

Открытие электромагнитных колебаний

Материал для урока в 11 классе

- Для передачи человеческого голоса необходимы **незатухающие электромагнитные колебания**. Все попытки применить для этих целей модернизированные искровые генераторы электромагнитных волн не дали ощутимого результата. Внимание ученых привлекла электрическая дуга, открытая русским физиком **Василием Владимировичем Петровым** еще в начале XIX века. Благодаря этому открытию был создан первый радиопередатчик незатухающих колебаний, который позволил передать речь и тем самым открыть эру радиовещания.

Предполагаемый портрет В.В Петрова



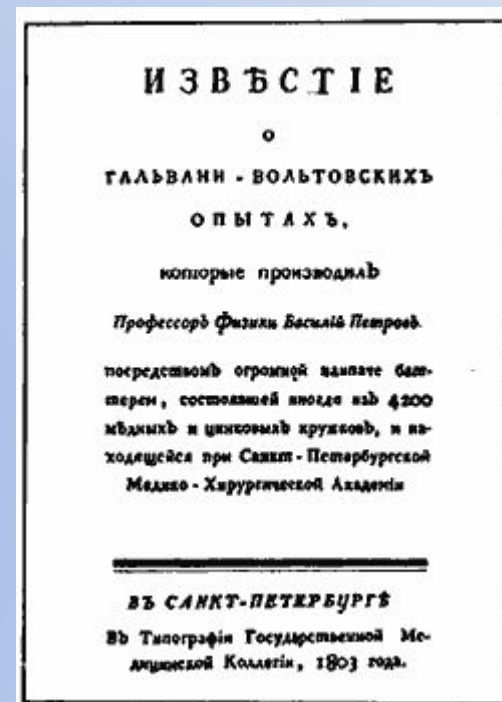
В 1802 году В. В. Петров с помощью своей гальванической батареи впервые в мире открыл явление электрической дуги.



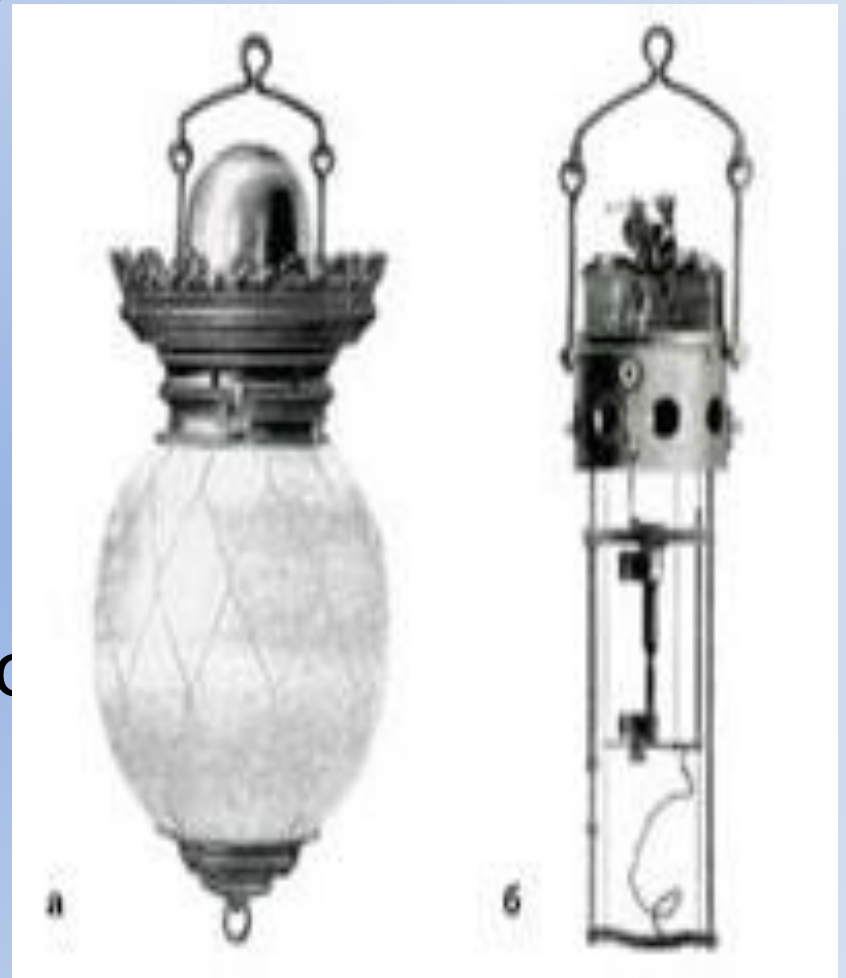
Свое открытие ученый описывает следующим образом

