

Из ранней предыстории радио

В. МЕРКУЛОВ, г. Москва

В статье кратко рассказано о важнейших научно-технических событиях, предшествовавших открытию высокочастотных электромагнитных колебаний.

1600. Многие отечественные и зарубежные исследователи усматривают начало отсчета долгого пути к становлению феномена, названного "радио", в работах английского физика и врача королевской семьи У. Гильберта (1544—1603), занимавшегося планомерным изучением магнитных и электрических возмущений. За примерно 18 лет проведенных за свой счет исследований он выявил два полюса у магнитов, отталкивающие одноименные концы других намагниченных предметов и, наоборот, притягивающие разноименные, способность

Австралии) находится аналогично смещенный Северный магнитный полюс.

Издавна была известна способность предварительно натертого янтаря притягивать малые предметы. Подобную склонность Гильберт обнаружил также у алмаза, кварца, сапфира, серы, стекла (хрусталя) и др. Сконструированным им индикатором-версором он научился более наглядно демонстрировать эту их спо-

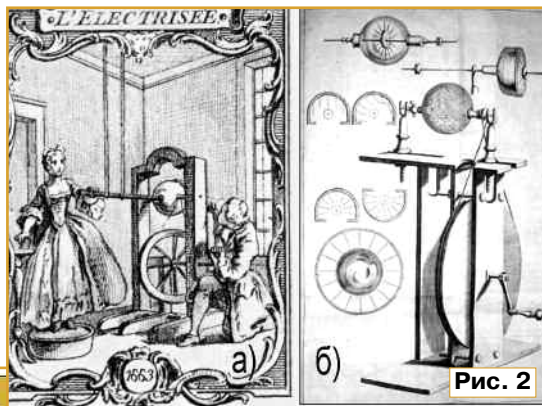


Рис. 2

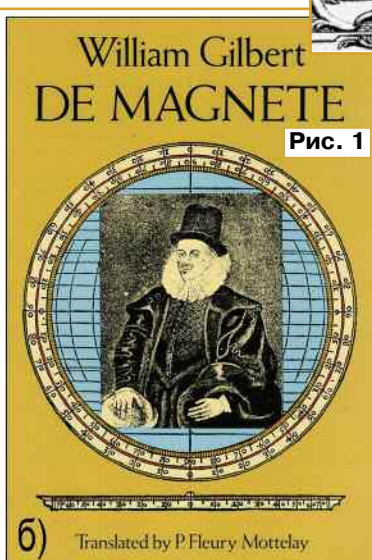


Рис. 1



Рис. 3

намагничивать железные предметы, вошедшие с ними в соприкосновение или близко расположенные, обнаружил увеличение силы притяжения при тщательном выравнивании их поверхности. Он наблюдал изменения показаний стрелки компаса в различных точках сферы действия подвешенного намагниченного шара из цельного железа, после чего заявил об идентичном поведении прибора при передвижениях его по поверхности Земли. Отсюда он сделал вывод о подобии земного шара помещенному в пустоту гигантскому магниту с полюсами, ориентировочно совпадающими с географическими.

Отметим, что в настоящее время географическому Северному полюсу планеты соответствует смещенный на 2000 км Южный магнитный полюс с местонахождением на острове Батерст Арктического архипелага Канады. И наоборот, в окрестностях Южного полюса Земли в море д'Юрвиля у берегов Восточной Антарктиды (со стороны

способность. Такие специфические материалы он стал называть "электрическими" (от лат. electricus — янтарный), введя в обращение, как показало будущее, очень важный термин. В дополнение к исходящему еще от Аристотеля (384—322 гг. до н. э.) и культивируемому его последователями созерцательному взгляду на природу Гильберт провозгласил метод познания истины через опыт (эксперимент). Свои научные работы он обобщил в фундаментальном трактате "О магните", изданном в 1600 г. На рис. 1,а показана обложка второго издания фолианта (1628), на рис. 1,б — современного (на английском языке).

1663. 1686). О. фон Герике (1602—1686), обер-бургомистр из Магдебурга (Германия), изготовил первый электростатический генератор — вращающееся от ручного колесного привода шаровое тело из серы, натиремое руками (рис. 2,а). Он обнаружил исходящие от заряженного шара

потрескивающие искры, светящиеся в темноте. В 1705 г. британский ученый Ф. Хуксби (1666—1713) повысил "мощность" генератора Герике, установив в нем стеклянный шар (рис. 2,б).

