он был не только выдающимся экспериментатором, но и математиком, и теоретиком высокого класса.

Г. Герц, сделал два очень важных шага в сторону беспроводной радиосвязи: экспериментально доказал существование радиоволн, сконструировал приемопередающее устройство, которое в конечном итоге, явилось основой всех современных приёмопередающих устройств. Если первый шаг был с энтузиазмом воспринят всеми физиками того времени, то второй – рассматривался в основном как конструкция для повторения опытов Г. Герца, а не как фундаментальная основа для радиосвязи. Общество ещё не было готово к такому пониманию его открытия. Следующая ступень – научиться использовать эти волны для беспроводной связи. Для этого необходимо было сделать ряд научных и конструкторских шагов, а именно: создать более совершенное приёмное устройство, которое обладало бы большой чувствительностью и избирательностью к принимаемым радиоволнам, а также более простые и надёжные средства генерации радиоволн, более совершенные антенные системы.

Какими ещё исследованиями занимался Г. Герц, кроме обнаружения и исследования свойств электромагнитных волн? Круг интересов у него был достаточно широк, на разных этапах его короткой жизни в него входили:

- кинетическая энергия электрического тока (его первая научная работа);
- распределение сил в электромагнитном поле;
- распределение сил в упругих телах;

- электрический гистерезис бензина;
- испарение ртути;
- электрический разряд в разряжённых газах;
- морские приливы;
- плавание тел;
- образование облаков;
- электродинамика дальне – близкодействия;
- фотоэлектрический эффект;
- способность металлов пропускать катодные лучи (катодные лучи - поток быстродвижущихся электронов);
- проблемы механики.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ШАГИ НА ПУТИ К РАДИО

Как было сказано выше, принципиальная возможность ещё не означает практической применимости радиоволн в беспроводной связи, тем не менее путь был намечен.

Заглянем в историю связи. Истоки техники связи человечества уходят в глубь веков. Более того, связь между живыми организмами существовала и до появления человека. Практически во всех случаях обмен информацией является необходимым условием выживания отдельного индивидуума, а порой целого биологического вида среди других животных. Многие животные или насекомые очень искусно пользуются всевозможными сигналами. Например, наиболее организованные насекомые пчёлы - сообщают друг другу не только направление, но и расстояние от улья до медосбора. У высших животных установлено наличие многих знаков и сигналов, при помощи которых они могут обмениваться содержательной информацией.

Человек, овладев звуковой связью и членораздельной речью, быстро возвысился над всем животным миром. Возникла потребность увеличить дальность связи. С этой целью люди научились применять для связи простейшие технические средства, такие, например, в древности - барабаны, а позднее - колокола и рупора. Задолго до открытий Д. Максвелла, Г. Герца, А.С. Попова и Г. Маркони люди пользовались электромагнитным полем для связи, но светового диапазона. В качестве генератора электромагнитного поля использовались костёр, факел или солнце. При помощи яркого костра ночью и высоких столбов дыма днём информацию можно передать быстро и на значительное расстояние. На американском континенте индейцы с древнейших времён, кроме костров и дыма, пользовались металлическими зеркалами, отражая солнечный луч в определённом порядке в сторону принимающего. Использование сигнальных костров и дымов позволяло передать самую простейшую информацию с помощью заранее обусловленных знаков. Набор знаков был крайне ограничен и, каждый из них соответствовал какому-либо событию, например, враг идёт или дайте подкрепление и т. д. Между тем, любое событие содержит много признаков и важных деталей. Как передать всю необходимую информацию о событии? Над этим вопросом люди ломали

голову с древних времён. Наиболее продвинулись в этом направлении древние греки. Знаменитый греческий историк Полибий описал любопытную античную телеграфную систему. Суть системы показана на рисунках 12.а,б. Все буквы греческого алфавита делятся на пять частей по пяти букв в каждой. Каждую группу наносят на особую доску (последняя доска имеет четыре буквы). Предварительно обе стороны договариваются между собой так, что

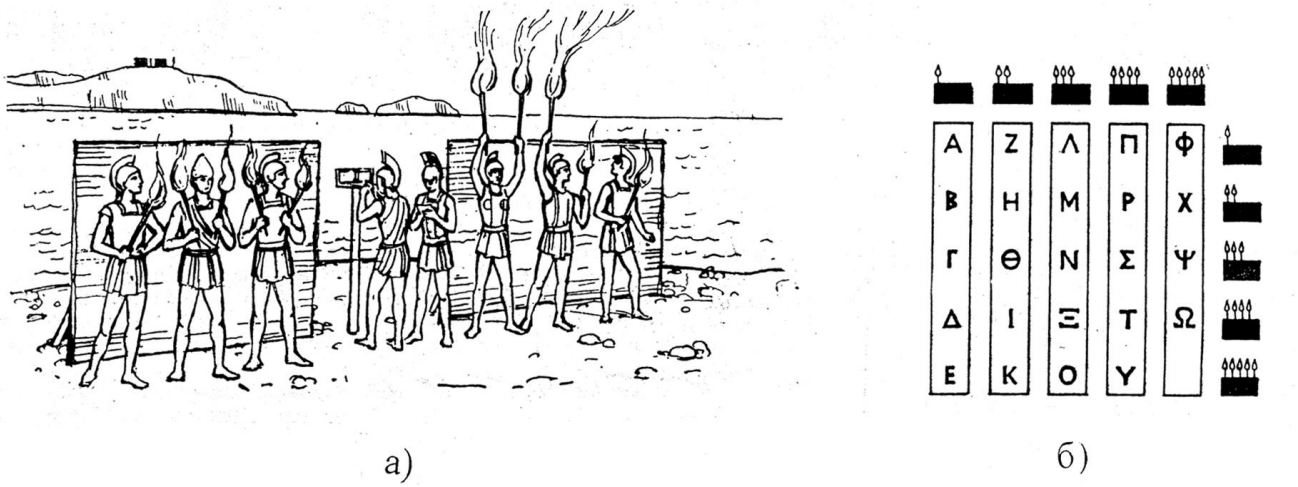


Рис 12. а) – передача сообщений при помощи двух групп факелов,
б) – один из вариантов кодирования букв греческого алфавита при помощи двух групп факелов.

та сторона, которая должна передавать информацию, первая поднимает сразу два факела вне щитов и не опускает их до тех пор, пока не ответит принимающая сторона. Делалось это для уведомления друг друга, что всё готово. Далее передающая сторона поднимает новые факелы с левой стороны из-за щита, чтобы указать на какую доску нужно смотреть, а именно: если поднят один факел, смотреть на первую доску, если два – на вторую и так далее (рис 12.а). Точно так же, в таком же порядке поднимали факелы из-за щита с правой стороны, чтобы дать понять, какую букву, написанную на доске, следует выбрать. Каждая сторона имеет зрительный прибор с двумя разнесёнными по горизонтали отверстиями, чтобы получающий известие мог видеть через одно отверстие левую сторону, через другую – правую. Для ускорения передачи информации были разработаны сокращения слов и целых фраз. При таком способе информация о событии передавалось точно, хотя и требовалось большое количество факелов.

С какой же скоростью эта система позволяет передавать информацию? При дальности передачи в два километра (это приблизительное расстояние, на котором ещё можно различить факелы), по подсчётам, одна буква занимает по времени одну минуту. Сообщение из двадцати букв заняло бы двадцать минут. За это время можно доставить записку с исчерпывающей информацией. Очевидно, при соответствующей тренировке скорость передачи можно значительно увеличить. Но есть ситуации, когда описанная система была не

заменима, например, передача информации в осаждённый город и обратно, через широкую реку.

Неизвестно, как широко имела распространение эта система в древности, но, вероятно, это был первый в истории пример применения беспроводного позиционного кодирования при помощи электромагнитного поля светового диапазона. Два канала связи с пятью сигналами в каждом позволяют относительно быстро и чётко передать весь греческий алфавит в нужном сочетании. Описанная система оптической связи была вершиной изобретательности в области связи древних людей. С падением греческой и римской империй (под ударами варваров) оптическая связь на много веков вернулась на прежний уровень, уровень костров и дымов.

Но шло время, жизнь в Европе становилась сложнее и интенсивнее. Простых оптических сигналов, оповещавших о приближении врага, о победах, о поражениях, было уже недостаточно. Ещё в семнадцатом веке торговые сделки и соглашения, которые заключались порой за тысячи километров, важные вести политического характера, частные письма – всё это переправлялось курьерами, на корабле, в почтовом дилижансе, на коне. В семнадцатом, а особенно в восемнадцатом веках в Европе начали довольно быстро складываться капиталистические способы производства товаров. Возникла острая потребность в оперативной связи между городами и странами. У моряков уже была связь сигнальными флажками, но это на море между кораблями в пределах видимости, на небольшое расстояние. Требовалась связь – быстрая, на большие расстояния, на суше и на море. Многие учёные и изобретатели работали над решением этой проблем, предлагая самые разные варианты, но максимального успеха в этом деле достиг Клод Шапп со своими братьями.

Рис 13. Клод Шапп.

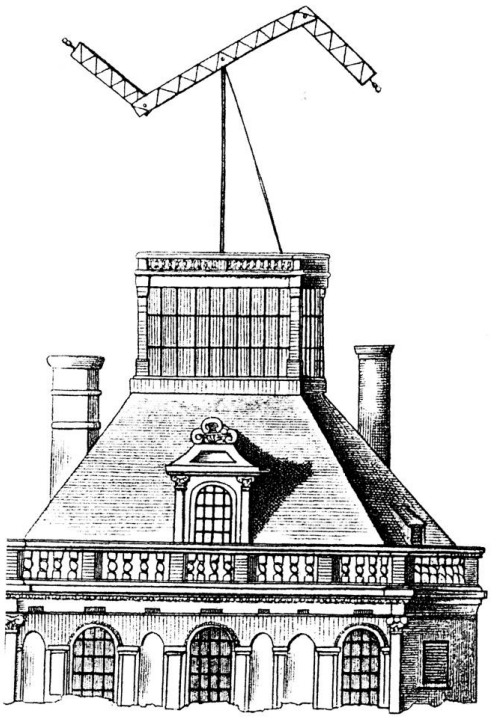
Шапп Клод (1763-1805), французский механик, тоже занимался проблемой ускорения передачи информации, делал попытку сконструировать электростатический телеграф (была и такая идея), но потерпел неудачу. С 1791 года он совместно с четырьмя братьями начали разрабатывать свой оптический телеграф - семафорный. В 1792 К. Шапп представил проект этого телеграфа Французскому законодательному собранию, депутатом которого был его старший брат. В 1793 году он успешно продемонстрировал своё изобретение перед членами Конвента, благодаря чему получил значительные по тем временам средства на построение первой линии оптического телеграфа между Парижем и Лиллем. Кроме денег в распоряжение К. Шаппа были представлены лучшие механики и ремесленники Франции. Например, в реализации проекта активно участвовал знаменитый Брегет,

часовых дел мастер, изобретатель, учёный-механик, создатель наиболее точных по тем временам часов. Линия была построена за год и открыта в 1774 году. Невиданная по тем временам скорость строительства. Тогда же К. Шапп был назначен директором французских телеграфных линий, и тогда же ему первому присвоили звание телеграфного инженера, учреждённое по этому случаю.

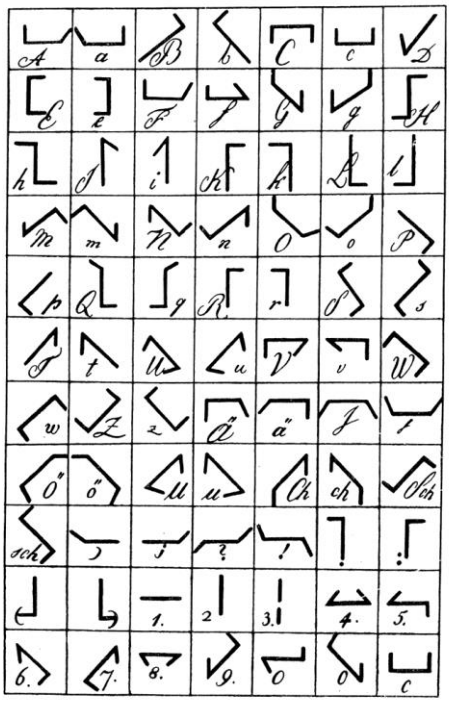
Почему французские власти проявили такое внимание к проекту К. Шаппа, почему без промедления ему были созданы все условия для строительства линии оптической связи?

Дело не только в удачной идее, а в основном в том, что только родившейся Французской Республике, которая сражалась с наёмниками короля, дворянами, епископами нужно было надежное средство связи для оперативного получения донесений и передачи приказов. В этом тоже был залог победы.

Передающее семафорное устройство из подвижных реек устанавливалось на верху башни (рис 14а). Линия телеграфа К. Шаппа представляла собой цепочку таких башен, расположенных на расстоянии прямой видимости друг от друга. Сигналы сообщения передавались последовательно от башни к башни. В комнате каждой башни у окна сидел телеграфист. С помощью сложного приводного механизма он приводил в движение перекладину и “линейки” на крыше здания или башни. Меняя положение перекладины и “линеек” на её концах, можно было составить 77 комбинаций фигур. Каждая фигура означала определённую букву, цифру или орфографический знак (рис 14б). Хорошо обученный телеграфист мог передавать сообщение довольно быстро. Главное,



а)



б)

Рис. 14. а) так выглядел телеграф К. Шаппа установленный на крыше парижского Лувра, б) телеграфная азбука К. Шаппа.

что требовалось от телеграфиста, это точно и незамедлительно повторять положение перекладины и “линеек” на предыдущей башне. При этом зачастую ему необязательно было знать смысл их положения. Это входило в обязанность телеграфистов, сидевших в начале и в конце линии. По телеграфу К. Шаппа можно передавать сообщения любой сложности. Это был, конечно, огромный прогресс по сравнению с передачей факелами, кострами и дымами.

Телеграф К. Шаппа стал первым успешным телеграфом использующим электромагнитные волны оптического диапазона. Телеграф К. Шаппа вызвал сенсацию. Вслед за первой линией между Парижем и Лиллем были построены и другие линии. Телеграф работал с невиданной для тех времён скоростью. Например, линия между Парижем и Брестом протяжённостью в 117 километров обеспечивала скорость передачи телеграммы 5-7 минут. Телеграф К. Шаппа стал быстро распространятся в Европе. В 1795 году он был установлен в Швеции, в 1802 - в Дании, в 1833 - в Пруссии, в 1834 - в Австрии. В России первый семафорный телеграф был построен в 1824 году между Петербургом и Шлиссельбургом (60 км). В 1834 году – между Петербургом и Кронштадтом (30 км). В 1835 - между Петербургом и Царским селом (25 км), в этом же году – между Петербургом и Гатчиной (52 км). В 1839 году была построена самая длинная в мире линия связи между Петербургом Варшавой протяжённостью в 1200 километров. На этом пути было расположено 149 промежуточных станций высотой до 20 метров каждая (рис 15). Всё расстояние сигнал проходил за 15 минут. Последняя линия в Европе была построена в 1849 году. В России оптический телеграф просуществовал до 1854 года. Слава К. Шаппа не давала покоя многим изобретателям и самоучкам. Его начали травить, обвиняя в плагиате. В 1805 году в припадке меланхолии, связанной с посягательством на его права изобретателя, он покончил жизнь самоубийством. В 1893 году за заслуги перед отечеством в Париже К. Шаппу установили памятник. Франция, пусть запоздало, признала за К. Шаппом приоритет и заслуги, так что жертва его была напрасной. Но телеграф К. Шаппа имел основной недостаток: работал только днём и в ясную погоду. Чем хуже видимость и чем протяжённее линия, тем больше ошибок делал промежуточный оператор (ретранслятор). Представим себе линию Петербург – Варшава, где имелось 149 промежуточных операторов, даже в ясную погоду, даже при хорошей выучке всех операторов вероятность того, что кто-нибудь из них ошибётся,, была большая. Требовался телеграф с двумя операторами: один на входе, другой на выходе. Этому требованию отвечал электрический телеграф.