- «Если на стеклянную плитку или на скамеечку со стеклянными ножками будут положены два или три древесных угля, способные для произведения светоносных явлений посредством гальвани-вольтовской жидкости, и если потом металлическими изолированными направителями (directores), сообщенными с обоими полюсами огромной батареи, приближать оные один к другому на расстояние от одной до трех линий, то является между ними весьма яркий белого цвета свет или пламя, от которого оные угли скорее или медленнее загораются и от которого темный покой довольно ясно освещен быть может».

- Результаты своих исследований В. В. Петров опубликовал на русском языке в виде монографии «Известие о гальвани-вольтовских опытах», посвященной описанию нового источника тока и опытов с ним. Работа была издана в типографии Государственной медицинской коллегии в Санкт-Петербурге в 1803 году.



- В.В. Петров подробно исследовал свойства электрической дуги и высказал предложения об ее практическом использовании, в частности для освещения. Исследования ученого положили начало работам по практическому применению электричества.



- Стоили такие лампы дорого, горели недолго и для широкого использования не годились. Наиболее удачную конструкцию дуговой лампы без регулировки предложил в 1875 году начальник телеграфа Московско-Курской железной дороги **Павел Николаевич Яблочков.**

- Каждая такая свеча стоила около 20 копеек и горела 20 минут, после чего приходилось вставлять в фонарь новую свечу. Впоследствии были предложены фонари с автоматической заменой свечей.

- Однако у электродугового освещения были и отрицательные стороны. Например, вызывал раздражение постоянный свистящий **звук**, издаваемый ими при горении. Еще первооткрыватель электрической дуги В. В. Петров заметил, что при больших значениях постоянного тока дуга начинала шипеть. При питании же дуги переменным током она издавала определенный тон в зависимости от частоты тока.

- Решением проблемы «жужжания» электрической дуги занимались ученые разных стран, но наиболее значительные результаты были получены в Великобритании и Германии. Первое научное направление, как это ни удивительно, возглавила женщина — ***Херта Айртон***



- В 1899 году доклад Херты Айртон «Шипение электрической дуги» (The Hissing of the Electric Arc) в Лондонском королевском обществе был отмечен призом в 10 фунтов стерлингов. Следует сказать, что это был первый случай выступления женщины в стенах столь авторитетного научного учреждения.

- В 1906 году Х. Айртон получила от Лондонского королевского общества медаль Хьюза (Hughes Medal)¹ за экспериментальные исследования электрической дуги, а также за исследование явления формирования ряби песка и песчаных наносов вследствие воздушных вихрей (по сей день она остается единственной женщиной — лауреатом этой престижной премии). За шесть лет, с 1913 по 1918 год, Херта Айртон получила восемь патентов.