1745. Родившийся в Дании П. ван Мушенбрук (1692—1761) получил медицинское образование в университете г. Лейдена (Королевство Нидерланды), после чего там же работал преподавателем. Вместе со своим сту-

дентом голландцем А. Кюнеусом он увлекся электростатикой. Применив генераторы Герике и Хуксби при изучении электрических свойств веществ, в частности воды, частично заполнявшей стеклянную колбу, в начале 1745 г. они обнаружили способность сосуда сохранять заряды. Устройство назвали "Лейденской банкой". В конце 1745 г. в Германии на заседании Берлинской Королевской академии наук немецкий юрист и физик Е. С. фон Клейст (1700—1748) доложил об изобретении им аналогичной по возможностям "Клейстовой колбы". Позднее английские ученые В. Ватсон (1715—1787) и Дж. Бевис (1695—1771) предложили поместить оловянную фольгу на внутренней и наружной поверхностях "банки" (рис. 3).

1760. Французский физик и директор Ботанического сада в Париже Ш. Дюфе (1698—1739) первый высказал суждение об электрическом происхождении молнии (и грома). В своих исследованиях он

пользовался уже электрометром, измеряющим "электрическую силу". Великий английский физик, математик и астроном И. Ньютон (1642—1727) также полагал, что излучаемые натертым янтарем искры схожи с молниями.

Американский исследователь атмосферного электричества Б. Франклин (1706—1790) экспериментально доказал, что молнии, возникающие в небе, идентичны искрам, видимым от разряда Лейденской банки и от соприкосновения металлической иглы с потертым о шелк янтарем или стеклом. Франклин, возможно, был первым человеком, не раз управлявшим перемещением электрического разряда на заметное расстояние. Так, например, на пикниках в долине реки Скулкилл, вблизи г. Филадельфия (штат Пенсильвания), он изумлял присутствующих одновременным поджиганием спиртовок от переносимых посредством воды разрядов Лейденских банок, располагавшихся на разных берегах речного потока, от которых затем разжигал огонь в вертелах для зажаривания индеек [1]. Франклин первым предложил понятия положительного и отрицательного электричества, использовал в обращении термины "батарея", "заряд", "разряд", "конденсатор", "обмотка", "проводник".

Эксперименты с установкой первых молниеотводов (громоотводов) Франклин проводил в 1760 г. Через 20 лет в Филадельфии ими были защищены около 400 высоких зданий. Заметим, что в Европе в отдельных странах уже было известно о возможности нейтрализации грозных разрядов поставленными на крышах домов выступающими металлическими штырями. В России "падающую" Невьянскую башню (вблизи г. Екатеринбург) оснастили заземленным шпилем примерно за 25 лет до первых молниеотводов Франклина. Однако Парижская Академия наук во Франции их не признавала. И только в 1872 г. научных авторитетов переубедил удар молнии в оставшееся без грозозащиты здание гостиницы французского посольства в Филадельфии, разрушивший постройки и погубивший людей.

Родился Франклин в семье эмигрировавшего из Англии мелкого переработчика жира домашних животных. Он был пятнадцатым по отцу из 17 детей и восьмым (из 10) от второго брака, младшим из сыновей. Ему удалось проучиться в школе всего два года. С десятилетнего возраста он начал работать. Несмотря на отсутствие систематического образования в дальнейшем он выучил несколько языков, организовал собственную типографию (1727), почти 20 лет издавал "Пенсильванскую газету" (1729—1748), впервые в Америке приступил к созданию публичной библиотеки (1731), учредил Американское философское общество (1743) и стал его первым президентом, выступил одним из отцов-основателей американской Конституции (1787). Его портрет помещен на бумажной купюре 100 долл. США.

Интерес к физике и электричеству Франклин начал проявлять в 40 лет, после того как разбогател. Великий русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765) высоко оценивал открытия и изоб-

ретения Франклина. За его работами внимательно следил другой известный российский физик Г. В. Рихман (1711—1753). Отметим, что Ломоносов связывал возникновение молнии с накоплением зарядов в грозном облаке (атмосфере). Рихман ранее многих других ученых пришел к выводу о взаимосвязи электрических и магнитных возмущений.