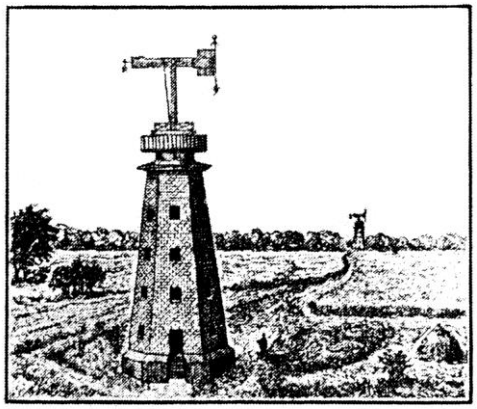


Рис 15. Станции на линии связи между Петербургом и Варшавой.

Первые опыты по созданию электрического телеграфа провёл в 1753 году шотландский учёный Чарльз Морисон. С того момента изобретатели всего мира в разное время предложили более пятидесяти конструкций электрического телеграфа. В 1832 году впервые продемонстрировал свою конструкцию электрического телеграфа П.Л. Шиллинг. Его отличительная особенность заключалась в том, что в нём впервые использовалось свойство провода, по которому течёт ток, то есть электромагнетизм, открытый Г. Эрстедом. Это был важный шаг, так как в дальнейшем развитие электрического телеграфа пошло по пути использования именно электромагнетизма. В 1837 году конструктивно простой телеграфный аппарат предложил американский художник Самюэль Морзе. Благодаря простоте устройства и обращения с ним аппарат Морзе многие годы безраздельно господствовал на телеграфных линиях всего мира (в тех или иных вариантах вплоть до середины двадцатого века). В аппарате Морзе для передачи сообщения использовался специальный электрический ключ, при замыкании и размыкании которого оператором в линию посылались короткие и длинные импульсы тока. На другом конце линии другой оператор принимал эти импульсы. Приём шёл или на слух, или при помощи специального пишущего на ленту, механического устройства, в котором использовался электромагнит, который на соответствующее время притягивал к себе рычаг пишущего устройства и на движущейся бумажной ленте появлялась комбинация точек и тире. Задача оператора перевести эту комбинацию в соответствующие слова. Код Морзе - это, по сути, преобразование аналогового сигнала в цифровой и обратно. Точку можно принять за ноль, тире – за единицу. На входе линии имелся аналогоцифровой преобразователь (АЦП) в лице передающего оператора. На выходе линии – цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) в лице принимающего оператора. В 1844 году первая линия телеграфа Морзе связала между собой города Вашингтон и Балтимор (63 километра). Основными недостатками телеграфа Морзе были относительно низкая пропускная способность и необходимость хорошо знать и владеть приёмами передачи кода.

В 1855 американец Д.Э. Юз предложил конструкцию буквопечатающего телеграфного аппарата. В нём передавались буквы, а не точки и тире. Передающий оператор нажимал на клавишу с соответствующей буквой, а на другом конце в пункте приёма готовый текст отпечатывался на равномерно движущееся бумажной ленте. Работа оператора резко упростилась, повысилась скорость передачи, меньше стало ошибок. Это был следующий важный шаг в усовершенствовании электрического проводного телеграфа.

С 1856 года аппараты Юза начали эксплуатировать в США, с 1862 года – в Европе, с 1865 года - в России на линии Петербург – Москва.

В 1857 году была предпринята первая попытка проложить телеграфный кабель через Атлантический океан и соединить телеграфной связью Европу и Америку. Попытка завершилась неудачей, как и несколько последующих. И только в 1866 году два континента наконец-то получили надежную телеграфную связь через Атлантический океан.

Приложил свою руку к проволочному телеграфу и знаменитый изобретатель Эдисон. Он внёс в телеграф целый ряд больших и малых изобретений и усовершенствований, например, создал автоматическое устройство, которое передавало заранее записанное сообщение, как только освобождалась линия, разработал квадруппексный (четырёхсторонний) телеграф.

Каждое усовершенствование проводного телеграфа ещё больше ускоряло его применение, телеграфные линии плодились с невероятной скоростью. Каждая страна интенсивно прокладывала линии как внутри, так и через границу. Выросла целая индустрия по производству компонентов проводного телеграфа. По подсчётам, к середине двадцатого века, мир опутывали несколько сотен тысяч километров телеграфных линий, и это несмотря на стремительное развитие радио. И всё-таки, проводной телеграф достиг предела своих возможностей. Радио уже приходило ему на смену.

Что же такое радио? Какими понятиями оно определяется? С годами, по мере развития радиоэлектроники, понятие радио изменялось, уточнялось, дополнялось, расширялось.

1. В СССР в 1955 году использовались следующие термины:

радио – это передача электрической энергии без проводов электромагнитными колебаниями в виде радиоволн, распространяющихся в пространстве:

радиоволны – электромагнитные волны с длиной волны большей, чем длина волны инфракрасного излучения:

радиосвязь – связь между двумя или несколькими неподвижными пунктами или движущимися объектами, осуществляемая по радио [6].

2. В 1973 году, согласно Международной конвенции электросвязи, термины радио, радиоволны и радиосвязь были определены так:

радио – общий термин, применяемый при использовании радиоволн:

радиоволны – электромагнитные волны, частоты которых произвольно ограничены частотами ниже 3000 гГц (длины волн выше 0,1 мм =100 мкм), распространяющиеся в пространстве без искусственного волновода:

радиосвязь – электросвязь, осуществляемая посредством радиоволн [7].

3. В 1975 году в СССР те же термины были изменены:

радио – способ беспроволочной передачи сообщений на расстояние посредством радиоволн, изобретённый А.С. Поповым (1895). Область науки и техники, связанная с изучением физических явлений, лежащих в основе этого способа (радиофизика), и с его использованием для связи (радиосвязь), звукового вещания (радиовещание), передачи изображений (телевидение), сигнализации, контроля и управления (радиотелемеханика), обнаружения различных объектов и определения их местоположения (радиолокация) и во многих других целях:

радиоволны – электромагнитные волны более 500 мкм = 0,5 мм (частота меньше 600 гГц):

радиосвязь – электросвязь посредством радиоволн [8].

Из трёх приведённых примеров видно, что, во-первых, имеется различие в трактовке термина “радио”; во-вторых, в третьем примере наиболее конкретизированы области применения радио.

Радиоэлектроника развивается стремительно, и с каждым годом скорость развития увеличивается. С 1975 года, когда было дано определение что такое радио, радиоволны и радиосвязи, по отношению скорости развития радиоэлектроники, прошло огромное время. Радиоэлектроника, и в частности получение информации при помощи электромагнитного поля получила огромное распространение, проникая практически во все сферы жизни человека. При этом осваиваются всё новые и новые диапазоны электромагнитных волн. Во многом уже освоен световой диапазон, осваиваются ещё более высокие частоты. Поэтому определение радио требует существенной доработки с поправкой на современность. По нашему мнению радио - это способ получения информации через пространство при помощи электромагнитных волн. Что такое пространство в современном понимании? Свободное пространство – вакуум, условно свободное пространство – атмосфера Земли, несвободное пространство – плотные вещества, через которые проходят электромагнитные волны, например, через оптическое волокно в оптоволоконном кабеле, через пластические массы и т.д.

Так кто же изобрёл радио? После экспериментального подтверждения Г. Герцем, что предсказанные Д. Максвеллом электромагнитные волны действительно существуют, среди физиков того времени определилось их применение – беспроволочный телеграф. Почти сразу в печати разных стран появились рассуждения и предложения на тему: как осуществить телеграфирование без проводов? Многие физики, так или иначе, делали шаги в этом направлении: кто малый, кто заметный, а кто определяющий. Уже тогда наиболее прозорливые из них утверждали, что непрерывная цепь научных усилий в области электромагнитных волн подготовила почву, на которой, в конечном итоге должно возникнуть новое средство связи. Конечно, цепь имела недостающие звенья как теоретического, так и практического характера, но их восполнение недостающих звеньев было уже делом ближайшего будущего. А сейчас сделаем краткий обзор мыслей и дел наиболее известных на то время учёных относительно нового вида связи.

Эдисон Томас Альва (1847 - 1931) – знаменитый американский изобретатель, на его счету 1093 патента, из них 1073 единоличных и только 20 в соавторстве. Обладая такими творческими способностями, Т. Эдисон тем не менее прошёл мимо открытия, которое прославило бы его имя на века. 22 ноября 1875 года, он наблюдал в своей лаборатории необычное явление. В этот день, на его рабочем столе оказался рассыпанный тонким слоем угольный порошок. Когда между полюсами индуктора проскакивала сильная искра, то в крупинках угля тоже появлялись слабые искры. По сути, это была передача энергии электромагнитных волн на расстояние. Т. Эдисон об этом явлении сделал запись в своём лабораторном дневнике и даже дал ему название – Etheric Force, т.е. эфирная сила. Порошок со стола был сметён, а Т. Эдисон забыл о записи в дневнике, увлёкшись другими изобретениями. А ведь до

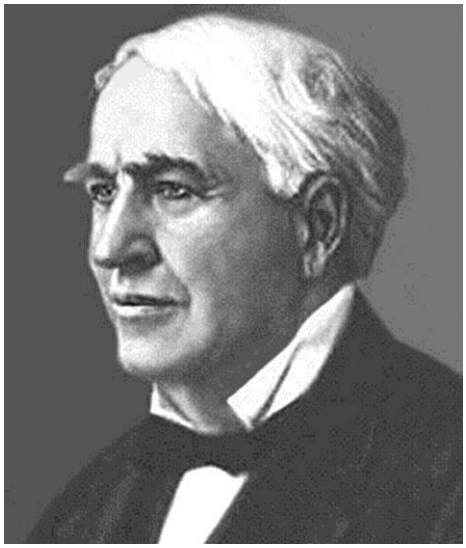


Рис 16. Томас Эдисон.

беспроволочного телеграфа было рукой подать. В 1876 году Т. Эдисон сконструировал приёмопередающее устройство работающее на радиоволнах. Суть конструкции показана на рисунке 17. Передатчик: источник питания, подсоединённый к первичной обмотке повышающего трансформатора (индукционная катушка Румкорфа, см. так же рис. 9). При замыкании ключа импульс напряжения поступает на первичную обмотку. Многократное увеличенное напряжение со вторичной обмотки повышающего трансформатора поступает на разрядник в виде двух металлических шариков. Между ними проскакивает искра, излучая в пространство спектр электромагнитных вон. Приёмник: в небольшую коробку помещались друг против друга два заострённых на концах металлических стержня. При помощи правого стержня можно было

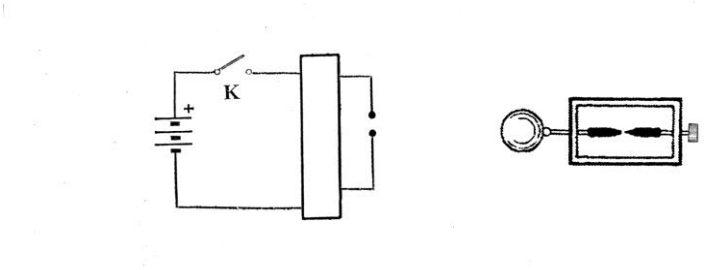


Рис 17. Приёмопередающее устройство Т.Эдисона.

регулировать зазор между заострёнными концами. Левый стержень, с металлическим шаром, служил в качестве примитивной антенны. В момент возникновения искры в разряднике передатчика проскакивает искра и в приёмнике. Промежуток между передатчиком и приёмником – сантиметры. И на этот раз в голове великого изобретателя не появилась мысль о применении полученного эффекта в беспроводной связи. Он не смог объяснить явление. Почему? Может быть, в своеобразном образовании Т. Эдисона? Дело в том, что Т. Эдисон официально не имел никакого образования. Три месяца он проучился в церковноприходской школе, но потом родители вынуждены были забрать его оттуда. Учитель считал его пустоголовым мечтателем, который “никогда ничего не добьётся”. В дальнейшем мать (школьная учительница), как могла, обучала его дома. Вот и всё, далее упорное самообразование. В этом он похож на М. Фарадея. К этому времени радиоволны Г. Герцем еще не были открыты. Может быть причина кроется в его отличии от других изобретателей. Вот что писал по этому поводу сам Эдисон: “Моё отличие от большинства изобретателей заключается в том, что у меня, кроме склада, присущего

изобретателям, есть жилка практичности, своего рода приложение, деловитая сметка, умение оценить прибыль изобретения". Его жизненный девиз гласил: "Никогда не изобретай то, на что нет спроса"? Но при всём при этом Т. Эдисон очередной раз крупно проиграл. Дело в том, что в конце девятнадцатого века между учёными (а в основном изобретателями) разгорелась яростная борьба – какой электроток выгоднее применять в промышленности - постоянный или переменный? Борьбу за постоянный ток возглавлял Т. Эдисон, за переменный ток - Н. Тесла. В 1889 году Т. Эдисон посетил Берлин. Там ему предложили осмотреть электродвигатель переменного тока новейшей конструкции, он замахал руками: "Нет, нет, переменный ток – это вздор, не имеющий будущего! Я не только не хочу осматривать двигатель переменного тока, но и знать о нём". История, в конечном итоге, их рассудила – Эдисону достались аккумуляторы и батарейки, а Тесла взял все остальное – переменный ток. Так почему же Т. Эдисон не смог принять правильного решения? Трудно сказать, скорее всего, дело в совокупности причин.

Но вернёмся к радио. Нельзя сказать, что Т. Эдисон не интересовался радио. Интересовался, но для такого гениального изобретателя не очень активно. Тем не менее, где-то в 1892 году он сделал заявление в печати "Мною сделано открытие, что электрический телеграф между двумя отдалёнными пунктами возможен и без проволоки, при посредстве одной индукции, если только она производится на достаточной высоте, так чтобы воспрепятствовать поглощению электричества землёй. Открытие это имеет значение, как для суши, так и для поверхности водной..." Насчёт его "открытия" можно поспорить и до его заявления некоторые учёные пытались доказать, что беспроводной телеграф возможно построить на основе индукции. Выходит, что и тут Т. Эдисон выбрал тупиковое направление для решения проблемы беспроводного телеграфа.

Т. Эдисон не был учёным, он не открыл ни одного нового физического явления, он был талантливым изобретателем - и сам это признавал. В 1887 году в речи в день своего сорокалетия он, между прочим, сказал: "Я не исследую законов природы и не сделал крупных открытий. Я не изучал их так, как изучали их Ньютон, Кеплер, Фарадей для того, чтобы узнать истину. Я только профессиональный изобретатель. Все мои изыскания и опыты производились исключительно в целях отыскать что-либо имеющее практическую ценность "

Тесла Никола (1856 - 1943), серб по национальности, родился в современной Хорватии в семье священника. В 1862 году после окончания начальной школы поступает в начальную реальную школу, которую заканчивает в 1870 году. 1871 – 1774 годы – обучение в Высшей реальной школе, его любимые предметы – математика и физика. Четырёх годичный курс высшей реальной школы Н. Тесла заканчивает за три года и получает степень бакалавра. 1875 – 1878 - студент Высшей технической школы в городе Граце (Австрия). В 1880 году Н. Тесла поступает на философский факультет Пражского университета. Проучившись год, Н. Тесла из-за тяжёлого материального положения, вынужден прекратить обучение. В 1881 году начинает работать инженером в Телефонной компании в Будапеште. В 1882

году Н. Тесла переезжает на работу в Париж и занимается там усовершенствованием динамо-машин Т. Эдисона, а также строительством электростанции в Страсбурге. В 1884 году уезжает в США, где после нескольких неудачных попыток найти нужную работу, в конечном итоге, поступает к Т. Эдисону, где занимается ремонтом и усовершенствованием его электрических машин. В 1885 – 1886 годах основывает компанию “Тесла Эрк Лайт Компани”. Таково начало творческого пути Н. Теслы. С 1884-го года и до своей кончины в

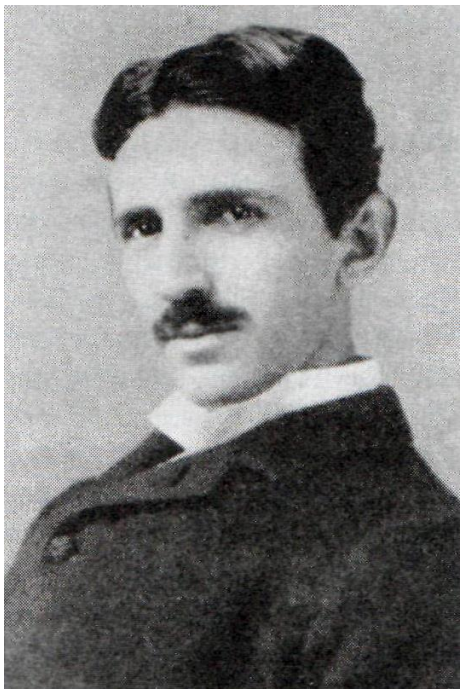


Рис 18. Н. Тесла

1943 году, он жил в США за исключением непродолжительных посещений некоторых европейских стран (лекции, выставки). За весь творческий период жизни Н. Тесла сделал около 1000 больших и малых изобретений, получил почти 800 патентов в различных областях техники. Одним из его изобретений является резонанс-трансформатор [9]. Принципиальная схема и первоначальная конструкция показаны на рисунке 19. На рисунке: E – источник тока, J – индукционная катушка (катушка Румкорфа, см. рис 9.), CC – батарея лейденских банок (конденсаторы), BB – искровой разрядник, L_1 – первичная катушка резонанс-трансформатора, L_2 – вторичная катушка резонанс-трансформатора, K – механический прерыватель. L_1 и L_2 для защиты от пробоя, погружены в минеральное масло (сейчас это масло называется трансформаторным). Работает резонанс-трансформатор следующим образом: при замыкании механического прерывателя K, электрическая энергия батареи E подаётся на катушку Румкфорда J, где напряжение батареи многократно увеличивается. Увеличенное напряжение подаётся на первичную катушку L_1 резонанс-трансформатора. L_1, совместно со вторичной обмоткой катушки Румкорфа образуют общую индуктивность L. Конденсаторы CC и индуктивность L являются элементами резонансного контура с частотой согласно параметрам L, CC. При замыкании прерывателя K в разряднике BB возникает электрический пробой с широким спектром излучения. Поскольку контур L, CC настроен на одну резонансную частоту, то в системе циркулирует одна частота с затухающей по времени амплитудой. Эти изменения магнитного поля в конуре L, CC индукционно вызывают возникновение соответствующего высокого напряжения в обмотке вторичной катушки L_2, состоящей из большого количества витков тонкой проволоки. При помощи резонанс-трансформатора возможно получить на вторичной катушке напряжение в миллионы вольт.