Медаль Хьюза



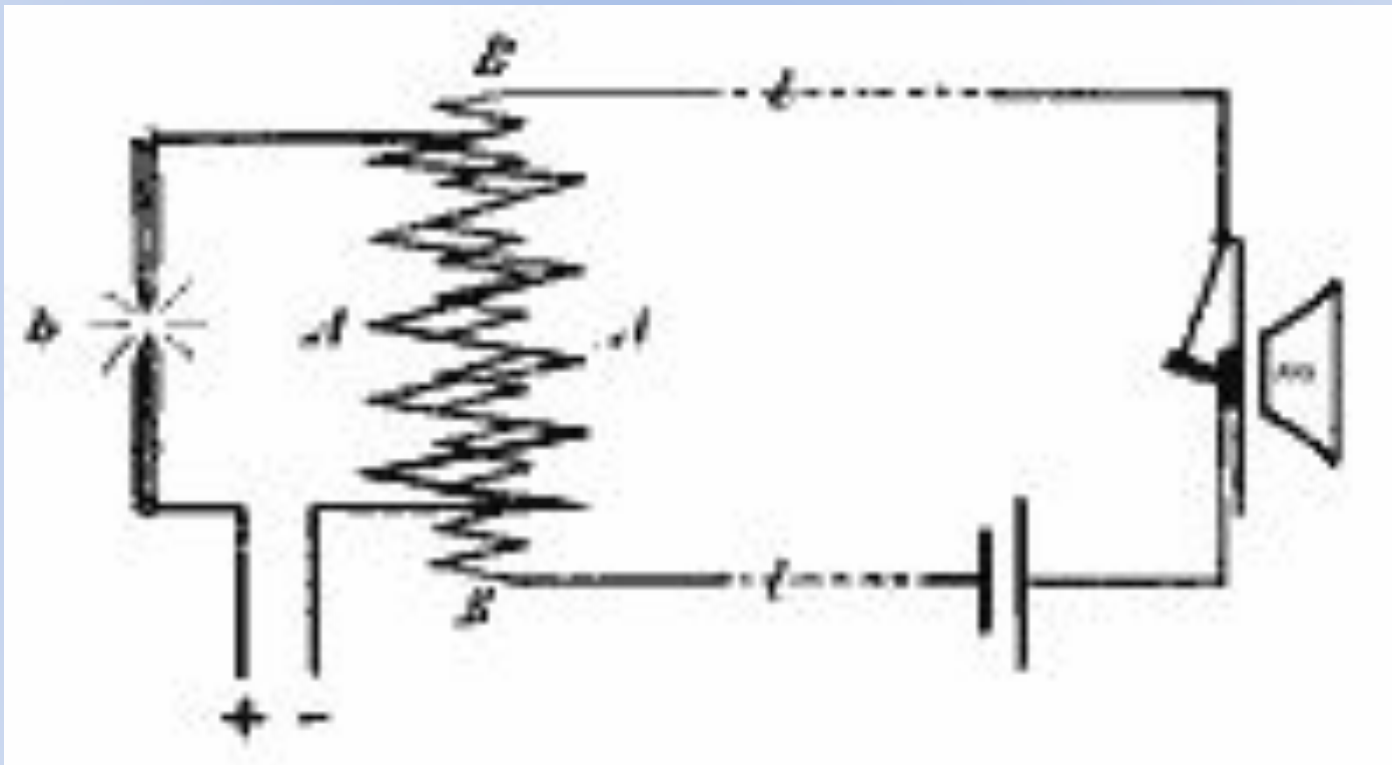
Поющая дуга

- Этот необычный источник света привлек к себе внимание многих ученых и позволил сделать немало научных открытий. Так, немецкий физик Герман Симон (Hermann Theodor Simon, 1870-1918) из Эрлангенского² физического института (Erlanger Physikalischen Institute) во время экспериментов в 1897 году заметил, что каждый раз, когда в соседней комнате включали индукционную катушку, дуговая лампа издавала звук. Причину он увидел в колебаниях электрического тока в подводящих к лампе проводах

- Пытаясь добраться до сути, ученый обнаружил, что недалеко от проводов параллельно им располагалась **катушка индуктивности**. При включении катушки ее магнитное поле оказывало влияние на протекающий в подводящих проводах электрический ток, пульсации которого изменяли температуру нагрева электрической дуги, что и приводило к появлению звуков.

- Это навело ученого на мысль подсоединить к электрической дуге микрофон. Эксперимент Симона удался — электрическая дуга «заговорила».

Схема эксперимента Германа Симона «Поющая дуга». 1897 год



- В 1899 году вопросом устранения звука низкой частоты, исходящего от электрических дуговых ламп, занялся инженер-электрик Вильям Дуддель (William du Bois Duddell, 1872-1917), который, как и Х. Айртон, работал в Лондонском институте инженеров-электриков.