1791. В ноябре 1780 г. в итальянском г. Болонья профессор-физиолог Л. Гальвани (1737—1798) в своей лаборатории руководил тривиальной работой по препарированию лягушек. Интересующаяся наукой и любопытная его молодая жена Л. Галеацци зашла в помещение и обратила внимание мужа на подергивания лапки одной из лягушек в те моменты, когда ассистент дотрагивался до нее скальпелем. В это же время другой помощник вращал рукоятку электростатической (электрофорной) машины. Случайное наблюдение дало начало более чем десятилетнему исследованию поведения лап лягушек вблизи источников искровых разрядов. Многие историки физики в прошлом и настоящем относят эти работы к первым наглядным демонстрациям беспроводной электросвязи.

В череде опытов были замечены многие случаи подергиваний лапок и в отсутствие искрового разряда. Происходили они, например, когда лягушку располагали на железной основе и прикасались к нерву прутком или спицей из другого металла. Или если земноводное клали на изолированную дощечку, а нерв избранной мышцы соединяли с кожным покровом дугой из разнородных металлов. Свои теории и эксперименты Гальвани изложил в "Трактате о силах электричества при мышечном движении", вышедшем в 1791 г.

Научные труды Гальвани имели широкий резонанс в Европе. Во многих странах физиологи, поверившие в его доказательство "животного электричества", повторяли опыты на других земноводных, пресмыкающихся и млекопитающих. Некоторые патологоанатомы проводили схожие эксперименты на казненных преступниках.

1800. Электрофорную машину, которую применял Гальвани, в 30-летнем возрасте избрал другой итальянский физиолог и физик А. Вольта (1745—1827), благодаря помощи, как он сам говорил, оказанной ему российским академиком Ф. Эпинусом (1724—1802). "Вкус" электричества во рту ему был хорошо знаком по "ощущениям" при замыкании собственным языком проводников от контактов придуманного им прибора и машины Герике. При изучении "Трактата" Гальвани более всего Вольта заинтересовался эффектом "оживления" конечностей лягушек от одновременного прикосновения к ним двух разнородных металлов. Для проверки возникшего, как показалось будущее, гениального предположения Вольта клал в рот две монеты из разно-

родных металлов, одну сверху языка, другую снизу, замыкал их проволокой и ощущал знакомый "вкус" электричества.

Вольта повторил опыты Гальвани, провел множество исследований особых рыб — электрических скатов, сомов, угрей. По аналогии с вырабатывающими электричество их внутренними органами он предложил два типа электрических источников. Во-первых, это — разнородные (например, медь и цинк, серебро и цинк) металлические пластины или штыри (рис. 4, а), разделенные раствором соли или кислоты (электролитом). Во-вторых, это — кружки или квадратные пластины из тех же металлов, с прослойкой из бумаги или сукна, пропитанные электролитом



(рис. 4, б), составляющие из нескольких таких элементов, положенных друг на друга, пакет, названный автором "электрическим органом". Однако повсеместно он признан как "Вольтов столб", а позднее как гальваническая батарея [2].

Вольта была неизвестна теория строения веществ, поэтому "металлические пары", например, цинк—медь и другие, были подобраны им опытным путем. С описанием практического изделия в одном из научных журналов Вольта выступил в 1800 г. Значимость события состояла в том, что новый более надежный прибор заменял собой в опытах слаботочные электростатические машины, применявшиеся почти 150 лет.

Отметим, что еще один, для того времени более дешевый источник стабильного постоянного тока — термоэлектрический — был разработан в 1823 г. благодаря трудам немецкого физика эстонского происхождения Т. Зеебека (1770—1831) и французского ученого Ж. Пельтье (1785—1845). Перезаряжаемую свинцово-кислотную батарею (аккумулятор) молодой французский физик Г. Плантэ (1834—1889) предложил только в 1859 г.

Возможности открытого Вольта способа электроснабжения быстро оценили. В Англии ученые-практики начали на его основе исследовать электролиз воды, изучать химическое действие тока. Новый источник побудил в 1801 г. профессора физики и математики Санкт-Петербургской медико-хирургической академии В. В. Петрова (1761—1834) продолжать физико-химические опыты с мощной гальванической батареей. Под его руководством изготовили "вольтов столб", состоящий из 2100 элементов тока и обеспечивающий напряжение около 2000 В.