В этой конструкции Н. Тесла воспользовался известным свойством резонанса (электрического, механического), а именно: резкого возрастания

собственной амплитуды в системе при воздействии на систему внешних колебаний с той же частотой. В дальнейшем резонанс-трансформатор сыграл важную роль в развитии электротехники и радиотехники. Как было сказано выше, У. Томсон в 1853 году разработал теорию резонанса тока и напряжения в контуре, состоящем из индуктивности и ёмкости (LC контур), так называемый контур Томсона. Н. Тесла применил LC контур в своём резонанс-трансформаторе для выделения из широкого спектра частот одну частоту. В дальнейшем развитии радио эта конструкция стала применяться практически во всех радиотехнических устройствах. Но впервые выделил из спектра частот одну частоту Г. Герц. В своих экспериментах по обнаружению радиоволн Г. Герц применил так называемый вибратор Герца (полуволновой вибратор, по современной терминологии). Полуволновой вибратор тоже является резонансной системой с распределёнными LC элементами. Заслуга Н. Теслы заключается в том, что он применил для выделения частоты из спектра резонансный контур с сосредоточенными LC параметрами.

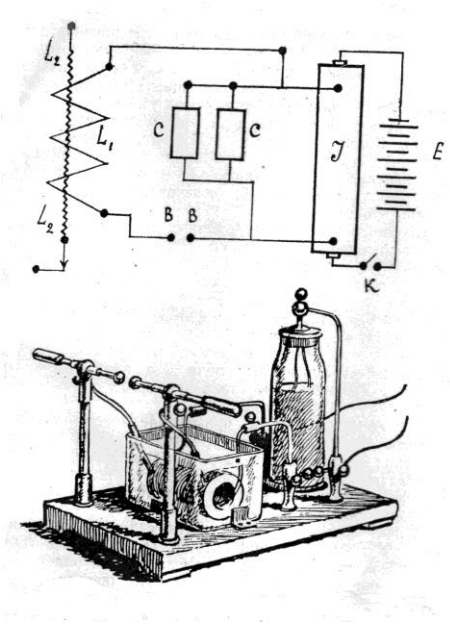


Рис 19. Резонанс-трансформатр Н. Теслы.

Вторая особенность схемы резонанс-трансформатора, которая широко применяется в радиотехнике - это индуктивная развязка между резонансным контуром L, CC и вторичной катушкой L2. Это ослабляет влияние параметров антенны и заземления в случая присоединения их к L2 на резонансный контур L,CC. Описанная схема генерирования затухающих колебаний известна как схема с ударным возбуждением. Но Н. Тесла не был в этом вопросе первым, первым был Г. Герц с резонансной системой в виде полуволнового вибратора на выходе устройства (см. рисунки 8,9).

При создании резонанс-трансформатора Н. Тесла решил очень важную практическую задачу: нашёл изоляцию для катушки сверхвысокого напряжения L2. Он погрузил катушку в минеральное масло (см. рисунок 19). Теперь это масло под названием “трансформаторное” заливается во все силовые высоковольтные промышленные трансформаторы.

Несмотря на то, что элементы резонанс-трансформатора широко применяются в современной радиотехнике и электронике, сам Н. Тесла изначально сконструировал резонанс-трансформатор исключительно для без проводной передачи энергии. Считается, что Н. Тесла в 1892 – 1894 годах при помощи резонанс-трансформатора осуществил передачу информации без проводов посредством радиоволн, опередив А.С. Попова и Г. Маркони.

Что ещё сделал для человечества Н. Тесла? Очень важная его заслуга - это генерация переменного тока и его передача по проводам на большие расстояния для использования переменного тока в промышленности и в быту. Он сделал это вопреки множеству препятствий и скептическому отношению к переменному току (главным “генератором” скепсиса был Т. Эдисон). Н. Тесла доказал целесообразность применения многофазного тока. Согласно его доказательствам, переменный ток необходимо вырабатывать с частотой 60 герц, при этой частоте потери энергии и материальные затраты минимальные. По сей день в США 60 герц является стандартом в промышленном производстве электроэнергии. В Европе и в России стандарт составляет 50 герц. Выдающийся учёный США Э. Амстронг писал о Н. Тесле: “...только одно это открытие многофазных токов и индукционного мотора было бы достаточно, чтобы обеспечить имени Теслы вечную славу, даже если бы он, кроме этого, ничего не сделал”.

В 1915 году Н. Тесле и Т. Эдисону одна на двоих была присуждена Нобелевская премия. Но Н. Тесла от неё отказался. Отказ был вызван двумя причинами: он не считал Т. Эдисона учёным и не мог видеть себя рядом с ним. Н.Тесла категорически не разделял взглядов Т. Эдисона на право учёного заниматься коммерцией. С точки зрения Н. Теслы, учёный ни при каких обстоятельствах не должен этого делать.

Будучи талантливым изобретателем, Н. Тесла, тем не менее, периодически впадал в мистику. Однажды он всех уверял, что может дистанционно за тысячи километров уничтожить целую армию противника. В другой раз, в начале 20-го века, он утверждал, что ему якобы удалось принять сигналы инопланетян. Он утверждал, что может сделать любой предмет станет визуально невидимым. Американцы купились на это, правительство США выделило для эксперимента приличную сумму и линкор. Эксперимент полностью провалился, имелись жертвы среди моряков.

Н. Тесла был учёным-одиночкой, не имел учеников и по этой причине он не оставил после себя научной школы. Имея превосходную память, Н. Тесла не записывал многие свои оригинальные мысли и идеи.

В признание его заслуг перед человечеством единица измерения магнитной индукции названа “тесла”.

В США Н. Тесла официально считается изобретателем радио.

Крукс Вильям Джозеф (1832-1919) – английский химик и физик. Он не имел высшего образования, окончил Лондонский химический колледж и до конца жизни занимался самообразованием.

Если судить по достигнутым практическим успехам, В. Крукс – талантливый экспериментатор как в химии, так и в физике. Начало его деятельности было связано с химией. Но после публикации Г. Герцем своих результатов по обнаружению электромагнитных волн В. Крукс наряду с другими физиками заинтересовался возможностью использования этих волн для телеграфирования без проводов. Но первоначально его научные усилия сосредоточились на несколько ином направлении. Он предположил, что мысли (информацию) можно передавать от человека к человеку напрямую, без каких

либо посредников, причём электромагнитные волны вырабатывает сам человек, то есть человек в данном случае выступает и как передатчик и как приёмник.

Рис 20. В. Крукс.

После многократных консультаций с известными физиками того времени и после проведённых им экспериментов с электрической проводимостью нервного волокна В.Крукс пришёл к выводу, что это невозможно. По крайней мере, при знаниях и техническом обеспечении на то время. Кстати, и сейчас в научном мире периодически возникает интерес к этой проблеме, но пока каких-либо ощутимых успехов не наблюдается. Тогда В. Крукс обратился к реальным волнам Г. Герца, чтобы осуществить идею телеграфирования без проводов или, по крайней мере, практически приблизиться к каким-то результатам.

В. Крукс был не бедным человекам. Часть состояния он получил по наследству от отца, а часть заработал сам, занимаясь красками для тканей. Имел собственную частную независимую научно-практическую лабораторию, в которой проработал всю жизнь. Однако в проблеме телеграфирования без проводов экспериментально ничего не сделал, но, обладая прекрасным аналитическим умом, подытожив всё, что было на то время высказано и сделано по поводу беспроводной связи В. Крукс в 1892 году в статье [10] писал “Лучи света не могут проникать через стену, ни, как мы слишком хорошо знаем, через лондонский туман. Но электрические колебания ... с длинной в один ярд и более легко проникнут через такие среды, являющиеся для них прозрачными. Здесь раскрывается поразительная возможность телеграфирования без проводов и телеграфных столбов, кабелей и всяких других дорогостоящих приспособлений ... Это не просто грёзы мечтательного учёного. Всё необходимое, что нужно для реализации этого в повседневной жизни, находится в пределах возможностей открытия, и всё это так разумно и так ясно в ходе тех исследований, которые деятельно ведутся сейчас в каждой европейской столице, что в любой день мы можем услышать о том, как из области рассуждений это перешло в область неоспоримых фактов”. Далее, развивая свою мысль о практическом применении волн Г. Герца, он продолжил: “То, что остаётся открыть, это, во-первых, более простые и более надёжные средства генерирования электрических лучей любой длины волны; во-вторых, - более чувствительные приёмники, которые будут откликаться на длины волн в некотором определённом диапазоне и будут глухи ко всем другим; в-третьих – средства для концентрации пучка лучей в любом желаемом направлении, в виде линз или рефлекторов, при содействии которых чувствительность приёмника могла быть не такой тонкой, как в том случае, когда подлежащие приёму лучи просто излучаются в пространство во всех направлениях” [11]. Таким образом, В. Круксом было указаны направления, в которых необходимо работать

изобретателям в сторону телеграфирования без проводов - это: усовершенствование: 1) передатчика, 2) приёмника и 3) антенны. Эти три направления остаются и до сих пор. Необходимо ещё раз напомнить, что В. Крукс собрал воедино мысли многих физиков, но от этого значимость самого В. Крукса в развитии телеграфирования без проводов не умаляется. Однако выводы В. Крукса в тогдашней научной среде практически не были замечены.

В. Кукс ввёл в радиотехническую лексику такие слова, как радио, диапазон, чувствительность и избирательность приёмника.

В. Крукс не имел высшего образования, он закончил Лондонский химический колледж, до конца жизни занимался самообразованием.

Что же сделал В. Крукс как учёный, экспериментатор, изобретатель? На этот вопрос ответ будет следующим:

- занимался проблемами химического окрашивания тканей:
- проводил исследования по химии селена:
- занимался проблемами производства сахара:
- фотохимией:
- химией металлургии:
- в 1861 году открыл элемент таллий:
- впервые в лабораторных условиях выделил газ гелий:
- основал научный журнал “Chemical News”:
- занимался астрономическими исследованиями:
- был зачинателем исследования плазмы:
- открыл явление сцинциляции (холодное свечение вещества):
- создал:
- прибор радиометр, измеряющий интенсивность электромагнитного излучения по тепловому эффекту:
- газоразрядную трубку для наблюдения действия электрических разрядов в газах (трубка Крукса):
- прибор спинтарископ, при помощи которого стало возможно регистрировать альфа-частицы:

Приборами радиометр, трубка Крукса, синтарископ долго и интенсивно пользовались учёные всей Европы, результаты их исследований были опубликованы в сотнях статей, в итоге некоторые учёные получили Нобелевские премии.

Следующий шаг в сторону беспроводной связи сделал Э. Бранли. Он сконструировал прибор (радиокондуктор) весьма чувствительный к малой энергии радиоволн. Впоследствии этот прибор был назван “трубка Бранли”. Трубка Бранли была входным чувствительным элементом первых примитивных радиоприёмников О. Лоджа, А.С. Попова и Г. Маркони.

Бранли Эдуард (1846 - 1940) – французский физик, изобретатель и инженер. Родился в городе Амьене. В 1868 году окончил Высшую нормальную школу. С 1872 года - доктор медицины, 1873-го - доктор философии. С 1875-го по 1897 год - профессор физики, с 1897-го по 1916-й - профессор медицины в Католическом университете (Париж), с 1911 года - член Французской академии наук.

Приведём краткую историю создания трубки Бранли. В 1834 году, Мунк аф Розеншельд – шведский физик, профессор университета в городе Лунде - был занят исследованием поведения металлических опилок в поле электрической искры. Результаты своих исследований он опубликовал в виде статьи в журнале “Annalen der Fhysik” под названием “Опыты над способностью твёрдых тел проводить электричество”. В статье, в частности, было сказано: “Опыты показали, что одно и то же тело может при различных агрегациях мельчайших частиц вести себя в одних случаях как хороший проводник, в других – как хороший изолятор... Доказано, что проводимость многих тел зачастую сильно изменяется под действием электрического разряда”. С.А. Варлей (S.A. Varley) в 1856 году исследовал это явление более подробно и показал, что при механическом встряхивании металлические опилки (или угольный порошок) меняли сопротивление в сторону увеличения. В то время как при прохождении тока через опилки сопротивление последних резко падало. В 1866 году С.А. Варлей металлические опилки поместил в стеклянную трубку с контактами на концах. Позднее итальянский физик Ф. Кальцекки-Онести повторил опыты С. А. Варлея, производя более точные измерения. Он обнаружил, что в электрической цепи, состоящей из батареи, гальванометра, телефона, стеклянной трубочки, наполненной металлическими опилками, электропроводность металлических опилок мгновенно возрастает под воздействием электрической искры. Свои результаты он опубликовал в 1884 году [12]. К сожалению, результаты Мунк аф Розенштельда, С.А. Варлея и Ф. Кальцекки-Онести физики того времени практически не заметили. В 1899 году Э. Бранли, по сути, повторил опыт Кальцекки-Онести. Та же стеклянная трубочка с контактами на концах, источник постоянного питания, гальванометр. В обычных условиях тока в цепи не было, сопротивление опилок было велико (проводимость была мала). Если же рядом с трубкой происходил электрический разряд, то сопротивление опилок резко падало - с нескольких тысяч до единиц Ом. В цепи возникает электрический ток и уже больше не прекращался. Что бы восстановить высокое сопротивление опилок их нужно механически встряхнуть. Э. Бранли делал это вручную. В 1890 году он сделал сообщение о своих опытах с металлическими опилками в Парижской академии наук [13]. Впоследствии устройство, состоящее из стеклянной трубки с железными опилками внутри и контактами на концах, было названо “трубка Бранли”. По сравнению с индикатором Г. Герца, трубка Э. Бранли была значительно чувствительнее, но французский учёный не пошёл дальше своих исследований.

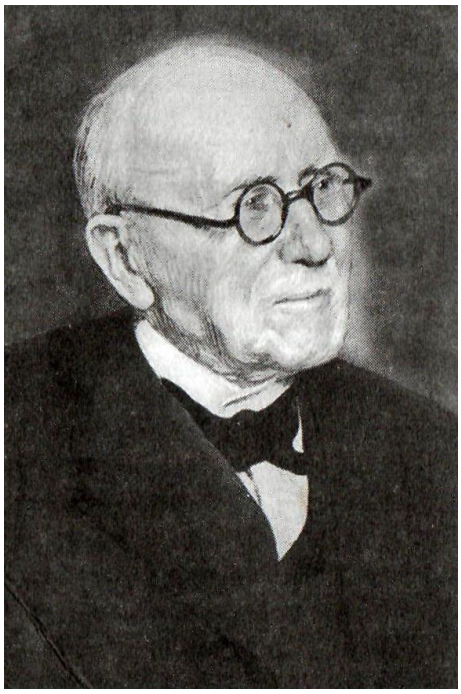


Рис 21. Э. Бранли.

