

Лабораторная работа №3
История развития электротехники. Период с 1831 г до 1870 г.

Цель работы: знакомство с историей развития электротехники, с творческим путем наиболее выдающихся ученых, внесших вклад в изучение электрических и магнитных явлений, выявление их закономерностей, создание электротехнических устройств.



Основные этапы изучения
электрических и магнитных
явлений,
развития электротехники

Контрольные вопросы

Ученые, исследовавшие
электричество и магнетизм

Использованная литература

Завершение работы

1. Исследование М. Фарадеем
электромагнитных вращений

2. Опыты М. Фарадея,
которые привели к открытию
явления электромагнитной индукции

3. Исследование М. Фарадеем
«магнетизма вращения»
(опыт Д.Ф. Араго)

4. Работы Д. Генри

5. Зарождение
теоретических основ электротехники

6. Первые электрические
двигатели и генераторы

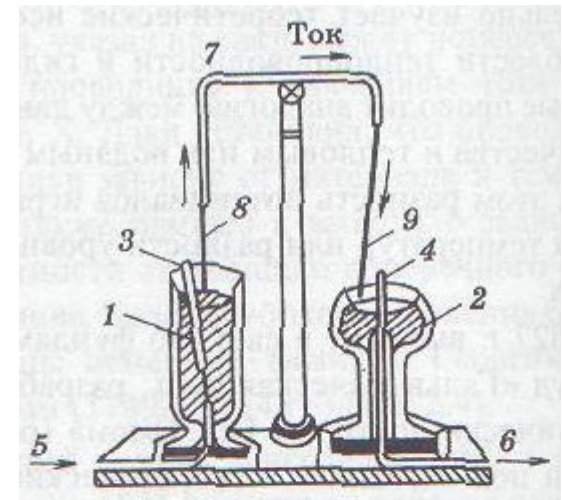


1. Исследование М. Фарадеем электромагнитных вращений

Из серии опытов Эрстеда, [Араго](#) Из серии опытов Эрстеда, Араго, Ампера, Био, Савара, проведенных в 1820 г., стало известно не только об электромагнетизме, но и о своеобразии взаимодействий тока и магнита. [М. Фарадей](#) поставил перед собой вопрос: не стремится ли магнит к непрерывному движению вокруг проводника с током? Опыт подтвердил гипотезу.

В 1821 г. М. Фарадей дал описание физического прибора, схематически представленного на рисунке. В левом сосуде с ртутью находился стержневой постоянный магнит, закрепленный шарнирно в нижней части. При включении тока его верхняя часть вращалась вокруг неподвижного проводника. В правом сосуде стержень магнита был неподвижен, а проводник с током, свободно подвешенный на кронштейне, скользил по ртути, совершая вращение вокруг полюса магнита.

Поскольку в этом опыте впервые фигурирует магнитоэлектрическое устройство с непрерывным движением, то историю электрических машин можно начать с этого устройства (в частности электродвигателя). Ртутный контакт нашел впоследствии применение в электромеханике.



*По рисунку М. Фарадея схема электромагнитных вращений
1, 2 – чаши с ртутью;
3 – подвижный магнит;
4 – неподвижный магнит;
5, 6 – провода, идущие к батарее гальванических элементов;
7 – медный стержень;
8 – неподвижный проводник;
9 – подвижный проводник.*

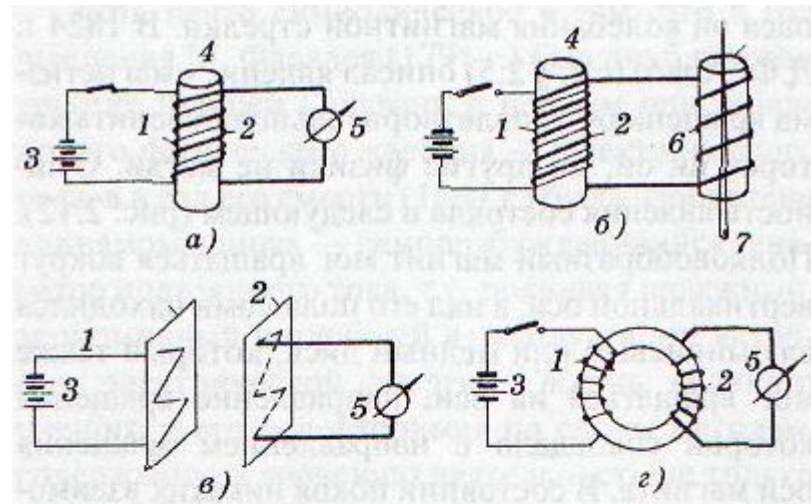


2. Опыты М. Фарадея, которые привели к открытию явления электромагнитной индукции