С таким устройством в мае 1802 г. Петров получал "электрический огонь", которым зажигал свечи, бумагу, горючие жидкости. Впоследствии много раз

демонстрируемое им явление электрического разряда "толщиною с палец", возникавшее между двумя "угольями", получило наименование "дуги Петрова". Термин "вольтова дуга", не зная об опытах Петрова, ввел в обращение английский физик Г. Дэви (1778—1829), через шесть лет проводивший аналогичные эксперименты. Сам Петров прикладное значение изученного явления видел в применении его для нужд электроосвещения. По прошествии десятилетий в начале 1900-х годов на основе этого открытия начали создавать высокочастотные дуговые генераторы для радиопередающих устройств [3].

1820. В феврале 1820 г. в одной из лабораторий Копенгагенского университета (Дания) профессор физики Г. Х. Эрстед (1777—1851) показывал студентам эффект нагрева проволоки, замыкающей "вольтов столб". Один из студентов обратил внимание преподавателя на легкие колебания стрелки случайно лежащего неподалеку компаса в моменты присоединений и отключений проволоки от источника тока. Далее, проводя эксперименты, Эрстед убедился, что стрелка компаса поворачивается на больший угол, если возрастает ток в проводе, подключенном к более мощной гальванической батарее. Публично свое открытие Эрстед продемонстрировал 21 июля 1820 г. Одновременно он утверждал, что вокруг проводника с током есть "круговое магнитное вращение".

Известие о сенсационных опытах Эрстеда во Францию доставил член Парижской Академии наук Д. Ф. Араго (1786—1853). На собрании ученых в Академии 4 сентября 1820 г. Араго сделал об этом устное сообщение, а через неделю показал эффект Эрстеда и собственное доказательство наличия электромагнетизма вокруг пропускающего ток провода — притяжение железных опилок к электрическому соединителю. На заседаниях присутствовал сумевший путем самообразования продвинуться в теоретическом изучении физики и химии академик А. М. Ампер (1775—1836). В понедельник 18 сентября 1820 г. на очередном заседании Академии Ампер сделал важное заявление о возможном влиянии друг на друга находящихся под током проводников — притяжении и отталкивании их. Через неделю 25 сентября на следующем заседании Ампер продемонстрировал уже практический опыт взаимодействия двух спиралей проводов, питающихся током от разных "вольтовых столбов". По разработанной методике до конца 1820 г. собирающимся на заседания академикам Ампер сумел показать еще несколько конфигураций из проводов, взаимодействующих друг на друга при соединении их с источниками тока. Тогда же Ампер сформулировал базовое положение: "два параллельных проводника притягиваются друг к другу, если протекающие в них токи следуют в одном направлении и, наоборот, отталкиваются при встречном протекании токов".

За исполненные теоретические и лабораторные работы потомки возвели Ампера в сан "основоположника (отца) электродинамики". Ампер ввел в обраще-

ние понятие "силы тока", "электродвижущей силы". В его честь единицу измерения силы тока назвали "Ампером". Она входит в число семи основных единиц (килограмм, метр, секунда, Ампер, Кельвин, кандела, моль) современной "Международной системы единиц (СИ)". Ампер высказывал идею передачи по электрическим цепям на небольшие расстояния каких-нибудь сообщений путем использования совокупности из медных спиралей и стрелочных индикаторов. Он также предположил, что помещенная в поле постоянного магнита проволока с пропущенным по ней током должна бесконечно поворачиваться вокруг собственной длинной оси. Он пробовал проводить эксперименты по наблюдению тока в проволочной катушке при движении в нее магнитопровода. Однако не заметил отклонений у подключенного к ней стрелочного прибора.

1830. Великий английский физик М. Фарадей (1791—1867) с двенадцати лет начал трудиться переплетчиком и помощником в книжной лавке. Здесь он на протяжении 10 лет

тикального проводника под током над стоящим также вертикально магнитом (рис. 5, а). В другом случае у него вращался магнит вокруг жестко закрепленного провода (рис. 5, б).

В понедельник 29 августа 1831 г. Фарадей с ассистентом собрали электрическую цепь, состоящую из двух отдельных одинаково намотанных изолированным проводом катушек, помещенных на железное кольцо диаметром 15 см, толщиной 2,2 см. Когда подключили одну из обмоток к батарее питания, то заметили отклонение стрелки индикатора, подсоединенного к выводам другой катушки. При отключении питания стрелка гальванометра качнулась в обратную сторону. 17 октября того же года [1] Фарадей наблюдал прямые и обратные отклонения стрелки прибора при быстром введении внутрь и выведении магнита из одиночной катушки, намотанной медным проводом на цилиндрическом каркасе. Из этого он сделал вывод, что электрический ток возникает лишь при перемещении магнита внутри катушки. 28 октября между

полюсами U-образного магнита установил медный диск, с которого при его вращении в магнитном поле снимал электрический ток (рис. 6). Фарадей стал именовать открытие как "явление электромагнитной индукции (ЯЭМИ)".