Мунк аф Розеншельд, С.А. Варлей, Кальцекки-Онести и Э. Бранли всё своё внимание сконцентрировали на изучении необычных физических свойств металлических порошков и для них электромагнитное поле являлось лишь внешним условием их опытов. Но эти три исследователя не могли объяснить странного поведения металлических порошков. В отличие от них О. Лоджа, А.С. Попова и Г. Маркони не особенно интересовало физические процессы, происходящие в металлическом порошке. Их интересовало электромагнитное поле, которое изменяло электрическое сопротивление порошка. В их опытах трубка Бранли была лишь индикатором.

В своё время делались попытки приписать Э. Бранли изобретения радио. Особенно старались французы. Но сам Э. Бранли это отрицал и признавал приоритет за А.С. Поповым. Вот что он писал: “Хотя, опыт, о котором я всегда говорил как об опыте принципиальном, мог бы быть прообразом телеграфа без проводов, я не имею никаких посягательств на это изобретение, ибо я никогда не думал о передаче сигналов... Телеграфирование без проводов зародилась в действительности из опытов Попова. Русский учёный развил опыт, который я часто осуществлял и который я воспроизвёл в 1891 г. перед Обществом электриков: искра не активная на расстоянии, в десяток метров, становится активной, когда её заставляют циркулировать по длинной металлической проволоке”.

Трубка Бранли, будучи чувствительной к радиоволнам в приёмных устройствах, должна была заменить приёмный резонатор Г. Герца. Наряду с применением трубки Бранли в различного рода опытах с волнами Г. Герца началась работа по усовершенствованию этого устройства. Этим активно занимались О. Лодж, А.С. Попов и Г. Маркони. Требовалось усовершенствовать прибор в сторону повышения чувствительности и стабильности в работе.

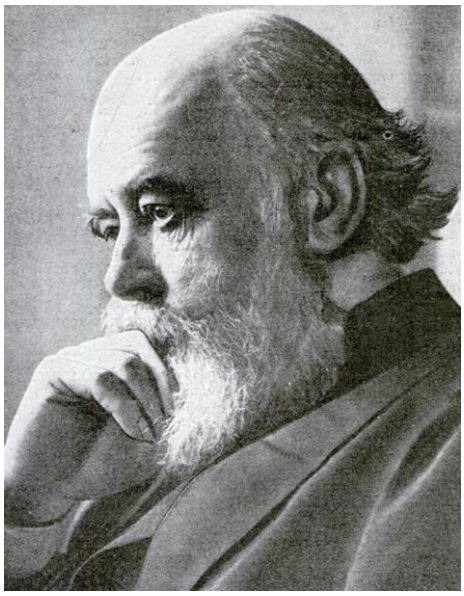


Рис 22. О. Лодж.

Какие физические процессы протекали в трубке Бранли, никто не знал, поэтому работы по её усовершенствованию приобрели чисто эмпирический характер. Трубки делали различной формы, наполняли их различными металлическими порошками, применялись контакты из различных металлов. Кое-каких результатов добились, но суть осталась та же. О. Лодж заменил название “трубка Бранли” на когерер (дословно – сцеплятель, спекатель). Так и вошло в историю развития радио слово “когерер”, по умолчанию подразумевалось, что этот прибор придумал О. Лодж.

Лодж Оливер Джозеф (1851 - 1940) – английский физик – сделал следующий шаг к беспроводной связи. Родился он в семье торговца глиной для керамических изделий. Был старшим из восьми сыновей. Среднее образование получил в школе Адамса. Окончил Лондонский университет. В 1877 году ему

присваивается учёная степень доктора. С 1881-го – профессор физики и математики в Университетском колледже в Ливерпуле, с 1900 года – директор университета в городе Бирмингеме.

Что же сделал О. Лодж в области радио? Прежде всего, он был прекрасным популяризатором многих явлений связанных с волнами Г. Герца. Лекции и статьи О. Лоджа сыграли большую роль в становлении радио. Свои лекции он сопровождал показом в действии различных приборов, в том числе им сконструированный приёмник волн ГЛ. Герца. Это был приёмник Бранли, куда О. Лодж ввёл автоматический встряхиватель когерера, в качестве которого он использовал часовой механизм от аппарата Морзе. В приёмнике О. Лоджа время прихода сигнала и время встряхивания когерера не совпадали. Если в какой-то момент они по времени совпадали, то это происходило по случайному закону. О. Лодж в качестве индикатора прихода волны использовал звонок [14]. Таким образом, автоматический встряхиватель на ходе и электрический звонок на выходе приёмника впервые применил не А.С. Попов. О. Лодж, этими дополнениями к приёмнику Бранли подошёл вплотную к изобретению беспроволочного телеграфа, но не изобрёл. Что помешало? Сам он объяснил так: “Я был слишком занят, чтобы браться за развитие телеграфа или любого другого направления техники. У меня не было достаточного понимания того, чтобы почувствовать, насколько это окажется экстраординарно важным для флота, торговли, гражданской и военной связи”. Тем не менее, одно время О. Лоджу то же приписывали изобретение радио.

О. Лодж, вольно или невольно, обозначил проблему связи чувствительности когерера с приходящим на вход приёмника электромагнитного сигнала, а именно: восстановление чувствительности когерера должно происходить не произвольно и даже не периодически, а именно в момент приёма очередного сигнала. Отсюда напрашивается мысль, что встряхиватель должен быть включён в цепь самого когерера. Первый кто эту мысль воплотил в конкретную конструкцию, был А.С. Попов. В своё время О. Лодж так оценил нововведение в конструкцию А.С. Попова. “Я всегда высоко оценивал работы проф. Попова по беспроволочной телеграфии. Правда, что я применил автоматический молоток или другой вибратор, приводимый в действие часовым механизмом или механизмом другого вида, но Попов первый заставил сам сигнал приводить в действие декогератор, и я считаю, что этим нововведением мы обязаны именно ему”.

Над проблемой электромагнитных волн О. Лодж работал параллельно со многими учёными того времени. Сам же он не внёс заметного вклада в развитие электромагнетизма – ни в открытие электромагнитных волн, ни в исследовании их свойств, ни в их практическое применение. О. Лодж, по большому счёту, не был исследователем он, по своей натуре был хорошим популяризатором.

Итак, для появления и стремительного развития радио, а затем и электроники почва была создана. Решающий скачёк сделали А.С. Попов и Г. Маркони.

ФИНАЛ

Попов Александр Степанович (1859 - 1906) – русский физик и электротехник. Родился в призаводском посёлке Турьинские рудники (Урал) в семье потомственного священника. Его отец Попов Стефан (Степан) Петрович, служил настоятелем в Максимовской церкви Турьинских рудников. Мать, Анна Стефановна вела хозяйство по дому. В семье было семеро детей – два мальчика и пять девочек. Стефан Петрович, кроме службы в церкви. занимался просветительской деятельностью. У себя дома совершенно бесплатно обучал поселковых девочек грамоте и Закону Божиему. Отец А.С. Попова, будучи совсем небогатым, сделал всё, чтобы дать детям хорошее образование. Сыновья окончили С. Петербургский университет. Все сёстры имели первоначальное домашнее образование настолько хорошее, что двум из них оно позволило поступить в столичные учебные заведения: Анна окончила С. Петербургский лазаретный Красного Креста институт, Августа - С. Петербургскую императорскую Академию художеств.

А.С. Попов учиться начал сравнительно поздно – в десять лет, по какой причине это произошло - неизвестно. Необходимо отметить, что путь к хорошему образованию у малоимущих в дореволюционной России был трудным. Среднее образование в гимназии или в реальном училище стоило дорого. А без среднего образования невозможно было поступить в университет. Правда, у малоимущего духовенства в этом вопросе было некоторое преимущество. Они могли обучать своих детей практически бесплатно сначала в духовном училище, а затем в семинарии. Эти два учебных заведения давали, помимо духовного, полный курс среднего образования. С этим образованием уже можно было поступать в высшее учебное заведение. Отец, чтобы дать сыновьям хорошее образование, пошёл по этому пути другого выхода не было. В 1869 году для получения начального образования А.С. Попова отдают в духовное училище в уездном городе Далматово (700 км от Турьинских рудников). В то время там жил и преподавал в этом училище старший брат Рафаил, что сильно облегчало решения многих задач. Курс в духовном училище был четырёхгодичным. Но А.С. Попов в Далматово проучился два года, вторые два года он доучивался в Екатеринбургском духовным училище,

Рис 23. А. С. Попов.

которое и закончил в 1873 году. В те годы Турьинские рудники, Далматово и Екатеринбург входили в состав Пермской губернии. А.С. Попов учился только на “отлично”. Воспитанники духовного училища, получив четырёхгодичное

начальное образование, имели право продолжать обучение в духовной семинарии. Выдержав на отлично вступительные экзамены в Пермскую духовную семинарию, А.С. Попов был зачислен на первый курс. Обучение в семинарии был пятигодичным – четыре года общеобразовательные, пятый год - специальный для тех, кто хотел стать священнослужителем. А.С. Попов мечтал продолжить своё образование в С. Петербургском университете. Поэтому в 1877 году он подал ходатайство об “увольнении” из семинарии после окончания четвёртого курса, которое было удовлетворено. Духовную семинарию А.С. Попов также закончил с отличными оценками. В своё время эту семинарию окончили его отец и старший брат.

31 августа 1877 года А.С. Попов был зачислен в университет на физико-математический факультет с освобождением от платы за обучение. Это право признавалось за студентами, которые имели низкие доходы при отличной успеваемости. А. С. Попов подходил под эту категорию. В С. Петербурге он остановился жить у старшего брата Рафаила, который к этому времени уже окончил университет, жил и работал в этом городе.

Необеспеченным студентам, каким был А.С. Попов, параллельно с учёбой, постоянно приходилось думать о дополнительных заработках. Значительную часть университетского курса А.С. Попов подрабатывал одно время репетиторством в частных домах, на что получил разрешение от университета. На старших курсах он стал получать стипендию.

В 1882 году А.С. Попов успешно окончил университет с защитой диссертации на тему “О принципах магнитодинамоэлектрических машин”. За хорошие познание университетского курса и за диссертацию Совет университета признал его достойным учёной степени кандидата.

Справка. В 1803 году указом императора в России, в университетах были введены учёные степени: кандидат, магистр и доктор наук. Для получения каждой учёной степени необходимо было сдать в установленном порядке устные и письменные экзамены, после сдачи которых соискатель должен защитить соответствующую диссертацию. На протяжении десятилетий условия несколько корректировались, но три учёные степени оставались неизменными. В 1884 году учёная степень кандидата наук была отменена. С этого времени в царской России присуждались две учёные степени – магистра и доктора наук.

После защиты диссертации А.С. Попову предложили остаться в университете для “подготовлениия к экзамену на степень магистра физики без стипендии”. Без стипендии – это значит опять, где-то искать подработки, которые были, как правило, низко оплачиваемые. Кроме того, к этому времени А.С. Попов был уже женат на бывшей свей ученице по репетиторству. Жена Раиса Алексеевна училась на Женских медицинских курсах. По материальным соображениям А.С. Попов отказался от университетского предложения и принял предложение занять должность преподавателя в Минном офицерском классе (МОК) в Кронштадте. МОК был основан в 1874 году и был первым электротехническим учебным заведением в России, выпускавшим высококвалифицированных специалистов-электриков. МОК было структурным подразделением Морского инженерного училища. Таким образом, до прихода

А.С. Попова МОК уже функционировал более восьми лет. За это время в нём сложился коллектив из высоко квалифицированных преподавателей, которые были способны решать сложные задачи возникающие, на флоте. Кроме материальных причин у А.С. Попова были и другие соображения относительно его работы в МОК. Дело в том, что в Кронштадте на то время было лучшее в России разнообразное оборудование, туда приходили свежие научные книги и журналы из Европы. В этом учебном заведении была хорошо поставлена исследовательская работа. Для А.С. Попова эти факты тоже были важны. Так началась его самостоятельная жизнь. Необходимо добавить, что имея на руках четверых детей А.С. Попов практически всегда нуждался в средствах.

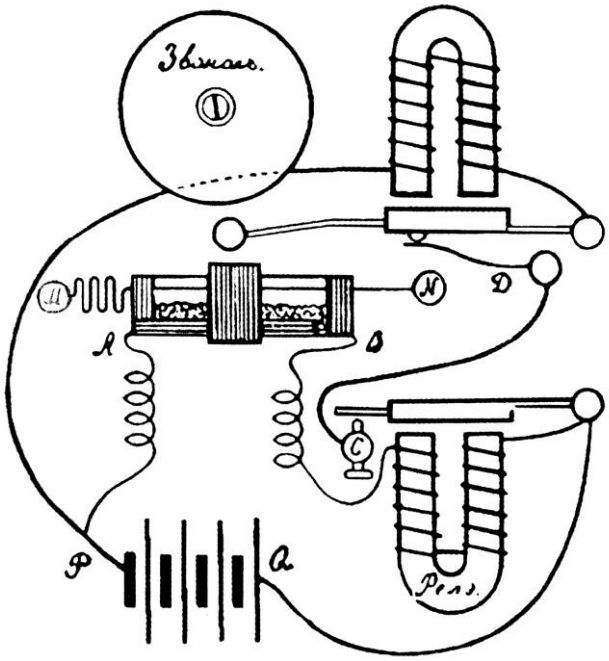


Рис 24. Принципиальная схема приёмника электромагнитных волн.

Рис 25. Структурная схема приёмника электромагнитных волн.

Теперь приведём его послужной список: преподаватель физики и электротехники в МОК (1883-1901); преподаватель физики и электротехники в Техническом училище Морского ведомства в Кронштадте (1890-1900); с 1900 года – почётный инженер-электрик; с 1901 – почётный член Русского технического общества, профессор физики С. Петербургского электротехнического института имени императора Александра III; с 1905 года – директор С. Петербургского электротехнического института.

Так какой же вклад внёс А.С. Попов в развитие в радио и электроники? На рисунке 24 показана принципиальная, а на рисунке 25 – структурная схема приёмника электромагнитных волн А.С. Попова.

На рисунке 24, на схеме: к точке А входа когерера подсоединён кусок проволоки (на схеме не показано).Туда же на вход когерера в точку А присоединяется отрицательный полюс Р батареи PQ. Обмотка малоточного (чувствительного реле) одним концом подсоединена к положительному полюсу Q батареи PQ, другой конец подсоединён к выходу когерера в точку В. Обмотка реле электрического звонка одним концом подсоединена к точке Р (отрицательный полюс батареи), другой конец подсоединяется через контакты D и С, а так же через якорь чувствительного реле к положительному полюсу Q батареи PQ. Контакт D, при неработающем звонке замыкается на якорь звонка.

Работает приёмник следующим образом. При отсутствии электромагнитной волны когерер находится в режиме ожидания сигнала, в этом случае когерер имеет большое входное сопротивление (тысячи Ом) и ток, протекающий по цепи Р,А,В, обмотки чувствительного реле слишком мал. Якорь не притягивается, т.е. чувствительное реле не срабатывает. В случае прихода сигнала сопротивление когерера резко падает (до десяток Ом), ток в обмотке чувствительного реле становится достаточным, якорь притягивается и замыкает контакт в точке С. Через замкнутые контакты CD положительное напряжение батареи PQ подаётся на обмотку реле звонка. Якорь притягивается, молоточек ударяет по колокольчику, контакт D разрывается, ток через обмотку прекращается, якорь отходит от реле, обратным ходом молоточек ударяет по стеклянной трубке когерера, металлический порошок когерера встряхивается и восстанавливается его большое входное сопротивление. Когерер снова становится в режим ожидания электромагнитной волны. Если бы не было встряхивания, когерер всё время имел бы низкое входное сопротивление благодаря сигнала, пришедшего первым. Электрический звонок, в силу этого, на выходе непрерывно звонил бы не зависимо приходит электромагнитная волна или нет.

Для улучшения режима встряхивания когерер в точках M,N подвешивается на пружине.

Описанная схема приёмника электромагнитных волн состоит из давно известных комплектующих, более того, схема составлена в основном из фрагментов схем Э. Бранли и О. Лоджа.