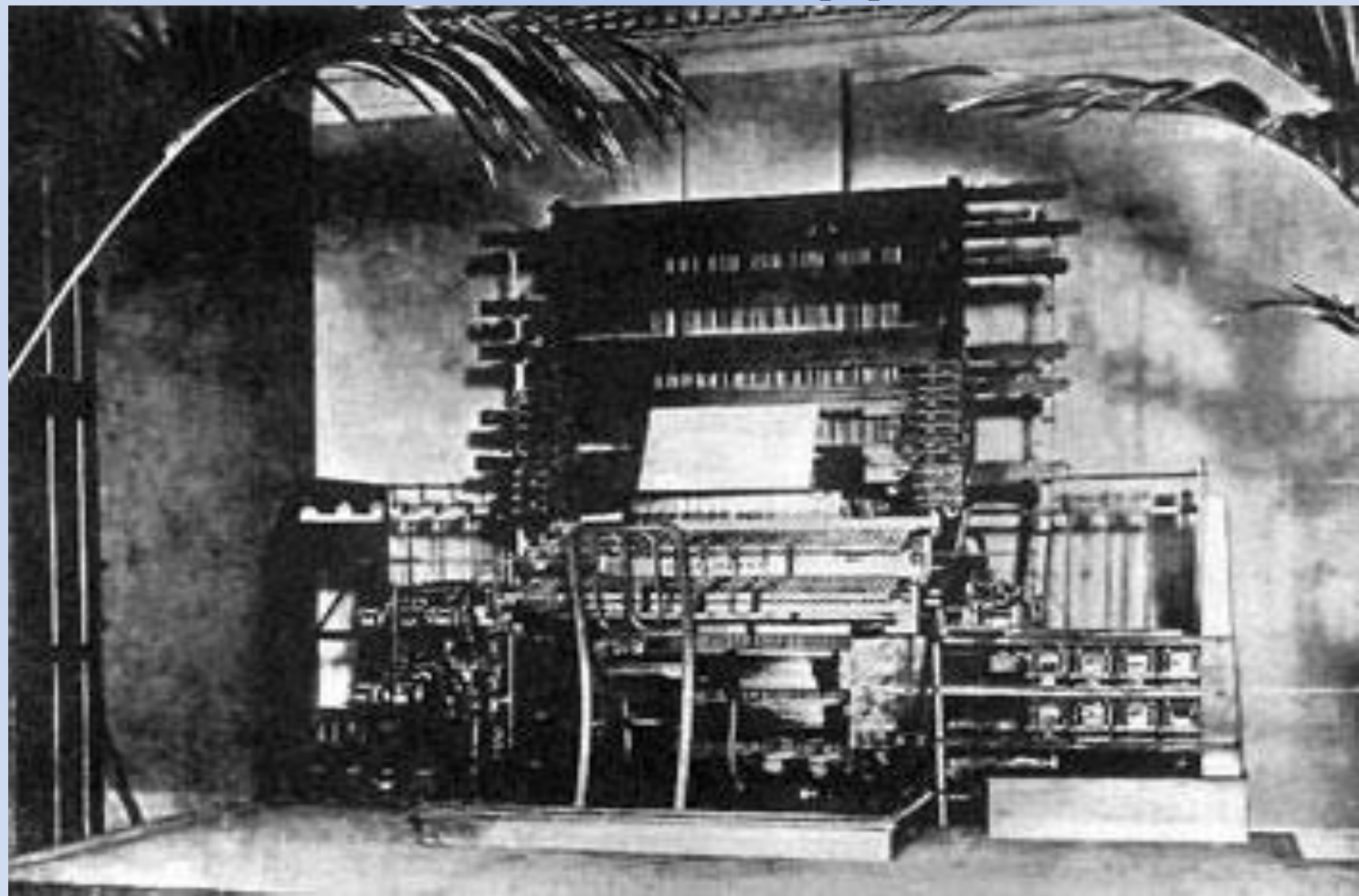


- Дуддель знал не только об опытах Симона, но и попытках некоторых ученых включать в цепь дуговой лампы конденсаторы и катушки индуктивности, что давало мало эффекта — лампы по-прежнему жужжали.