Получив при помощи электромагнетизма непрерывное механическое движение, [М. Фарадей](#) ставит перед собой задачу обратить явление или, по терминологии М. Фарадея, превратить магнетизм в электричество. Только убежденность в справедливости гипотезы о «взаимопревращаемости сил» может объяснить целеустремленность и настойчивость, тысячи опытов и 10 лет напряженного труда, затраченного на решение сформулированной задачи. В августе 1831 г. был сделан решающий опыт, а 24 ноября на заседании в Королевском обществе была изложена сущность явления электромагнитной индукции.

Рассмотрим опыты М. Фарадея. Первая серия опытов закончилась экспериментом, демонстрировавшим явление «вольта-электрической» (по терминологии М. Фарадея) индукции. Обнаружив возникновение тока во вторичной цепи 2 при замыкании или размыкании первичной (рис. а, б) или при взаимном перемещении первичной и вторичной цепей (рис. в), М. Фарадей поставил эксперимент для выяснения свойств индуцированного тока: внутрь спирали (рис. б), включенной во вторичную цепь, помещалась стальная игла 7, которая намагничивалась индуцированным током. Результат говорил о том, что индуцированный ток подобен току, получаемому непосредственно от гальванической батареи 3.

Заменив деревянный или картонный барабан 4, на который наматывались первичная и вторичная обмотки, стальным кольцом (рис. г), М. Фарадей обнаружил более интенсивное отклонение стрелки гальванометра 5. Данный опыт указывал на существенную роль среды в электромагнитных процессах. Здесь М. Фарадей впервые применяет устройство, которое можно назвать прототипом трансформатора.



Схемы основных опытов, в результате которых было открыто явление электромагнитной индукции

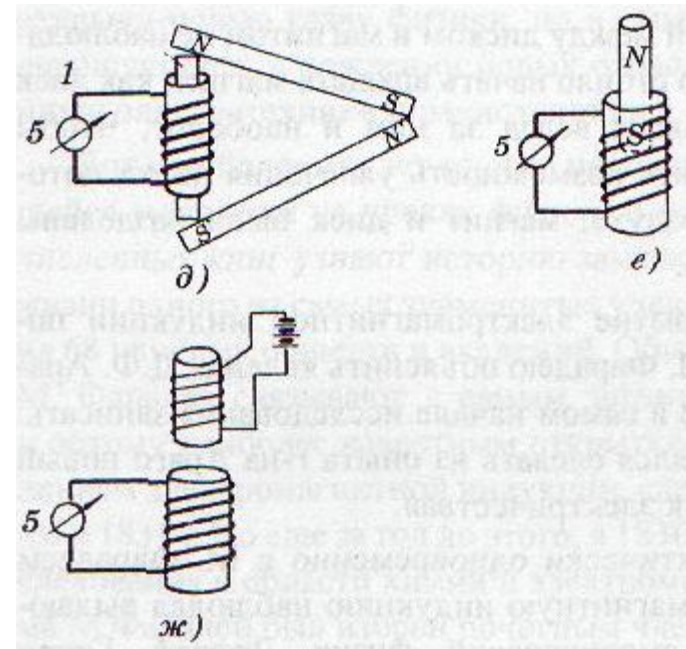


2. Опыты М. Фарадея, которые привели к открытию явления электромагнитной индукции

Вторая серия опытов иллюстрировала явление электромагнитной индукции, возникавшее при отсутствии источника напряжения в первичной цепи. Исходя из того, что катушка, обтекаемая током, идентична магниту, [М. Фарадей](#) заменил источник напряжения двумя постоянными магнитами (рис. д) и наблюдал ток во вторичной обмотке при замыкании и размыкании магнитной цепи.

Это явление он назвал «магнитоэлектрической индукцией»; позднее им было отмечено, что никакой принципиальной разницы между «вольта-электрической» и «магнитоэлектрической» индукцией нет. Впоследствии оба эти явления были объединены термином «электромагнитная индукция».