Так что же нового в приёмнике сконструированном русским изобретателем? А.С. Попов впервые применил два принципиально новых электротехнических приёма – предварительный усилитель на базе чувствительного реле (опосредованное усиление приходящего сигнала) и обратную связь (см. рисунок 25). Пусть примитивная, электромеханическая (другую в данной схеме трудно применить), но это была полноценная обратная связь. Именно чувствительное реле и обратная связь являются ключевыми элементами приёмника А.С. Попова. Эти два приёма резко меняют свойства приёмника, особенно применение обратной связи. Тем самым А.С. Попов, вольно или невольно, предложил принципиально новый способ приёма

электромагнитных волн который в дальнейшем определил развитие радиоэлектроники. Нельзя сказать, что техника того времени не знала, что такое обратная связь. Например, вращение колёс паровоза происходит, в том числе и за счёт механической обратной связи. В зависимости от угла поворота ведущих колёс через рычаги и штанги, которые механически связывают колёса с рабочими цилиндрами, в цилиндрах открываются то впускной, то выпускной клапаны пара.

В схеме А.С. Попова присутствует деталь, на которую историки радио почему-то не особенно обращают внимание – это антенна на входе когерера. Антенну придумал не А.С. Попов и до него кусок проволоки поднимали вверх, например, при изучении атмосферного электричества (молнии). В схеме А.С. Попова проволока, поднятая вверх и присоединённая к входу когерера играет роль резонатора. Дело в том, что этот кусок проволоки является четверть волновым вибратором. Из теории антенн известно, что четверть волновой вибратор, как и полуволновой, являются резонансными системами с распределёнными параметрами. Геометрические размеры четверть волнового вибратора с его резонансной частотой связаны выражением:

$$L = C/4F$$

где L – геометрические размеры вибратора в метрах, C – скорость света в свободном пространстве в метрах, F – частота, на которой резонирует вибратор в герцах.

Следовательно, поднятая вверх кусок проволоки обладает резонансными свойствами, частота резонанса которого зависит от длины проволоки. Чем длиннее проволока, тем на более низкой частоте наступает резонанс. При электрическом пробое возникает искра, которая содержит широкий спектр электромагнитных частот. Приёмная антенна, обладая резонансными свойствами, выделяет из этого широкого спектра одну частоту.

В истории развитии техники периодически возникают ситуации, когда над проблемой или явлением думали и думают многие учёные и изобретатели. Наконец, появляется человек, который по данной проблеме высказывает идею или предоставляет результаты эксперимента (пусть простые, пусть случайно полученные), и эта мысль, эти результаты эксперимента часто является мощнейшим катализатором в развитии техники в данном направлении. Например, Г. Эрстедом было замечено отклонение стрелки компаса лежащего рядом с проводом, по которому протекает ток. Этот факт, вызвал большой интерес у физиков того времени. Вскоре появился М. Фарадей со своей электромагнитной индукцией и другими электрическими экспериментами. За М. Фарадеем - Д. Максвелл, математически обосновавший существование электромагнитных волн. За Д. Максвеллом - Г. Герц, который экспериментально доказал, что электромагнитные волны действительно существуют. По результатам исследований названных учёных (и многих других) со временем образовались совершенно новые направления в физике,

такие как электротехника, радиотехника, электроника, рентгенотехника и многие другие.

Предложенная А.С. Поповым схема приёмника электромагнитных волн так же явилась мощным катализатором в развитии беспроводной связи. Что было до А.С. Попова? К концу девятнадцатого века проводной телеграф в своих возможностях в основном достиг предела. Большинство учёных физиков понимали, что расширить пределы передачи и получения информации можно за счёт использования свойств электромагнитных волн. Как известно, основой беспроводной передачи и получения информации являются источник электромагнитного излучения (передатчик) и приёмник этих излучений. В случае беспроводной связи обязательно к этой основе прилагаются очень важные элементы, такие как всевозможные модуляторы, манипуляторы, антенны, а теперь и программное обеспечение и т.д., без которых связь не возможна. Г. Герц для своих экспериментов сконструировал искровой передатчик с антенной. В этот передатчик без особого труда можно было вставить манипулятор для формирования азбуки Морзе, так что передатчик, пусть примитивный, был. А.С. Попов и Г. Маркони первоначально в своих экспериментах использовали несколько усовершенствованный искровой передатчик. Не было чувствительного приёмника. Имеющийся приёмник был крайне малочувствительный (например, приёмник Г. Герца). Кроме того, неясно было как надёжно зарегистрировать и опознать принятую электромагнитную энергию. С применением когерера на входе приёмника проблема чувствительности приёмника была в первом приближении решена. О. Лодж в плотную приблизился к решению проблемы регистрации и опознавания принятого сигнала, но последнего шага сделать не смог, не догадался. Этот последний шаг сделал А.С. Попов, введя в приёмник при помощи чувствительного реле опосредованное предварительное усиление приходящего сигнала и обратную связь. Введённая обратная связь позволила исполнительному устройству (электрическому звонку) на выходе реагировать именно на приход сигнала. Именно пришедший сигнал управлял всеми компонентами приёмника. Очень скоро выяснилось, что исполнительное устройство в приёмнике реагировало не только на принятый короткий сигнал, но и на продолжительность сигнала. Короткий сигнал – короткий звонок, длинный сигнал – продолжительный звонок. А это уже азбука Морзе, которая, как известно, состоит из комбинации точек и тире.

Вводом обратной связи А.С. Попов стремился решить очень узкую задачу – задачу управления входным устройством (когерером) приёмника, не предполагая, какое огромную роль сыграет его обратная связь в развитии радиоэлектроники. По объективным причинам на тот момент никто из учёных - теоретиков или конкретно технически работающих в данном направлении не мог оценить эту роль. Очень скоро с изобретением детектора (жидкостного или кристаллического) и с применением резонансного контура с сосредоточенными параметрами удалось значительно увеличить чувствительность и избирательность приёмника, конструкторы отказались от когерера. Нет когерера – нет устройства для его встряхивания, нет и обратной связи. На

некоторое время про обратную связь забыли. Необходимость в обратной связи (но уже электронной) возникла с изобретением электронных ламп, сначала вакуумного диода, затем вакуумного триода. С изобретением триода появилась принципиально новая конструкция приёмника электромагнитных волн – супергетеродинный приёмник. Как известно, в таких приёмниках имеется дополнительный электронный автогенератор синусоидальных колебаний - гетеродин. Любой электронный генератор без обратной связи не работает, а обратную связь, как компонент приёмника, впервые ввёл А.С. Попов. В этом его величайшая заслуга. Любой радиопередатчик так же имеет задающий электронный генератор электрических колебаний. Современная радиоэлектроника широко применяет электронную обратную связь. Робототехника без обратной связи так же не работает. Исполнительное устройство на выходе робота, выполнив операцию, по каналу обратной связи посылает на вход сигнал о выполнении. Только после этого входное устройство подаёт команду исполнительному устройству, что ему делать дальше. Естественно у современного робота и исполнительное устройство, и вход робота конструктивно находятся не на уровне электрического звонка и когерера. Это сложные конструкции, где наряду с электроникой, программным продуктом имеются всевозможные электромеханические агрегаты. Обратная связь широко применяется в широкополосных усилителях (например, в аудио усилителях) для коррекции частотной характеристики. В электронике обратная связь применяется не только для генерации синусоидальных сигналов, она применяется широко для генерации сигналов сложной формы: импульсные, трапециевидные, треугольные, пилообразные и т. д. Можно сказать, что современная радиоэлектроника без обратной связи не может существовать.

Известно, что А.С. Попов большое время своей работы в МОК посвящал преподаванию: читал лекции, проводил лабораторные работы. Причём многие физические приборы для выполнения этих работ изготовлялись в мастерских и лабораториях МОК, особенно когда появлялись новые данные об электричестве, электромагнитном излучении. Для демонстрации новых явлений приходилось изготовлять различные новые демонстрационные приборы и стенды. В этом процессе активное участие принимал и А.С. Попов.

Первоначально приёмное устройство для обнаружения электромагнитных волн он сконструировал для наглядной лекционной демонстрации физических свойств электромагнитных волн. В качестве генератора (передатчика) были электрические явления в атмосфере. Этот прибор А.С. Попов назвал грозоотметчиком. При этом не предполагалось использовать новое устройство в беспроводной связи. Но идея такого использования появилась очень быстро.

После того как А.С. Попов продемонстрировал приёмное устройство, параметры которого управлялись принятой электромагнитной волной, после того, как стало ясно, что новый принцип приёма электромагнитных волн хорошо ложится в идею беспроводной связи, наступил настоящий ажиотаж не только в усовершенствовании радиоприёмной аппаратуры, но и в приоритете изобретения радио, - уж больно значимый был момент. Можно утверждать, что

схема А.С. Попова вывела электромагнитные волны из лабораторий “в широкий свет”.

В научной и изобретательской практике считается датой приоритета открытого физического явления или изобретения является датой опубликования автором в открытой печати (статья или патент). И только этот факт является мерилом приоритета.

Когда и где были первые публикации по поводу нового приёмника электромагнитных волн? Впервые, неофициально, свой приёмник А.С. Попов продемонстрировал перед своими сотрудниками и офицерами МОК. Вероятно, в то же время обсуждалась идея о возможном применении нового приёмника в беспроводной связи. В какой-то момент при обсуждениях присутствовали журналисты. В оперативном порядке в апреле 1895 журналист П.А. Рогозинский поместил в Кронштадском вестнике заметку следующего содержания: “В настоящее время преподавателем минного офицерского класса А.С. Поповым производится ряд опытов над применением к изучению электрических колебаний, происходящих в атмосфере, и вообще к изучению атмосферного электричества металлических порошков, чувствительных к колебательным электрическим разрядам. ... Уважаемый преподаватель А.С. Попов, делая опыты с порошками, комбинировал особый переносной прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии 30 сажень. ... Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, на подобие оптического телеграфа, при помощи электрических лучей” [15].

Официально А.С. Попов сообщил о своём приёмнике на очередном заседании Русского физико-химического общества (РФХО) 25 апреля (7 мая по-новому стилю) 1895 года. В России этот день отмечен как День радио. Доклад и демонстрация и работы приёмника были зафиксированы в протоколе заседания. Текст протокола приведён на рисунке 26 (см. пункт 3 протокола).

В открытой печати этот доклад был опубликован в августовском номере за 1895 год в журнале РФХО [16]. Полная схема приёмника с подробным описанием его работы была опубликована в январском номере журнала РФХО за 1896 год [17]. Статья была послана в декабре 1895 года. В этой статье А.С. Попов впервые высказал следующую свою мысль: “В заключении могу выразить надежду, что мой прибор, при дальнейшем усовершенствовании его, может быть применён в передаче сигналов на расстояния при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией”.

Таким образом, А.С. Попов не только предложил новый способ приёма электромагнитных волн, но и обозначил, где этот способ может быть применён.

Информация о новом методе приёма электромагнитных волн начала быстро распространяться. Практически сразу же она попадает в учебник по метрологии [18]. В этой работе отмечено, что А.С. Попов наряду со звонком в качестве исполнительного устройства ввёл записывающее устройство, так называемое “перо Ришара”. Это перо делает метку на бумаге вращающегося

барабана, таким образом, отмечая каждый атмосферный разряд. Выяснилось, что новый приёмник регистрирует разряды, неотмеченные ухом или зрительно человеком, то есть очень далёкие атмосферные разряды. Таким образом, приёмник А.С. Попова впервые в мире стал прибором, позволяющим вести регистрацию атмосферных электромагнитных разрядов. Причём прибор мог вести регистрацию длительно, без перерывов и без участия оператора. Впервые дистанционно, без проводов, при помощи электромагнитных волн, удалось получить информацию о состоянии объекта. В данном случае объектом были грозовые тучи и электрическое состояние атмосферы. Почему же А.С. Попов не запатентовал свой приёмник? На это есть ряд причин.

ПРОТОКОЛЪ

151 (201)-го засѣданія Физическаго Отдѣленія Русскаго Физико-Химическаго Общества.

25-го апрѣля 1895 г.

За болѣзнію Ѳ. Ѳ. Петрушевскаго предсѣдательствуетъ на засѣданіи проф. И И. Боргманъ.

1) Дѣлопроизводитель читаетъ списокъ книгъ и журналовъ, полученныхъ библіотекою Отдѣленія со дня послѣдняго очереднаго собранія (21 марта 1895 г.).

2) Л. Г. Богаевскій вмѣсто предполагавшагося имъ сообщенія: «О взаимодѣйствіи между нагрѣтымъ воздухомъ и влажной поверхностью» изложилъ нѣсколько подробнѣе нѣкоторые вопросы изъ его работы «О законѣ параболы», сообщенной имъ въ засѣданіи Отдѣла 21 марта 1895 г. (Работа будетъ напечатана въ журналѣ Общества).

Замѣчанія сдѣлали И. И. Боргманъ и Н. А. Смирновъ.

3) А. С. Поповъ сдѣлалъ сообщеніе: «Объ отношеніи металлическихъ порошковъ къ электрическимъ колебаніямъ». Исходя изъ опытовъ Бранли, докладчикъ изслѣдовалъ рѣзкія измѣненія въ сопротивленіи, испытываемыя металлическими порошками въ полѣ электрическихъ колебаній. Пользуясь высокой чувствительностью металлическихъ порошковъ къ весьма слабымъ электрическимъ колебаніямъ, докладчикъ построилъ приборъ, предназначенный для показыванія быстрыхъ колебаній въ атмосферномъ электричествѣ. Приборъ состоитъ изъ стекляной трубки, наполненной металлическимъ порошкомъ и введенной въ цѣпь чувствительнаго релэ. Релэ замыкаетъ токъ батареи, приводящей въ дѣйствіе электрическій звонокъ, расположенный такъ, что молоточекъ его ударяетъ и по чашкѣ звонка, и по стекляной трубкѣ. Когда приборъ находится въ полѣ электрическихъ колебаній, или соединенъ съ проводникомъ, находящимся въ сферѣ ихъ дѣйствія, то сопротивленіе порошка уменьшается, релэ замыкаетъ токъ батареи и приводитъ въ дѣйствіе звонокъ; уже первые удары звонка по трубкѣ возстановляютъ прежнее большое сопротивленіе порошка, и слѣдовательно приводятъ снова приборъ въ прежнее, чувствительное къ электрическимъ колебаніямъ состояніе. Предварительные опыты, произведенные докладчикомъ съ помощью небольшой телефонной линіи въ г. Кронштадтѣ, показали что воздухъ дѣйствительно иногда подверженъ быстрымъ перемѣнамъ его потенціала. Основные опыты измѣненія сопротивленія порошковъ подъ вліяніемъ электрическихъ колебаній, и описанный приборъ были показаны докладчикомъ.

Замѣчанія сдѣлали Ѳ. Я. Капустинъ и А. Л. Гершунъ.

Рис 26. Текст протокола заседания РФХО.

Существует такое понятие, как интеллектуальный продукт. Обладатель этого продукта должен получить или моральное удовлетворение, или

материальную прибыль, и это нормально. Отношение к интеллектуальному продукту на Западе (в Европе, особенно в США) и России заметно разнится. Запад более развит промышленно, потому люди там к интеллектуальному продукту относятся в основном прагматично. Свои достижения стараются зафиксировать в статьях или в патентах. Предпочтительно в патентах. Интеллектуальные продукты имеют разные уровни значимости. Есть продукты, которые, например, выдали Фарадей, Максвелл, Герц и которые сформировали новые направления в физике и технике, открыли новую эру в развитии человечества. Кстати они-то свои интеллектуальные достижения не патентовали, особенно это касается М. Фарадея.

Есть интеллектуальные продукты, которые улучшили наш быт. Это более низкий уровень значимости, но и этот уровень важен для человечества. Приведём несколько примеров. В конце девятнадцатого века изобретатель Пойнтер Уильям (США) изобрёл и запатентовал штопор и металлическую пробку. Вариант этой пробки широко применяется на бутылках с пивом, ну а штопор в каждой семье есть.