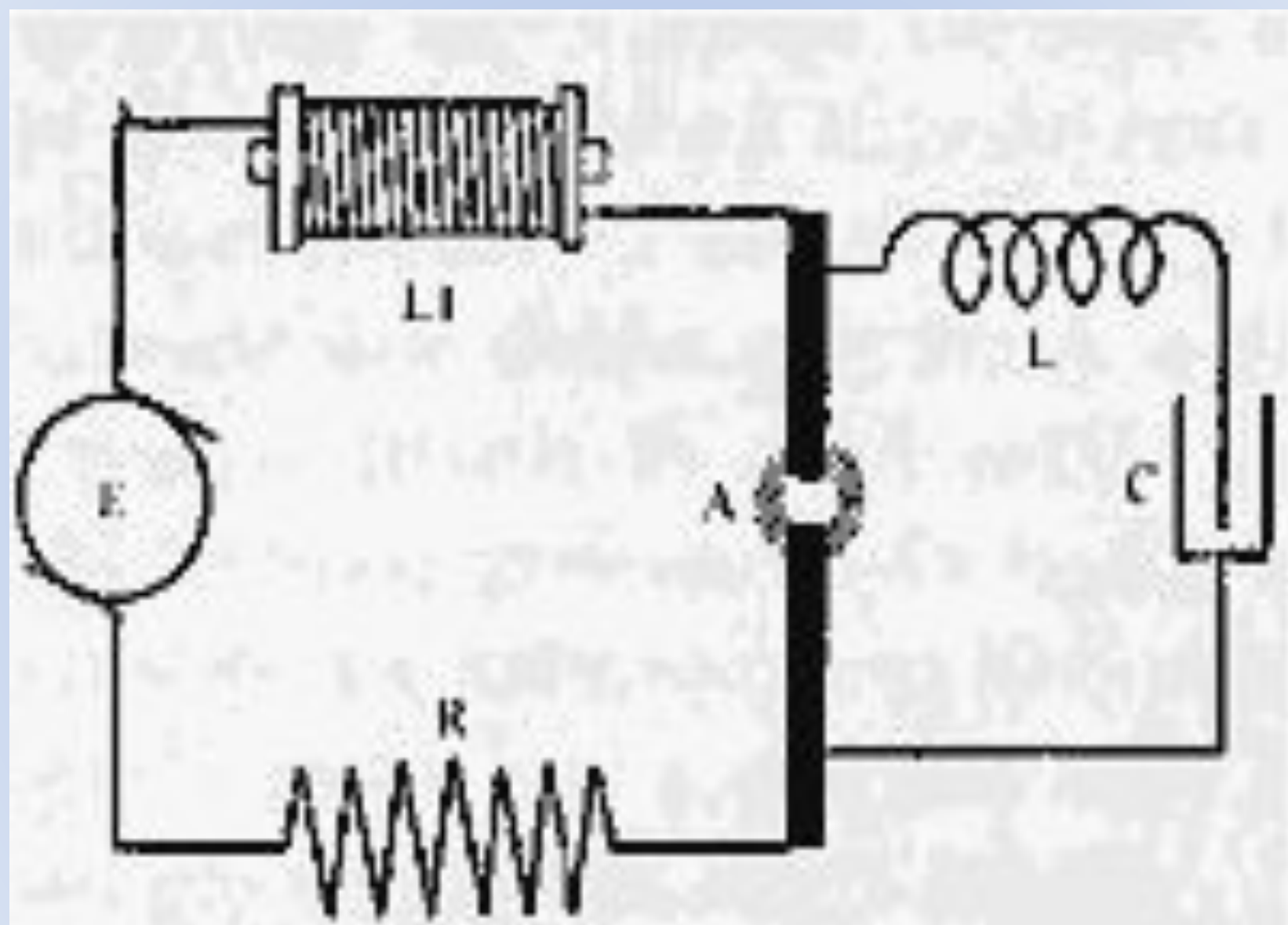
- о время экспериментов с электродуговой лампой ученый установил, что, изменяя величину питающего напряжения дуговой лампы, можно управлять частотой издаваемого ею звука, а также уровнем шума. Это навело его на мысль присоединить к дуговым лампам специальную клавиатуру и создать один из первых электронных инструментов, воспроизводящих слышимые звуки в аудитории без использования для этого каких-либо электротехнических или телефонных устройств