В заключительных экспериментах (рис. е, ж) демонстрировалось появление индуцированного тока при движении постоянного магнита или катушки с током внутри соленоида. Именно этот опыт нагляднее других продемонстрировал возможность превращения «магнетизма в электричество» или, точнее выражаясь, механической энергии в электрическую.



Схемы основных опытов, в результате которых было открыто явление электромагнитной индукции



3. Исследование М. Фарадеем «магнетизма вращения» (опыт Д.Ф. Араго)

За много лет до работ [М. Фарадея](#) За много лет до работ М. Фарадея мореплаватели замечали тормозящее влияние медного корпуса компаса на колебания магнитной стрелки. В 1824 г. [Д.Ф. Араго](#) описал явление «магнетизма вращения», удовлетворительно объяснить которое ни он, ни другие физики не могли.

Сущность явления состояла в следующем. Подковообразный магнит мог вращаться вокруг вертикальной оси, а над его полюсами находился алюминиевый или медный диск, который также мог вращаться на своей оси. В состоянии покоя никаких взаимодействий между диском и магнитом не наблюдалось. Но стоило начать вращать магнит, как диск устремлялся вслед за ним и наоборот. Чтобы исключить возможность увлечения диска потоками воздуха, магнит и диск были разделены стеклом.

На основе новых представлений М. Фарадей дал объяснение физической стороны опыта с диском Д.Ф. Араго. Кратко ход его рассуждений можно изложить следующим образом. Алюминиевый (или любой другой проводящий, но немагнитный) диск можно представить себе в виде колеса с бесконечно большим числом спиц — радиальных проводников. При относительном движении магнита и диска эти спицы-проводники «перерезают магнитные кривые» (терминология Фарадея), и в проводниках возникает индуцированный ток. Взаимодействие же тока с магнитом было уже известно.

Открытие электромагнитной индукции помогло М. Фарадею объяснить явление Д.Ф. Араго и уже в самом начале исследования записать: «Я надеялся сделать из опыта г-на Араго новый источник электричества».

Из диска Д.Ф. Араго М. Фарадей действительно сделал новый источник электричества. Заставив вращаться алюминиевый или медный диск между полюсами магнита, М. Фарадей наложил на ось диска и на его периферию щетки. Таким образом была сконструирована электрическая машина, получившая позднее наименование униполярного генератора.

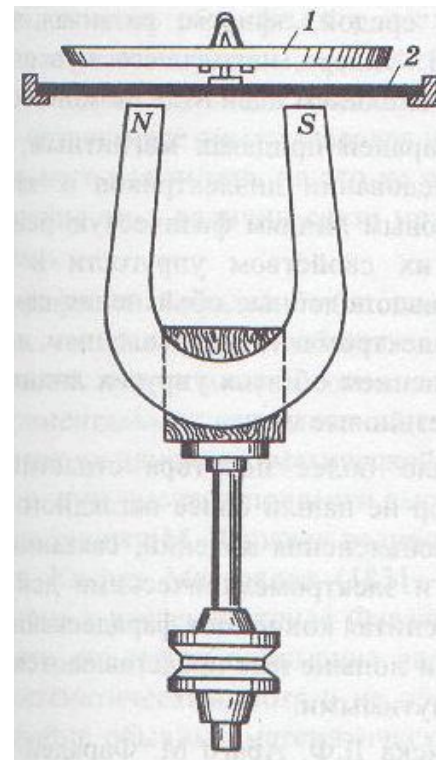


Иллюстрация опыта Араго («магнетизма вращения») 1 – проводящий немагнитный диск 2 – стеклянное основание для крепления оси диска



4. Работы Д. Генри

Практически одновременно с М. Фарадеем электромагнитную индукцию наблюдал выдающийся американский физик [Джозеф Генри](#) (1797—1878 гг.). Он, собираясь опубликовать свои наблюдения, узнал о публикации М. Фарадея. Год спустя Д. Генри открыл явление самоиндукции, а также установил зависимость индуктивности цепи от свойств материала и конфигурации сердечников катушек. В 1838 г. Д. Генри изучал «токи высшего порядка», т.е. токи, индуцированные другими индуцированными токами. В 1842 г. продолжение этих исследований привело Д. Генри к открытию колебательного характера разряда конденсатора (позднее, в 1847 г., это открытие повторил выдающийся немецкий физик Герман Гельмгольц) (1821—1894 гг.).