В США на роль соавтора в открытии ЯЭМИ прочат физика и математика Дж. Генри, который в 1820-е годы также много занимался электромагнетизмом. В частности, он усовершенствовал изобретенный в 1825 г. английским инженером В. Стерженом (1783—1850) подковообразный электромагнит (ЭМ), способный удерживать груз (3 кг), превышающий собственный вес. Созданный Генри в 1831 г. ЭМ удерживал почти тонну (935 кг) при собственной массе в 27 кг. Используя возможности ЭМ по притяжению к себе и отталкиванию металлических предметов, он разработал конструкцию первого электродвигателя с возвратно-поступательными качающимися движениями с частотой около 75 с⁻¹. Он

выдвинул проект телеграфной передачи сообщений по проводам и реализовал его в лабораторных условиях: через протянутые на стенах помещения провода (несколько сотен метров) он соединял ЭМ с источником постоянного тока, ЭМ притягивал небольшой постоянный магнит, ударявший, в свою очередь, по чашке звонка. В 1830-х — 1840-х гг. он консультировал профессора начертательных искусств и изобретателя электрических отправлений в

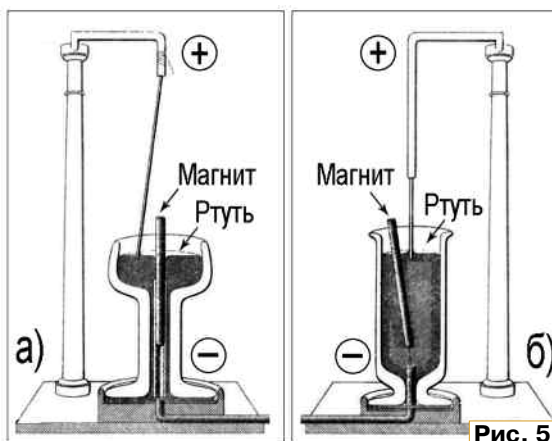


Рис. 5

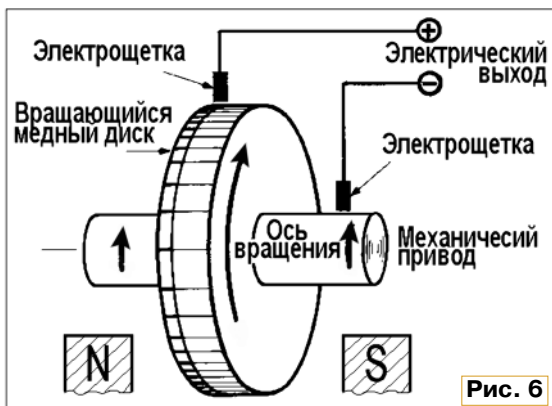


Рис. 6

самостоятельно изучал физику и химию. В дальнейшем ему повезло: он стал работать лаборантом у именитого профессора Лондонского королевского института сэра Г. Дэви (1778—1829, с 1820 г. — президент Лондонского королевского общества, в то время аналога Императорской Академии наук). Совместно с учителем Фарадей повторил опыты Эрстеда и Ампера. Летом 1821 г. Фарадей уже сам наблюдал в чаше с ртутью конусообразное вращение вер-

виде точек и тире по проводам американца С. Морзе (1791—1872), содействовал ему в развитии инфраструктуры телеграфа в США.

Установлено, что ЯЭМИ открыто Генри в июне 1832 г. [4]. Он провел практический опыт демонстрации ЯЭМИ на примере двух изготовленных из проволоки катушек, разнесенных на расстояние 10 м (рис. 7). Ему же приписывают открытие в том же 1832 г. явления самоиндукции. В 1868 г. Генри избрали президентом американской Национальной Академии наук.