- Автор необычного музыкального инструмента обрел известность, но не получил никаких дивидендов — свое изобретение он даже не запатентовал. И только через десять лет возможности «поющей дуги» вновь нашли применение: американец Тадеус Кахилл (Thaddeus Cahill, 1867-1934) продемонстрировал первый электромusикальный полифонический инструмент — телгармониум (Telharmonium), прообраз современных синтезаторов.

Телгармониум Тадеуса Кахилла. 1910 год



- В 1900 году Вильям Дуддель присоединил последовательный колебательный контур к угольным электродам дуговой лампы, сделав свое главное открытие: он обнаружил, что дуга издает звуки с частотой, зависящей от элементов колебательного контура, и эта частота может быть вычислена по известной формуле Томсона: $f = 1 / (2\pi \sqrt{LC})$, где f — частота колебаний, L — индуктивность катушки, C — емкость конденсатора.



- Таким образом, Дуддель не только нашел способ управления тоном (частотой) электрической дуги, но и сконструировал генератор незатухающих электромагнитных колебаний, который питался от динамомашины постоянного тока в 3,5 А при напряжении 42 В.

- В экспериментах с дуговым генератором В. Дуддель использовал оригинальной конструкции электромагнитный осциллограф, изобретенный им в 1897 году. Это позволило показать синусоидальный характер электромагнитных колебаний дугового генератора, а также исследовать влияние величины емкости конденсатора и индуктивности катушки на форму колебаний.

- Электромагнитные колебания, полученные по методу В. Дудделя, хотя по мощности оказались не такими сильными, как при способе Г. Герца, зато имели почти постоянную амплитуду, то есть представляли собой незатухающие колебания.

- В 1913 году за научные заслуги Вильям Дуддель был избран членом Лондонского королевского общества (The Royal Society of London), президентом IEE и опекуном Благотворительного фонда (Benevolent Fund). Помимо изобретения дугового генератора электромагнитных колебаний, ученый известен как изобретатель и конструктор различных научных физических инструментов, в частности осциллографа для фотографического контроля частот звуковых волн, термо-амперметра, термо-гальванометра для измерения малых электрических токов (позже стал использоваться для измерения токов антенн) и магнитного прибора для калибровки баллистических гальванометров.

- В связи с этим Лондонское королевское общество в 1923 году, через пять лет после смерти ученого, учредило памятную бронзовую медаль Дудделя (Duddell medal), которая ежегодно присуждается тому, кто внес существенный вклад в развитие физики, включая изобретение или конструирование научных инструментов, с помощью которых получены новые результаты. Вместе с наградой выдаются свидетельство и денежный приз в размере 1000 фунтов стерлингов.

Памятная бронзовая медаль Дудделя (Duddell medal)



- Проводя исследования с дуговым генератором, В. Дуддель определил, что для получения мощных незатухающих электромагнитных колебаний емкость конденсатора в последовательном контуре должна составлять минимум 1 мкФ. При большей емкости не удавалось достичь более высоких частот, пригодных для радиотелеграфии