Или возьмём безопасную одноразовую бритва “Gillette”. Жиллетт Кинг Кемп (США) стал автором новой идеологии - идеологии одноразового использования какой-либо бытовой вещи. Первоначально это были: одноразовая безопасная бритва, одноразовый носовой платок, стаканчик, тарелка. А началось всё с бритвы. Но от идеи до первых промышленных выпусков прошло долгих одиннадцать лет упорных экспериментов, уговоров богатых людей поверить в его идею и начать инвестировать и в его идею в реальную конструкцию. В 1901 году Жиллетт получает патент, а в 1917 году бритва под брендом “Gillette” была выпущена в количестве миллиона штук. Интересная деталь, Жиллетт начинал зарабатывать деньги путём распространения штопоров Пойнтера.

Консервную банку, для открывания которой не требуется ключ, изобрёл Фрейз Эрмаль Клеон (США). В 1963 году он своё изобретение запатентовал. В 2013 году в мире было продано 200 миллиардов банок с пивом и безалкогольными напитками.

Список подобных бытовых изобретений можно долго продолжать, их авторы не сделали открытий новых законов природы, но каждое такое (и более мелкое) изобретение подняли человечество на следующую ступень цивилизации, улучшив быт.

В России, особенно во времена А.С. Попова, сохранялось довольно равнодушное отношение к авторству той или иной идеи или изобретения. Особенно недостойным считалось патентовать бытовые мелочи, и такая идеология господствовала не один век. Первая и основная тому причина, повторимся, - это техническая отсталость России.

Была и вторая причина. Известно, что преподавание на морских офицерских курсах (МОК) длилось шесть месяцев в году. Остальное время года преподаватели обязаны были тратить на подготовку новых лекций, на постановку новых демонстрационных (лабораторных) работ, на изготовление необходимого оборудования к этим работам, на написания методических

указаний к вновь созданным лабораторным работам. Необходимо ещё раз отметить, что в МОК многие лабораторные работы были поставлены руками его сотрудников. Промышленность выпускала отдельные стандартные приборы, из которых можно было скомпоновать ту или иную лабораторную работу, но часто недостающие компоненты приходилось изготовлять силами и возможностями МОК. При этом преподаватель был обязан следить за достижениями в физике и особенно в электричестве. Открытие Г. Герцем электромагнитных волн в то время как раз и было волнующей темой среди учёных физиков и электротехников. Для демонстрации физических свойств электромагнитных волн возникла необходимость в создании устройства, при помощи которого стало бы возможным показать некоторые из них.

А.С. Попов создал такое устройство, которое повторяло приёмник Бранли – Лодж, но с важными дополнениями, а именно, в приёмнике А.С. Попова были введены обратная связь и опосредованное предварительное усиление приходящего сигнала посредством чувствительного реле. Эти нововведения кардинально изменили возможности приёмника электромагнитных волн. В качестве источника электромагнитных волн служили искровой разрядник или грозовые разряды. Таким образом, изначально не ставилась задача создание без проводной связи при помощи электромагнитных волн. Вероятно, по этой причине у А.С. Попова не возникла мысль патентовать этот приёмник (по сути, лабораторный стенд).

Третья причина заключалась в том, что патентование стоило больших денег. В царской России выдачей патентов (привилегий) занимался Департамент торговли и мануфактур, который работал крайне неэффективно, и заявка на патент (на привилегию) может пролежать там многие годы. Получение патента (привилегии) на десять лет стоило 450 рублей, причём эту сумму нужно заплатить всю и сразу. В то время это были немалые деньги. К тому же А.С. Попов практически всю жизнь нуждался в средствах, чтобы обеспечить свою семью. В МОК платили не густо. На момент изобретения нового приёмника, А.С. Попов получал 1200 рублей в год и был вынужден летом, в свой отпуск, подрабатывать в качестве инженера-электрика на Всероссийской промышленной выставке в городе Нижний Новгород. За это ему платили 2500 рублей за сезон – разница в сравнении с основной зарплатой заметная. Работать на эту выставку А.С. Попов пригласили в 1889 году.

Возможно, так же сыграл роль тот факт, что А.С. Попов не любил письменно фиксировать свои технические, изобретательские и исследовательские шаги. Оформлял письменно только крайне необходимое: лекции, инструкции по выполнению практических работ - в отличие от некоторых учёных, которые буквально протоколировали каждое своё действие, каждую мысль. Например, инженер-электротехник Якоби оставил после себя несколько тысяч листов, где было зафиксировано все этапы его научной деятельности. После Фарадея осталось семь томов его ежедневных заметок. А.С. Попову трудно давалось литературное оформление своих технических идей, экспериментов, поэтому он оставил крайне мало своих заметок.

Несомненно, свою роль сыграло и полное отсутствие у А.С. Попова предприимчивости. Ему казалось совершенно немыслимым добывать деньги, на эти деньги что-то производить и это что-то продавать. Подобное качество наблюдалось и у других российских учёных. Многие видные электрики Росси того времени не делали свои изобретения и открытия предметом патентования, предметом дохода.

Первый, кто ввёл усовершенствование в приёмник А.С. Попова, был В.В. Скобельцин. В.В. Скобельцин - ассистент Санкт-Петербургского электротехнического института. 2-го апреля 1896 года он продемонстрировал работу усовершенствованного им приёмника А.С. Попова. Причём в качестве передатчика использовался не грозовой разряд, а искровой лабораторный передатчик. И передатчик, и приёмник В.В. Скобельцин изготовил сам. Система В.В. Скобельцина это практически готовая радиопередающая система. Результаты эксперимента были опубликованы в работе [19].

Так что же усовершенствовал В.В. Скобельцин в приёмнике А.С. Попова? На рисунке 27 показан приёмник В.В. Скобельцина. Дело в том, что выход когерера имел большое сопротивление по сравнению с входом

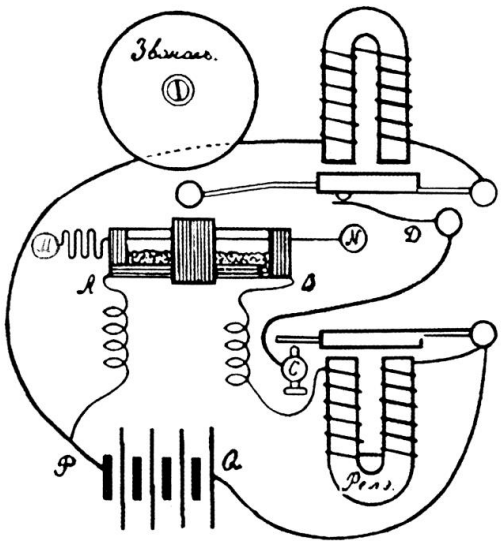


Рис 27. Приёмник В.В. Скобельцина.

чувствительного реле (входной усилитель). Поэтому чувствительное реле значительно ослабляло (закорачивало) приходящий сигнал. Для устранения этого явления В.В. Скобельцин ввёл в цепь чувствительного реле два проволочных сопротивления. На схеме (рис 27) эти сопротивления обозначены как “а” и “б”. Поскольку проволочное сопротивление наматывается в виде катушки, то такое сопротивление, наряду с активным сопротивлением имеет и реактивное сопротивление. Это усовершенствование конструкции позволило повысить чувствительность приёмника и, следовательно, дальность приёма.

Научный мир быстро узнал о конструкциях приёмников А.С. Попова и В.В. Скобельцина и результатах их испытаний. Практически сразу же, причём по нарастающей, началось их усовершенствование. Можно сказать, что история

развития радиотехники - это история усовершенствования, как приёмников, так и передатчиков. Это продолжается и по сей день.

Людей, занятых в науке и изобретательстве, можно разделить на два типа: первый - решает задачи в основном ради научной и общественной пользы,. причём под обществом понимается весь мир: второй - ради собственной выгоды, преимущественно материальной, стараясь, насколько это возможно, вовлечь в свою выгоду то же весь мир.

Первый тип избегает шума вокруг своей работы и не скрывает научные результаты, щедро делится своим интеллектуальным багажом и находками с учениками и коллегами.

Второй тип любит саморекламу и часто организует свою саморекламу. Как правило, интеллектуальные достжения своих учеников или даже коллег старается позаимствовать для собственной выгоды, старается, где только можно “застолбить” свой приоритет.

К первому типу, несомненно, принадлежал А.С. Попов. Типичным представителем второго типа был Г. Маркони.

Борьба за приоритет преследовала в основном коммерческие цели: наличие патента на важное изобретение часто приносило большие доходы. С середины 19-го века особенно остро эта борьба развернулась в электротехнике. Крупные изобретения в этой области часто оспаривались, нередко доходило до судебных разбирательств между претендентами на первенство технической идеи. В Европе и особенно в Америке судебные процессы за приоритет приобрели обычное явление. Например, такой монстр-изобретатель, как Т. Эдисон (более тысяча патентов) часто судился то в роли истца, то в роли ответчика. Г. Маркони то же часто выступал в подобных ролях.

Маркони Гульельмо (1874 - 1937) - первый крупнейший предприниматель в области радиотехники. Родился в городе Болонье. В семье был вторым ребёнком, внешне весьма необычным для итальянского окружения: светлые с рыжинкой волосы, голубые глаза. Это он взял от матери. Отец Джузеппе Маркони был крупным землевладельцем, мать Анни Джеймсон происходила из богатой ирландской семьи, которая владела известной фирмой “Jameson”, производившей виски, входила в круг наиболее влиятельных семей в Ирландии. В Италии Анни Джеймсон изучала музыку и живопись. Г. Маркони почему-то образовательную школу не посещал, обучался на дому. В детстве мечтал стать морским капитаном, пытался поступить в Итальянскую военно-морскую академию, но вступительные экзамены провалил. На следующий год сделал попытку поступить в Болонский университет, так же провалил экзамены. В то время поступать в учебные заведения Италии без предъявления документа о среднем образовании. Зачисление производилось по результатам вступительных экзаменов. В качестве вольнослушателя в 1895 – 1896 годах в Болонском университете посещал лекции профессора А. Риги (друг семьи Маркони). А. Риги читал лекции по физике, в том числе по физике электромагнитных волн. Когда умер Г. Герц, А. Риги по этому поводу написал некролог. Отдав должное покойному, он обозначил направления, где

практически можно использовать “волны Герца”. Одно из направлений было применение волн Г. Герца в беспроводной телеграфии.

Таким образом, Г. Маркони серьёзного систематического образования не получил, особенно технического. Да и сам Г. Маркони и не скрывал этого. В 1909 году ему присудили Нобелевскую премию, в своей ответной речи при вручении премии, он сказал, что “... регулярно никогда (!) не занимался электротехникой и физикой...”. Это было очень заметно с первых его шагов в радио. В своей первой заявке по радио (от 2 июня 1896) из-за незнания физических свойств электромагнитных волн, Г. Маркони допустил ряд “ляпов”. Например, в первых строках заявки написано:

“... сопровождающие данное изобретение электрические проявления и действия передаются по воздуху, земле или воде путём электрических колебаний высокой частоты”. Уже в то время было доказано, что электромагнитные волны по земле и тем более по воде не распространяются, а распространяются по эфиру и по воздуху. Далее, “... с модификациями приведённых аппаратов возможно передавать сигналы ... поперёк или сквозь массы металла, или возвышенности, или горы, которые могут находится между передающими и приёмными инструментами”. Но в данном случае обвинять в “ляпах” Г. Маркони было бы не совсем справедливо. Ну что взять с безграмотного в физике и электротехнике человека? Но процесс составления заявки на изобретение, не без собственного интереса, плотно курировал главный инженер британских почт и телеграфов У. Прис. Эти “ляпы” в основном У. Приса, и он показал свою безграмотность, занимая такую высокую должность. “Ляпы” были и в последующие годы. Например, эту же мысль он проводил в своей нобелевской лекции в 1909 году (это через 13 лет!) заявляя, что Г. Герц был не прав, утверждая, что электромагнитные волны распространяются по эфиру и по воздуху. По мнению Г. Маркони эти волны расходятся по земле и воде. Уже в зрелом возрасте (50 лет, 1924 год) Г. Маркони не отличал дифракцию от рефракции, утверждал, что короткие волны распространяются в 100 раз быстрее, чем длинные. Хотя к этому времени любому грамотному физику было известно, что электромагнитные волны любой длинны, распространяются с одинаковой скоростью: а именно со скоростью света. Эти факты говорят о том, что Г. Маркони не только не имел элементарных знаний основ физики, но и не приобрёл их в последующие годы, будучи окружённый грамотными инженерами и техниками, которые работали на него в его компании.

Рис 28. Г. Маркони.

Вот с таким “теоретическим” багажом Г. Маркони ринулся изобретать радио в Англию в Лондон.

Свой приёмник электромагнитных волн А.С. Попов подробно описал в журнале РФХО в январе 1896 года [17]. Этот журнал рассылался во все крупные научные центры Европы. И номер с сообщением А.С. Попова так же был разослан по тем же адресам. Он поступил и в библиотеку университета города Болонья (Италия), где хранится там по сегодняшний день. Как указывалось выше, в это время, в качестве вольнослушателя, Г. Маркони посещал лекции известного профессора Болонского университета А. Риги. Читал ли А. Риги статью А.С. Попова? Читал, должен бал читать! Дело в том, что беспроводная связь к 1896 году плотно занимала умы практически всех известных учёных работающих в области физики и электричества. Они ревниво отслеживали любые подвижки в сторону беспроводной связи. В смысле науки Россия для Европы не была медвежьим углом, в России то же велись активные работы в области электричества и имелись успехи, и эти успехи так же отслеживались. Знал ли Г. Маркони о приёмнике А.С. Попова? Знал, ибо А. Риги не мог не доложить своим слушателям студентам об этой новости. Кроме того, А. Риги был соседом и другом семьи Маркони и, скорее всего, вёл соответствующие разговоры в их кругу.

Итак, в январе А.С. Попов опубликовал свою статью, а в феврале Г. Маркони уже отбыл в Лондон. Коллерируется ли по времени новость из России с отъездом Г. Маркони? Скорее всего, да. В полнее, возможно что А. Риги растолковал Г. Маркони научный и экономический смысл новости. Несмотря на свою молодость, Г. Маркони уже обладал деловой хваткой, и его могли буквально потрясли экономические перспективы новости из России. В последующие годы Г. Маркони пытался как-то оправдаться и доказать, что он опередил А.С. Попова и самостоятельно пришёл к таким же результатам. Так, в 1909 году в ответной речи по поводу присуждении ему Нобелевской премии Г. Маркони утверждал, что у себя в родовом поместье, в начале 1905 года он стал проводить опыты по беспроводной передаче смысловых знаков при помощи волн Г. Герца. Но где доказательства? На сегодняшний день на эту тему не удалось обнаружить ни протоколов, ни отчётов, ни фотографий, ни даже газетных сообщений - ничего. Если учесть, что на то время Г. Маркони шёл двадцать первый год, и он даже не имел элементарного технического образования, то его слова можно отнести просто к оправдательной болтовне. Из выше приведённых “ляпов” видно, что Г. Маркони до Лондона не проводил опытов по передаче информации при помощи электромагнитных волн. Если бы проводил, то он быстро убедился бы, что электромагнитные волны высокой частоты через воду и землю не проходят. Это уже было в теоретических и практических работах Г. Герца и Н. Тесла.

Почему Г. Маркони выбрал Лондон? Думается по трём причинам. Во-первых, Англия на тот момент по отношению к Европе была самой развитой страной, как экономически, так и в научном плане. Во-вторых, и это важно, через родственные связи матери он был представлен главному инженеру британских почт и телеграфов Уильяму Прису и другим важным персонам. В то время У. Прис практически контролировал всю телеграфную сеть огромной империи, владел акциями многих телеграфных и телефонных компаний. Третья

причина, (по слухам) - в Лондон Г. Маркони отправился, чтобы избежать призыва в Итальянскую армию.

У. Прис был хорошо осведомлён относительно успехов телеграфии и телефонии. Он отчётливо представлял огромные перспективы беспроводной связи. Кроме того, У. Прис был государственником, он понимал, что беспроводная связь жизненно необходима для огромной британской империи. Предложение Г. Маркони попало на благодатную присову почву. Кроме того, на У. Приса произвела большое впечатление деловая хватка столь молодого человека. К слову сказать, в конечном итоге У. Прис стал крупным акционером в фирме, которую скоро возглавил Г. Маркони. По прибытии Г. Маркони в Лондон У. Прис практически сразу же (начиная с апреля 1896 года) начал активно ему помогать в доработке привезённой приёмопередающей аппаратуры. Прежде всего он решил её протестировать. Для этого он попросил капитана Г. Джексона из минной офицерской школы британских ВМФ произвести монтаж этой аппаратуры. После монтажа, в июле 1896 году Г. Маркони показал публике первый работающий передатчик. В качестве приёмника служило устройство, скопированное с лабораторных макетов Э. Бранли и О. Лоджа. Дальность действия приёмопередающей системы составляло 400 метров. В дальнейшем У. Прис закрепил за Г. Маркони высококвалифицированных технических специалистов, например, опытного инженера-телеграфиста Дж. Кемпа. Дж. Кемп проработал с Г. Маркони вплоть до своей кончины, до 1933 года, то есть 37 лет. У. Прис помог (считай полностью написал за Маркони) и в составлении первой заявки на патент. Предварительную заявку на патент Г. Маркони подал 2 го июня 1896 года в Британское патентное бюро, она там была зарегистрирована под номером № 12,039 [20,21].