5. Зарождение теоретических основ электротехники

В 1845 г., когда [Г.Р. Кирхгофу](#) был всего 21 год, он написал работу «О протекании электрического тока через плоскую пластину, например, круглой формы». В примечании к этой работе были сформулированы два закона Г.Р. Кирхгофа, являющиеся фундаментальными законами теоретической электротехники, которые еще при жизни Г.Р. Кирхгофа вошли во все учебники физики и широко применяются электротехниками всего мира. В последующих трудах Г.Р. Кирхгофа были рассмотрены количественные соотношения, связанные с явлением электромагнитной индукции и изучением переходных процессов. Г.Р. Кирхгоф проявил себя как блестящий исследователь и экспериментатор в различных областях физики (механики, оптики, теории излучения).

В 1845 г. немецкий физик-теоретик Франц [Эрнст Нейман](#) (1798—1895 гг.) дал математическое выражение закона электромагнитной индукции.

Английский физик [Чарльз Уитстон](#) (1802— 1875 гг.) в связи с работами по усовершенствованию телеграфа искал способы измерения сопротивлений. В результате он создал знаменитый «мостик Уитстона», достоинством которого являлась независимость состояния равновесия от напряжения источника питания. В 1840 г. он показывал свое устройство Б.С. Якоби, а в 1843 г. дал описание своего «мостика» в статье. Для изменения сопротивления одного из плечей мостика Ч. Уитстон применил регулируемые резисторы, которые он назвал реостатами.

[Герман Людвиг Гельмгольц](#) ввел в 1853 г. в теорию цепей известный ранее в физике принцип суперпозиции, на основе которого были построены важные теоремы электрических цепей, включая теорему об эквивалентном источнике. Гельмгольц впервые получил уравнение переходного процесса в цепи при ее подключении к источнику, рассмотрел постоянные времени электрической цепи

Выдающийся английский ученый [Уильям Томсон](#), впоследствии лорд Кельвин (1824-1907 гг.) в 1853 г. дал расчет колебательного процесса и установил связь между частотой собственных колебаний, индуктивностью и емкостью.

[Д.К. Максвеллом](#) был разработан метод контурных токов, доказана теорема взаимности.

Постепенно разрабатывались методы расчета (включая эквивалентные преобразования) цепей постоянного тока.



5. Зарождение теоретических основ электротехники

В своем докладе Петербургской Академии наук 29 ноября 1833 г. [Э.Х. Ленц](#) В своем докладе Петербургской Академии наук 29 ноября 1833 г. Э.Х. Ленц, находясь под большим впечатлением от работ по электромагнитной индукции [М. Фарадея](#), дал свою знаменитую формулировку закона, названного его именем: «Если металлический проводник движется поблизости от гальванического тока или магнита, то в нем возбуждается гальванический ток такого направления, что он мог бы обусловить, в случае неподвижности данного проводника, его перемещение в противоположную сторону, причем предполагается, что такое перемещение может происходить только в направлении движения или в направлении, прямо противоположном».

Э.Х. Ленц был одним из основоположников теории магнитоэлектрических машин.

Широко известна работа Э.Х. Ленца по тепловому действию тока (1842—1843 гг.), которая была выполнена независимо от [Джеймса Джоуля](#) (1841 г.) и представляла собой настолько обстоятельное исследование, что известному закону было справедливо присвоено имя обоих ученых (закон Джоуля — Ленца). Интересно отметить, что работу Д. Джоуля Британское общество (так называется Британская академия наук) отказалось опубликовать в полном объеме, требуя от него все новых экспериментальных уточнений.

Развитием теории электрических машин занимались [Д.К. Максвелл](#) Развитием теории электрических машин занимались Д.К. Максвелл, [Джон и Эдвард Гопкинсоны](#).



5. Зарождение теоретических основ электротехники

Открытия в области электричества и магнетизма, сделанные в первой половине XIX в., а также практическое применение этих явлений стали предпосылками важных научных обобщений, в частности создания электромагнитной теории [Д.К. Максвелла](#). Первые дифференциальные уравнения поля были записаны Д.К. Максвеллом в 1855—1856 гг. В 1864 г. он дал определение электромагнитного поля и заложил основы его теории.