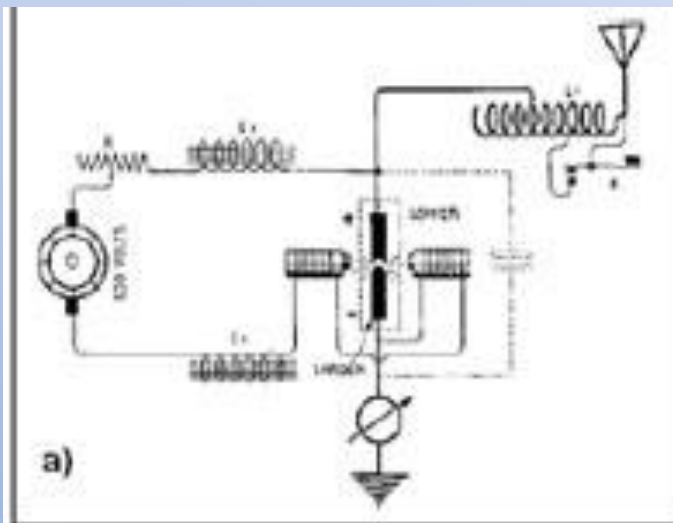
- В. Дуддель вначале предполагал, что дуговой генератор его конструкции может быть использован для получения незатухающих колебаний, пригодных для радиосвязи. Однако после экспериментов 1903 года он пришел к заключению, что электрическая дуга не может быть использована для получения радиочастот. На основании своих расчетов ученый определил, что значение 100 кГц является верхним пределом частоты дугового генератора, что было недостаточно для осуществления радиосвязи.

- Сегодня уже трудно сказать, что подвигло датского инженера Вальдемара Паульсена (Valdemar Poulsen, 1869-1942) превратить дуговую лампу в первый эффективный генератор незатухающих радиоволн. Интересно, что, работая в Копенгагенской телефонной компании (KTAS) и будучи уже всемирно известным изобретателем магнитофона (тогда — «телеграфон»), он не проявлял особого интереса к радиосвязи.

- Услышав однажды о «поющей» дуге Дудделя, Паульсен заинтересовался ею и во время испытаний заметил, что частота колебаний увеличивается, если дуга находится в парах спиртовки (позже он шутил, что на это его надоумил «возбуждительный эффект» алкоголя).

- В 1902 году В. Паульсен запатентовал конструкцию дугового генератора с использованием газовой атмосферы (Poulsen V. Dan. Pat. No. 5590, 1902). После этого в течение двух лет он запатентовал свое изобретение еще в 13 странах мира. (Заметим, электрическая схема дугового генератора Паульсена не особенно отличалась от схемы Вильяма Дудделя).