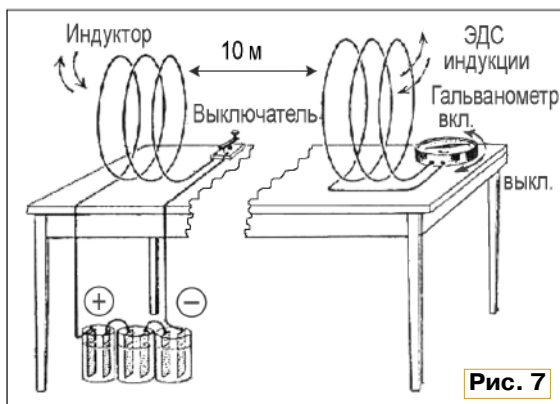


Рис. 7

Ирландский священник, ученый и изобретатель Н. Каллан (1799—1864), изучив работы Фарадея, Генри и Стержена, выступил с идеей передачи энергии беспроводным путем. Для ее реализации он предложил на общий металлический (железный) магнитопровод поместить обмотки, намотанные медным проводом: первичную — из толстого провода с малым числом витков, отдельно от нее вторичную — из тонкого провода с большим числом витков. Первичную обмотку он соединил с батареей, состоящей из большого числа элементов Вольта. В моменты подключения/отключения батареи он индизировал передачу энергии стрелочным прибором, "на искру", а также путем физиологического "ощущения" ее своими руками и обучаемых студентов. Внешний вид такой установки с тремя катушками представлен на рис. 8.

В России исследованиями ЯЭМИ с 1831 г. по 1836 г. занимался физик и географ Э. Х. Ленц (1804—1865), которому были знакомы работы Фарадея. Ленц известен как автор закона, определяющего направление наведенного тока в проводнике при перемещении его в поле магнита. Меньше обращают внимание на более важное научное достижение Ленца — гениальную формулу расчета ЭДС самоиндукции, определяемой скоростью изменения тока, протекающего в катушке индуктивности с известными параметрами: $E = -L \cdot di/dt$. В XIX веке формула Ленца послужила основой для

изобретения большого числа устройств, генерирующих искровые разряды. Среди них, например, — высоковольтная катушка (1851) немецкого электромеханика Г. Румкорфа (1803—1877), система электрического поджига топлива в автомобиле (1884) германского механика Н. А. Отто (1832—1891), высокочастотные трансформаторы без магнитопровода (1891) сербского электроинженера Н. Тесла (1856—1943) и др.

1832. 21 октября 1832 г. в С.-Петербург в собственной квартире российский ученый-востоковед и изобретатель барон П. Л. Шиллинг (1786—1837) публично демонстрировал работу первого в мире электромагнитного телеграфа с дальностью связи примерно 100 м. Изобретатель разработал таблицу кодовых последовательностей по передаче азбуки и цифр по восьми проводным линиям. Считывали передаваемые символы по показаниям шести стрелочных индикаторов. Интерес к новинке проявил император Николай I

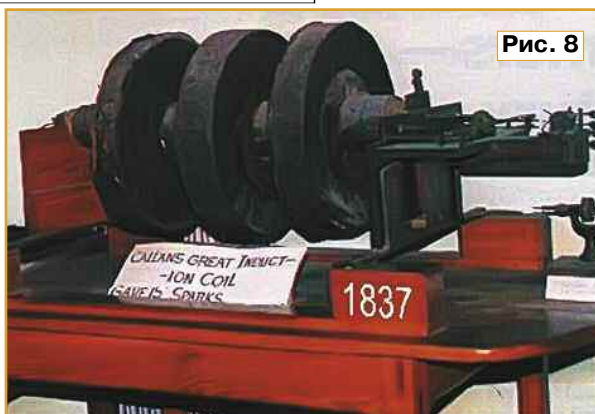


Рис. 8

(1796—1855), посетивший апартаменты ученого. Позже изобретение было реализовано на практике: первой в России линией телеграфа связали Зимний дворец и Министерство путей сообщения, затем — здания Адмиралтейства. Прокладывали телеграфные провода на расстояние около 5 км по воздуху (на столбах) и дну каналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карцев В. Приключения великих уравнений. — М.: Знание, 1986. Web-версия: <http://n-t.ru/ri/kr/pu.htm>.
2. Ольшанский В. Алессандро Вольта и Луиджи Гальвани: неоконченный спор. — Наука и жизнь, 2004, № 12. Web-версия: <http://www.nkj.ru/archive/articles/915/>.
3. Пестриков В. От электрической дуги Петрова — к радиопередаче речи. — <http://www.computer-museum.ru/connect/duga.htm>.
4. Шнейберг Я. Великий физик Америки. — <http://www.connect.ru/article.asp?id=3891>.

Редактор — А. Михайлов,
иллюстрации предоставлены автором