Таким образом, Г. Маркони подал предварительную заявку на патент 13 месяцев спустя после доклада А.С. Попова [16]. Титульный лист описательной части патента (практически заявки) показан на рисунке 29.

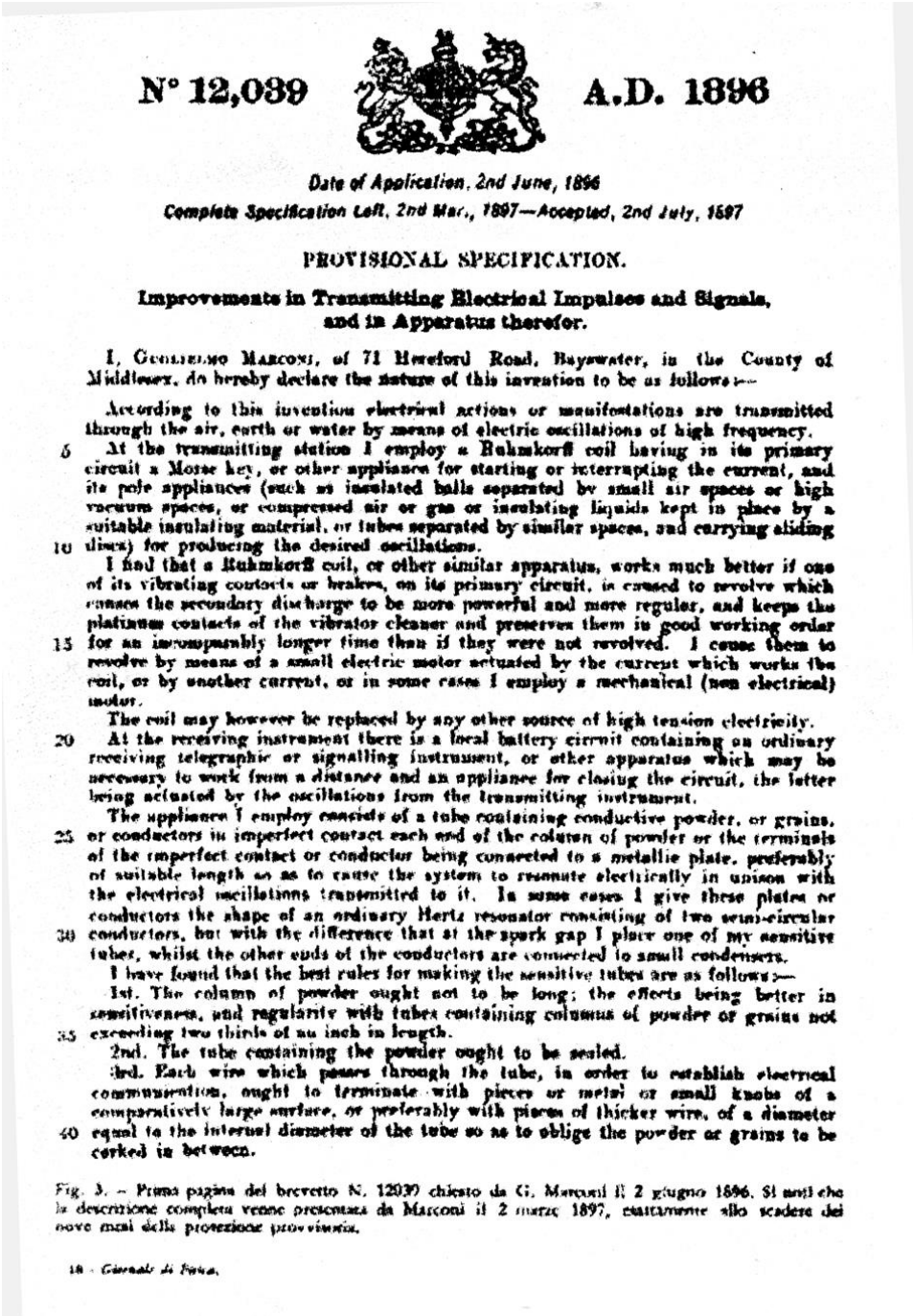
Что такое патент? Патентом называется особый документ, выдаваемый специальными государственными патентными учреждениями в подтверждении новизны изобретения и содержащий его подробное техническое описание с чертежами и схемами.

Эти правила распространяются и на предварительную заявку.

Более ста лет текст заявки (и окончательного текста патента) в корпорации Маркони держался в секрете. Только в 2004 году все письменные документы, связанные с ранним Г. Маркони, для всеобщего доступа были переданы в библиотеку Оксфордского университета (более 100 лет прятали! Почему?). Из текста заявки следует, что Г. Маркони не претендует на что-то новое, а лишь усовершенствует известное. И это было зафиксировано в названии заявки: “Усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в аппаратуре для этого”. Кроме того, поданная заявка не содержала ни одного чертежа. Как можно принять и рассматривать заявку на техническое изобретение, не имея чертежей на него? Оказывается, в Англии - можно,

особенно если в качестве патентного эксперта выступает сам У. Прис, очень заинтересованное лицо.

2 марта 1897 года в патентное бюро от Г. Маркони поступил дополнительный материал с чертежами приёмника. 2 июля 1897 года патентное бюро выдало положительное решение на заявку, и Г. Маркони получил патент И это был первый документ Г. Маркони в области радио.



N° 12,039 A.D. 1896

Date of Application, 2nd June, 1896

Complete Specification Left, 2nd Mar., 1897—Accepted, 2nd July, 1897

PROVISIONAL SPECIFICATION.

Improvements in Transmitting Electrical Impulses and Signals, and in Apparatus therefor.

I, Guglielmo Marconi, of 71 Hereford Road, Bayswater, in the County of Middlesex, do hereby declare the nature of this invention to be as follows:—

According to this invention electrical actions or manifestations are transmitted through the air, earth or water by means of electric oscillations of high frequency.

At the transmitting station I employ a Ruhmkorff coil having in its primary circuit a Morse key, or other appliance for starting or interrupting the current, and its pole appliances (such as insulated balls separated by small air spaces or high vacuum spaces, or compressed air or gas or insulating liquids kept in place by a suitable insulating material, or tubes separated by similar spaces, and carrying sliding discs) for producing the desired oscillations.

I find that a Ruhmkorff coil, or other similar apparatus, works much better if one of its vibrating contacts or breaks, on its primary circuit, is caused to revolve which causes the secondary discharge to be more powerful and more regular, and keeps the platinum contacts of the vibrator cleaner and preserves them in good working order for an incomparably longer time than if they were not revolved. I cause them to revolve by means of a small electric motor actuated by the current which works the coil, or by another current, or in some cases I employ a mechanical (non electrical) motor.

The coil may however be replaced by any other source of high tension electricity.

At the receiving instrument there is a local battery circuit containing an ordinary receiving telegraphic or signalling instrument, or other apparatus which may be necessary to work from a distance and an appliance for closing the circuit, the latter being actuated by the oscillations from the transmitting instrument.

The appliance I employ consists of a tube containing conductive powder, or grains, or conductors in imperfect contact each end of the column of powder or the terminals of the imperfect contact or conductor being connected to a metallic plate, preferably of suitable length so as to cause the system to resonate electrically in unison with the electrical oscillations transmitted to it. In some cases I give these plates or conductors the shape of an ordinary Hertz resonator consisting of two semi-circular conductors, but with the difference that at the spark gap I place one of my sensitive tubes, whilst the other ends of the conductors are connected to small condensers.

I have found that the best rules for making the sensitive tubes are as follows:—

1st. The column of powder ought not to be long; the effects being better in sensitiveness, and regularity with tubes containing columns of powder or grains not exceeding two thirds of an inch in length.

2nd. The tube containing the powder ought to be sealed.

3rd. Each wire which passes through the tube, in order to establish electrical communication, ought to terminate with pieces or metal or small knobs of a comparatively large surface, or preferably with pieces of thicker wire, of a diameter equal to the internal diameter of the tube so as to oblige the powder or grains to be corked in between.

Fig. 3. – Prima pagina del brevetto N. 12039 chiesto da G. Marconi il 2 giugno 1896. Si noti che la descrizione completa venne presentata da Marconi il 2 marzo 1897, esattamente allo scadere dei nove mesi della protezione provvisoria.

18 - *Giornale di Fisica.*

Рис 29. Титульный лист патента Г. Маркони.

В дополнительном материале уже не содержится утверждение, что электромагнитные волны по земле и воде, а “Моё изобретение связано с передачей сигналов значениями электрических колебаний высокой частоты, распространяющихся в эфире”. Почему дополнительный материал поступил

через 9 месяцев после подачи заявки? Чем занимался Г. Маркони эти месяцы? Резонно предположить, что специалисты (У. Прис, Дж. Кемп и другие), работающие на Г. Маркони, в это время усиленно создавали необходимую приёмопередающую аппаратуру для демонстрации телеграфирования без проводов и проводили опыты с создаваемой аппаратурой. Это также показывает, что Г. Маркони в 1984 - 1885 годы никаких экспериментов с волнами Г. Герца не проводил.

На рисунке 30 приведена схема приёмного устройства из патента 12.039. На чертеже: J – рефлекторная антенна, I – когерер, P – якорь реле, при помощи которого встряхивается когерер, P1, P2, q, h2 – шунтирующие сопротивления, S – жидкостные сопротивления, g – батарея питания реле, r – батарея питания остальных элементов схемы. Из чертежа видно, что ничего принципиально нового в схеме нет, что главная идея встряхивать когерер посредством

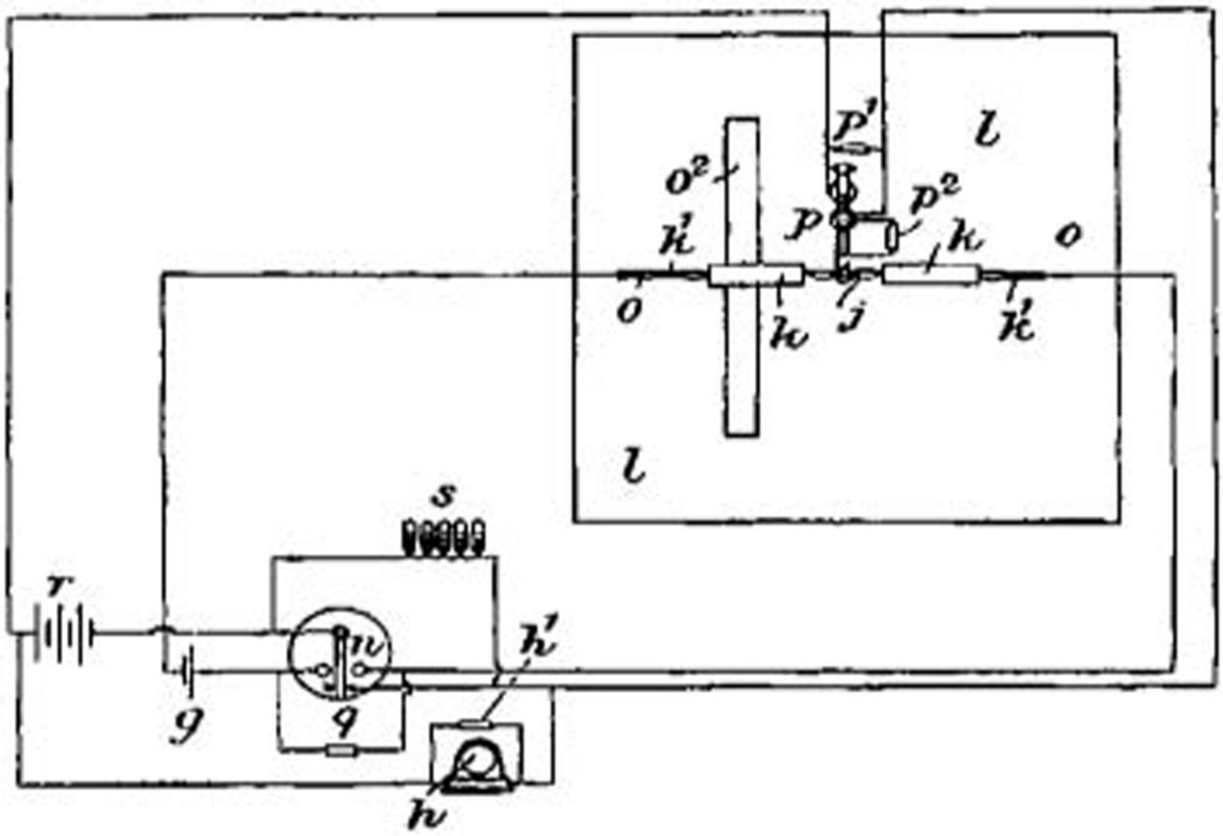


Рис 30. Схема приёмника Г. Маркони из патента 12,039.

обратной электромеханической связи – полностью заимствована у А.С. Попова.

По умолчанию, Г. Маркони на идею А.С. Попова и не претендует. Автор претендует лишь на некоторые усовершенствования. Например, на более чувствительный когерер или: у Попова когерер встряхивается молоточком звонка, а у Маркони – якорем реле. Может эти технические приёмы и дают некоторые преимущества, но суть электромеханической обратной связи

остаётся. В заявленном приёмнике используются два источника питания, а у А.С. Попова один, может, это тоже даёт некоторый выигрыш, например, в стабильности работы. В патенте об А.С. Попове ни слова. Г. Маркони делает вид, что он о русском изобретателе и не слышал. В патенте так же рассматривается несколько вариантов приёмных антенн.

Теперь представим ситуацию, что обратную электромеханическую связь придумал не А.С. Попов, а Г. Маркони, что в этом случае было бы главным в патенте Г. Маркони? Именно обратная связь и это было бы стержнем заявки. Это на долгие годы, по крайней мере, на весь период когерерной радиотехники, позволило бы Г. Маркони единолично производить приёмники, и он абсолютно властвовал бы на начальном этапе радиотехнического рынка. Но нет, он не рискнул присвоить чужую идею и ограничился только некими усовершенствованиями. Это говорит о том, что Г. Маркони знал главную суть приёмника А.С. Попова. У. Прис как опытный патентный эксперт во избежание скандала, посоветовал ему обойти этот момент. Некоторые биографы Г. Маркони концентрируют внимание на способности приёмника обладать некой избирательностью. Действительно, катушки индуктивности k_1 и конденсаторные пластины k, а так же паразитные ёмкости проводов могут образовать внутренний колебательный контур с некой резонансной частотой. Но какова частота этого контура? С другой стороны, приёмная антенна то же обладает какой-то резонансной частотой. Совпадают ли эти частоты? На этот вопрос в описательной части патента ответа нет, да и не может быть.

Что такое избирательность? Согласно физическому энциклопедическому словарю, избирательность это “... способность радиоприёмного устройства выделять сигналы выбранной радиопередающей станции из совокупности всех других сигналов. Нормальная работа радиоприёмника обеспечивается лишь в том случае, когда мешающее действие помех должным образом ослаблено”.