**Схема дугового передатчика
конструкции
Вальдемара
Паульсена
(а) и его общий
вид (б). Lyngby.
1903 год**

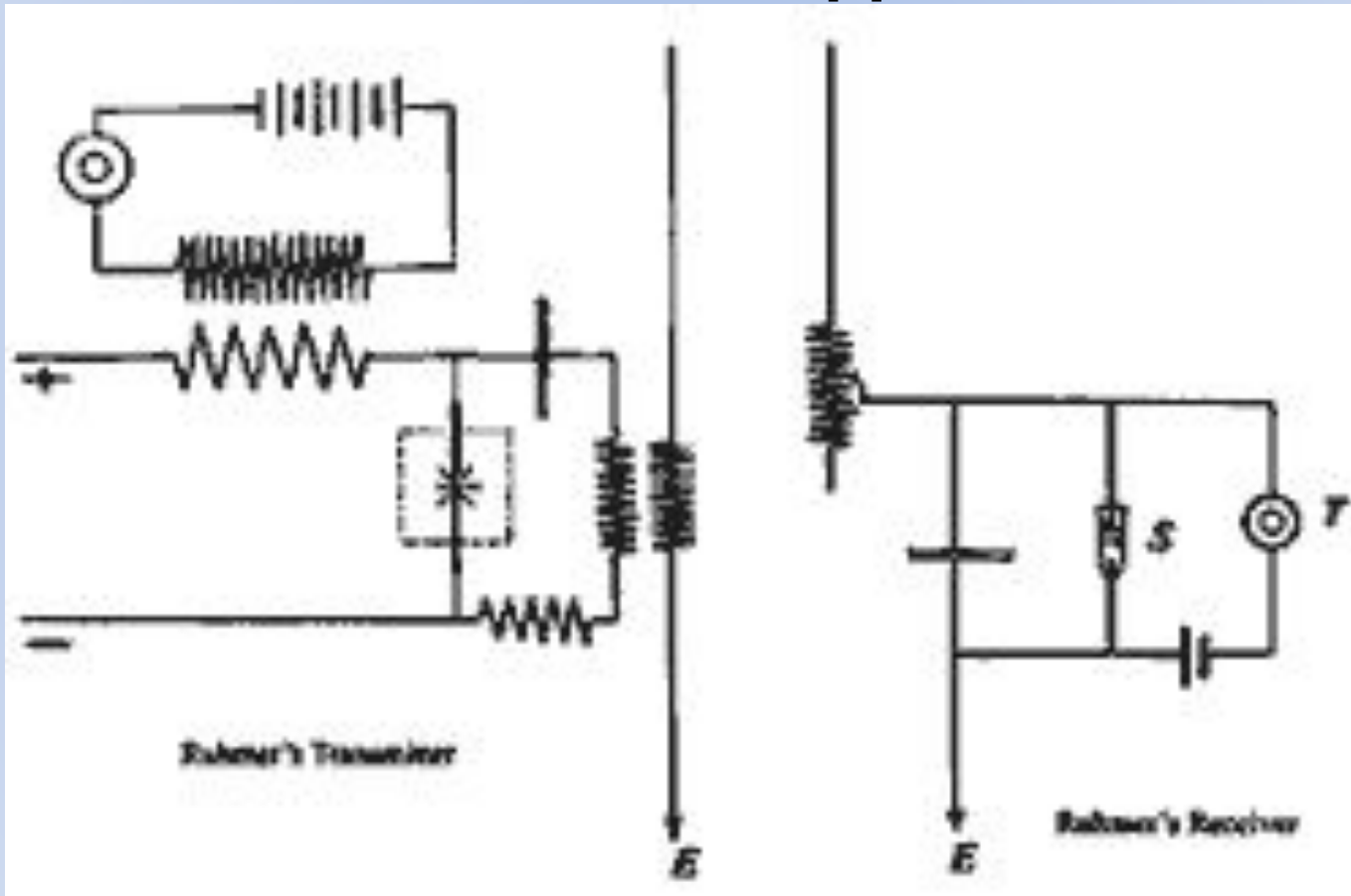


В. Паульсен и его ассистент П. Педерсен. 1915 год



- К попыткам построить простой и дешевый генератор следует отнести и оригинальную конструкцию немецкого ученого Эрнста Румера (Ernst Ruhmer, 1878-1913), взявшего на нее патент в 1907 году.

Система электродуговой беспроволочной телефонии Э. Румера. 1906 год



В 1906 году Румер предложил свою систему беспроводной телефонии с использованием дугового передатчика и электролитического детекторного приемника. В передатчике была использована дуговая лампа постоянного тока в водородной атмосфере. В лабораторных экспериментах в качестве антенны применялся вертикальный провод длиной 1,5 м — с такой антенной передатчик позволял передать речь на расстояние 30 метров .

- Дуговой передатчик Паульсена не имел коммерческого успеха в Дании, так как этой скромной по размеру стране не нужна была дальняя беспроводная связь. К тому же Большая скандинавская телеграфная компания (Great Nordic Telegraph Company), дабы убрать конкурента и таким образом защитить свою дорогую кабельную сеть, купила некоторые права на этот передатчик.

- В России, на родине открытия электрической дуги, работы по использованию дуговых передатчиков для получения незатухающих высокочастотных электромагнитных колебаний были начаты, как только вышли публикации В. Дудделя в английском журнале «The Electrician» и провел свои эксперименты В. Паульсен. Исследованием физических процессов в электрической дуге занимался профессор Санкт-Петербургского политехнического института Владимир Федорович Миткевич (1872-1951)

- дуговой генератор конструкции Вальдемара Паульсена стал первым источником незатухающих колебаний, нашедшим практическое применение для осуществления радиопередач. Он послужил реальным устройством для экспериментов с радиотелефонией и радиовещанием в период 20-30-х годов XX века. В ноябре 2000 года члены Ассоциации датских инженеров и Международной ассоциации развития (IDA) определили дуговой передатчик Паульсена как самое выдающееся инженерное достижение датской науки XX столетия

- Спасибо за внимание!