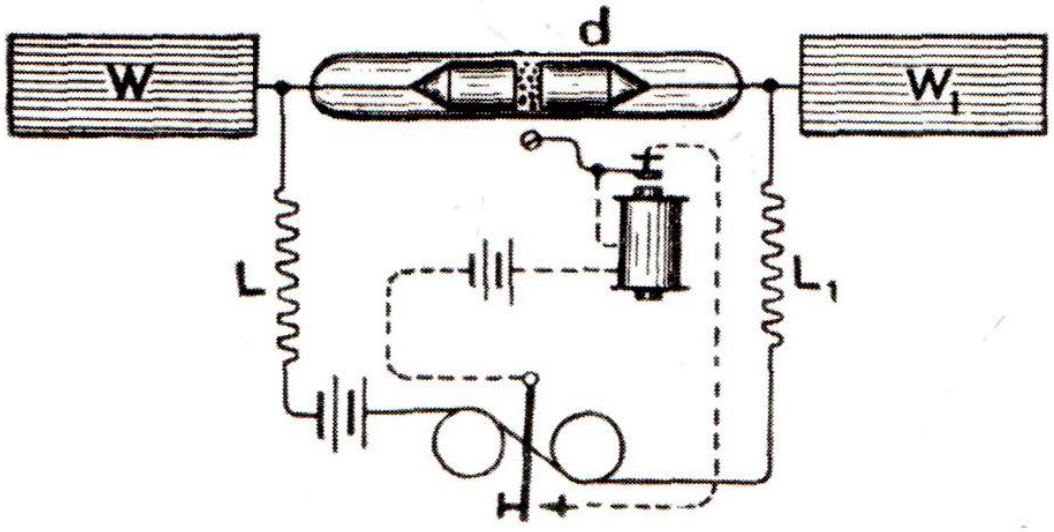


Рис 31. Усовершенствованный вариант приёмника Г. Маркони.

Допустим, приёмник Г. Маркони был способен выделить из сверхширокополосного искрового передатчика одну единственную частоту.

Если рядом будет работать другой искровой передатчик, то приёмноё устройство выделит эту же частоту другого передатчика. В таком случае другой передатчик будет выступать в роли помехи. Если рядом будет работать сто искровых передатчиков, то на вход приёмника будут поступать сто мешающих сигналов. О какой избирательности можно говорить в этих условиях?

Вариант приёмника, описанного в патенте, в дальнейшем не был использован по причине его несовершенства. Более совершенная схема приёмника появилась в работе W. H. Preec в журнале “The Electrician” [22] (рис. 31).

На рисунке 31: W, W1 – элементы приёмной антенны (вариант вибратора Г. Герца), d – усовершенствованный когерер, L, L1 – дроссели (см. схему В.В. Скобельцина).

Работает приёмник следующим образом. Положительный полюс основного источника питания подсоединён к чувствительному реле (см. чувствительное реле в приёмнике А.С. Попова). Отрицательный полюс батареи подсоединяется к чувствительному реле по цепи: L, d, L1. При отсутствии сигнала когерер имеет большое сопротивление, чувствительное реле не срабатывает. С приходом сигнала сопротивление когерера резко падает до единиц Ом. Чувствительное реле срабатывает, контакт замыкается, отрицательный полюс дополнительной батареи подсоединяется к силовому реле. Силовое реле притягивает якорь с ударником. Ударник бьёт по когереру, когерер восстанавливает своё большое сопротивление. Цепь силового реле размыкается. Приёмник вновь переходит в ждущий режим.

В этой схеме есть усовершенствования, но принципиально ничего нового нет. Здесь электромеханическая обратная связь, предложенная А.С. Поповым в полной мере применяется (при этом об авторе этого предложения опять ни слова). Как указывалось выше, именно обратная связь позволила принимать управляемый сигнал электромагнитного поля.

После получения патента события начали развиваться стремительно. Во-первых, ещё до получения патента на стадии подачи заявки У. Прис начал осторожно внедрять общественности мысль, что некий таинственный изобретатель, итальянец, изобрёл беспроводную связь. Но впервые слухи появились сразу же по приезде этого некого итальянца, когда правительство Великобритании законодательно в 1896 году выделило ему на оформление патента 600 ф.ст. После “разогрева” общественного мнения можно создавать акционерное общество. В 1897 году, после опубликования схемы приёмника и некоторых сведений относительно патента Г. Маркони, было образовано открытое акционерное общество “Wireless Telegraph Company, Ltd.” с уставным капиталом 100 000 ф.ст. Очень быстро компания преобразовалась в “Marconi’s Wireless Telegraph and Signal Co°, Ltd” с уставным капиталом уже в 300 000 ф.ст. В компании впервые в мире была образована научно-исследовательская и опытно-конструкторская лаборатория по радио. Были наняты талантливые инженеры, научным руководителем лаборатории, а потом и всей фирмы стал изобретатель вакуумного диода Дж. Флеминг. Г. Маркони получил полную свободу в финансовых вопросах в рамках новой компании. Для производства

экспериментальной радиоаппаратуры в 15 км от Лондона был основан завод, где работало 50 человек. Разумеется, завод принадлежал компании “Marconi’s…” Вот так взялись за радиодело в Английском королевстве. Другое дело в России - с её неповоротливым экономическим укладом, с личными моральными, деловыми и финансовыми возможностями А.С. Попова.

Определяющую роль в этих финансовых и деловых преобразованиях играл У. Прис – один из влиятельных владельцев акций компании. Но он заботился не только о собственной выгоде, но и о том, чтобы без проводная связь пошла именно из Англии. Ещё долго Г. Маркони будет зависеть от У. Приса, особенно в первые годы своей деятельность. Это У. Прис создал для Г. Маркони трамплин, чтобы тот смог стать всемирно известным радиодеятелем. У. Прис умер в 1913 году, но к этому времени Г. Маркони уже мог самостоятельно двигаться дальше, используя свою предпринимательскую энергию.

Повторив схему приёмника А.С. Попова и построив первую приёмопередающую систему, Г. Маркони уже никогда не переставал трудиться над её усовершенствованием. Занимался только этим делом. Параллельно, как одержимый, развил деятельность по внедрению радио в жизнь и получению доходов от производства радиоаппаратуры.

Дальность связи – вот основная задача, которая встала перед коллективом инженеров вновь образованной компании. Отсюда - технические усовершенствования приемопередающей аппаратуры, как своими техническими находками, так и использованием находок других электротехников (в основном других). Естественно, Г. Маркони был горячим поборником увеличения дальности связи. Это деньги, это прибыль в будущем - в этом смысл жизни его и компании. С точки зрения законов бизнеса, это нормальнее состояние. Перечислим успехи, достгнутые в этом направлении:

Дата сеанса связи	Расстояние связи в км.
Сентябрь 1896 г.	3
Март 1897 г.	12
Май 1897 г.	17
Октябрь 1897 г.	21
Март 1899 г.	70
Декабрь 1900 г.	286
Декабрь 1901 г.	3500

Декабрь 1901 стал знаменательным – впервые связь была осуществлена через Атлантический океан. Но есть сведения, что в 1901 году, Г. Маркони о своих успехах связи через Атлантический океан просто наврал. Кроме его устных заявлений, достоверных сведений на этот счёт нет. Нет протоколов за подписью свидетелей, нет статей в научной прессе. Более или менее устойчивая радиосвязь была налажена в 1902 году. После длительных экспериментов, по-настоящему устойчивую связь между Европой и Америкой он осуществил

лишь в 1907 году, в ночное время на длине волны в 3660 м. При этом вся технологическая и аппаратурная части были взяты у американского инженера Р. Фессендена. В эти годы была обнаружена способность радиоволн огибать кривизну Земли. Объяснил это явление О. Хевисайд. Он доказал, что в высоких слоях атмосферы существуют ионизированные слои, от которых обратно на землю отражаются радиоволны определённого диапазона. Отражение может быть многократным.

Что было до Г. Маркони? До него любые работы в области электромагнитных волн проводились ради науки. Никто из его предшественников не брал патентов, никто не занимался коммерцией на полученных результатах. Г. Маркони первый круто развернул научные достижения на путь коммерции. Причём это делал быстро, напористо, практически не считаясь ни с какими моральными принципами. То, что до него любые результаты в области электромагнитных волн рассматривались как объект научного исследования, он сделал объектом личного обогащения. Г. Маркони сполна воспользовался плодами многочисленных исследователей, работавших до него в области электричества. Их гений стал для него средством наживы. Г. Маркони в области беспроводной связи стал первым собственником, который захватив часть общего достояния, крикнул: “Не трожь, это моё!”. “Это моё” он старался оградить патентами. Часто патентовал чужие идеи, в связи с чем часто был ответчиком в судебных разбирательствах. Н. Тесла открыто называл Г. Маркони жуликом, укравший у него 17 идей в области беспроводной связи. О. Лодж так же публично обвинил Г. Маркони в использовании его идей. Г. Маркони, где только можно, старался “перекрыть кислород” конкурентам не только патентами, но и мощью своей корпорации. Начиная с XX века, когда радиотехника приобрела промышленные масштабы, Г. Маркони и его корпорация, по сути, захватили монополию в деле распространения радио. Корпорация много лет была ведущей в области радиосвязи, её филиалы появились практически во всех уголках мира. В конечном итоге, монополия стала тормозом в развитии этой отрасли.

В характере Г. Маркони сочетались талантливый организатор, ловкий делец и корыстный стяжатель. Такое поведение Г. Маркони возмущало научную общественность, оно его окружило стеной презрения. Учёными Г. Маркони никогда не признавался, всем он представлялся только как делец от радио, как пионер радиобизнеса. С самого начала, как только была образована корпорация его имени, Г. Маркони завёл прядок: весь интеллектуальный продукт, производимый в рамках корпорации, принадлежит ему. Сотрудникам, произведшим этот продукт, он платил деньги. Редко он отступал от этого правила.

Существует много факторов, определяющих наше поведение в жизни. Один из факторов, сильно влияющий на поведение человека, это так называемый комплекс неполноценности. Этот комплекс заметно, а иногда полностью определяет успехи или неуспехи в жизни того или иного человека. .

Комплекс неполноценности в современном определении - это совокупность психологических и эмоциональных ощущений человека,

выражающихся в чувстве собственной ущербности и иррациональной вере в превосходстве окружающих над собой.

Первым, кто исследовал и описал комплекс неполноценности, был венский психоаналитик Альфред Адлер.

Существует много симптомов комплекса неполноценности. Один из них, это демонстрация сигналов, которыми страдающий комплексом человек пытается обратить на себя внимание остальных людей.

Существует много способов и компенсации комплекса неполноценности. Один из них проявляется в комплексе превосходства: это может выражаться в саморекламе, в хвастовстве, в упорном стремлении занять высокую должность и тем самым обратить на себя внимание и т.д.

Благодаря своей огромной энергии Г. Маркони быстро оказался на вершине общества – миллионер, лауреат Нобелевской премии, мировая известность и это в 35-40 лет. Но одну вершину он преодолеть не мог. Научное сообщество упорно не признавало его как учёного. Для сообщества он был беспардонный радиоделец. Интеллектуальное непризнание Г. Маркони ведущими учёными физиками и электротехниками того времени сильно тяготило его. У него сформировался комплекс неполноценности. Поскольку он привык преодолевать социальные вершины, то эту вершину он подсознательно решил тоже взять. Но как? Интеллектом учёного он взять не может – безграмотен. Как энергичный радиопредприниматель – но эта вершина уже покорена. Оставалась одна незаполненная им ниша – политическая. Заниматься политикой он начал в 1914 году, сделавшись сенатором в Италии. Г. Маркони принял идеологию фашизма. В 1922 году вступил в фашистскою партию Италии, в конечном итоге, стал членом Большого совета (по-советски политбюро) партии. Был лучшим другом Бенито Муссолини. В 1926 году поменял вероисповедание, был протестантом (его мать протестантка), стал католиком (все однопартийцы были католиками). Не без влияния Б. Муссолини, в 1930 году был избран Президентом Королевской академии наук в Италии. Г. Маркони безоговорочно поддерживал репрессивный режим Б. Муссолини. Был сторонником захвата Италией Эфиопии в 1935 году. Разъезжал по миру защищая, политику Муссолини в Италии.

Награды: Кавалер Большого креста ордена Короны Италии.
Великий офицер ордена Святых Маврикия и Лазаря.
Кавалер Савойского гражданского ордена.
Кавалер Большого креста ордена Сантьяго и меча.

И здесь Г. Маркони достиг возможной для него вершины (не важно, какими средствами). Дальше двигаться было некуда. В последние годы Г. Маркони практически отошёл от дел и постоянно проживал в Италии.

Умер 20 июля 1937 года (в 63 года). Б. Муссолини был первый из официальных лиц, кто высказал свою печаль по этому поводу. В гроб Г. Маркони положили в униформе Президента академии наук со знаками отличия нацистского члена Большого совета. По приказу Б. Муссолини в городе Сассо (17 км. от г. Болонья) был изготовлен большой мавзолей-бункер, там и похоронили усопшего, где он покоится до сих пор.

Почему Б. Муссолини и Г. Маркони дружили? Дружат, как правило, на основе чего-то существенного, общего. У этих людей общим оказался комплекс неполноценности. Б. Муссолини, как всякий диктатор, нуждался в оправдании своей власти. Он стремился, чтобы в его партии были люди с мировой известностью. По его мнению, присутствие таких людей подтверждало правильность выбранного им курса. Между тем, кончил Б. Муссолини печально: был повешен итальянцами... верх ногами.

Г. Маркони своей дружбой с фашистами и лично с Б. Муссолини ещё раз доказал, что он - не учёный. Ибо настоящий учёный не будет сотрудничать с фашистами, мировая история науки доказала это.

Так что же сделал для радио Г. Маркони? Очень много! Он был успешным предпринимателем в организации экспериментов, производства и распространении радиоаппаратуры. Он первый сделал радио объектом бизнеса. Сделал стремительно. Пока деловая и научная общественность негодовала и переваривала этот факт, Г. Маркони захватил большую часть рынка. И началась радиоэлектронная гонка, жёсткая конкуренция, стремительное развитие сначала радио, а вскоре и электроники в целом.

Но кто же изобрёл радио? Попов? Маркони? По мнению автора, это сделал не один человек. Каждый учёный и изобретатель вложил в это чудо двадцатого и двадцать первого веков свою посильную лепту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Франклин. Опыты и наблюдения над электричеством. М.: Изд-во АН СССР, 1956 - С. 100-152.
2. Дж. К. Максвелл. Динамическая теория электромагнитного поля. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И. Мандельштама. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - С. 72-84.
3. Дж. К. Максвелл. Эфир. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И. Мандельштама. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - С. 104.
4. Г.Р. Герц. О весьма быстрых электрических колебаниях. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И. Мандельштама. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1948 - С. 131-148.
5. О.Дж. Лодж. Творение Герца. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных и статей и материалов. Вып. 1. Под. ред. Л.И.Мандельштама. - М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1948 - С. 424-445.
6. БСЭ, 2-е изд., Т. 35, 1955 г.
7. Международный Союз Электросвязи. Регламент радиосвязи. Т. 1. – М.: Радио и связь, 1985.
8. БСЭ, 3-е изд., Т. 21, 1975.
9. N. Tesla. U.S. patent No 454622. Date of application 25 April 1891.

10. W. Crookes. Some Possibilities of Electricity. – “Fortnightly Review”, UK, London, vol. 51, No. 302, 1892, p. 173.
11. В.Дж. Крукс. Некоторые возможности применения электричества. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И. Мандельштама. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948 - С. 416-420.
12. Ф. Кальцекки-Онести. Об электропроводности металлических опилок. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И. Мандельштама. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948 - С. 350-352.
13. Э. Бранли. Изменения проводимости под различными электрическими воздействиями. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И.Мандельштама. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948 - С. 353-355.
14. Из реферата о заседании Британской ассоциации. // Из предыстории Радио. Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. Под ред. Л.И. Мандельштама. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948 - С. 445.
15. “Кронштадский вестник”. № 51(4156) 1895, 30 апреля - С. 1.
16. А.С. Попов. Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям. Журнал РФХО. Вып. 8. Часть физическая. 1896. - С. 259-260.
17. А.С. Попов. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний. Журнал РФХО. Вып. 1.Часть физическая, отд. 1. 1896. – С. 1-14.
18. Д.А. Лачинов. Основы метрологии и климатологии. Изд-е 2-е, СПб., 1895.
19. В.В. Скобельцин. Прибор А.С. Попова для регистрирования электрических колебаний. “Почтово-телеграфный журнал”. Отдел неофициальный. 1886, апрель. - С. 547-549.
20. G. Marconi. Improvements in transmitting electrical impulses and signals, and in apparatus therefore. Brit. pat. № 12039. Date of application 2 June 1896. Complete specification left 2 March 1897. Accepted 2 July 1897.
21. G. Marconi. Complete specification to Marconi’s patent № 12039. Date of application 2 March 1897.
22. W.H. Preece. Signalling through space without wires. “The Electrician”, 1897, vol. 39, 11 June, p. 216-218.

Воронеж 2014