Заслуга Д.К. Максвелла состоит в том, что, используя накопленный до него громадный экспериментальный материал, он обобщил и развил прогрессивные идеи М. Фарадея, придав им стройную математическую форму. В своем труде «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873 г.) Д.К. Максвелл изложил основы разработанной им теории поля, являющейся краеугольным камнем современного учения об электромагнетизме. Важнейшие результаты своих исследований Д.К. Максвелл сформулировал в виде знаменитых уравнений, получивших его имя. Д.К. Максвелл обобщил закон электромагнитной индукции, распространив его на произвольный контур в любой среде. Он ввел понятие об электрическом смещении и токах смещения, установил принцип замкнутости тока. Одним из важнейших выводов Д.К. Максвелла является утверждение о том, что магнитное и электрическое поля тесно связаны и изменение одного из них вызывает появление другого. Исследования показали, что скорость распространения подобных электромагнитных возмущений совпадает со скоростью света. Этот вывод был положен в основу электромагнитной теории света, разработанной Д.К. Максвеллом и являющейся одним из выдающихся теоретических обобщений естествознания.

Д.К. Максвелл не дождался торжества своих глубоких научных идей и обобщений. Он сам еще не мог во всем объеме представить значение всего того, что содержалось в его «Трактате об электричестве и магнетизме», и того, что из него вытекало. Позднее немецкий физик [Генрих Герц](#) (1857—1894 гг.) экспериментально доказал существование электромагнитных волн.

Важное значение в развитии представлений о движении энергии имели работы проф. [Николая Алексеевича Умова](#). Важное значение в развитии представлений о движении энергии имели работы проф. Николая Алексеевича Умова (1846—1915 гг.), среди которых особого внимания заслуживает его докторская диссертация «Уравнения движения энергии в телах» (1874 г.). Идеи Н.А. Умова получили дальнейшее развитие, в частности, в трудах английского физика [Джона Генри Пойнтинга](#) (1852—1914 гг.) применительно к электромагнитному полю (1884 г.).



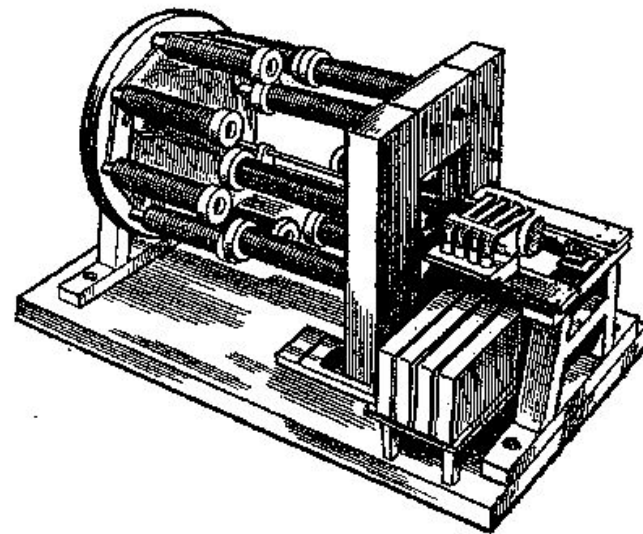
6. Первые электрические двигатели и генераторы

Поскольку единственным надежным и изученным источником электроэнергии до середины XIX в. был гальванический элемент, первыми стали развиваться электрические машины постоянного тока.

Начальный период развития электродвигателя (1821—1834 гг.) тесно связан с созданием физических приборов для демонстрации преобразования электрической энергии в механическую. В этот период было создано несколько физических моделей электродвигателей (английскими учеными Петером Барлоу (1824 г.), Уильямом Риччи (1833 г.) и Джозефом Генри (1831 г.)). Прибор Дж. Генри интересен тем, что в этом устройстве впервые сделана попытка использовать притяжение разноименных и отталкивание одноименных магнитных полюсов для получения непрерывного движения (в данном случае — качательного). Мощность двигателей подобного типа была очень небольшой (0,044 Вт), и они не могли использоваться на практике.

Второй этап раннего развития электрических двигателей (1834—1860 гг.) характеризуется преобладанием конструкций с вращательным движением явнополюсного якоря. Наиболее характерные и существенно важные работы по конструированию электродвигателей этого рода принадлежат Борису Семеновичу Якоби (1801—1874 гг.). В 1834 г. Б.С.Якоби послал в Парижскую академию наук сообщение об изобретенной им «магнитной машине». Более полное описание электродвигателя Б.С. Якоби было опубликовано в 1835 г. Этот электродвигатель работал по принципу взаимодействия двух комплектов электромагнитов, один из которых располагался на подвижной раме, другой — на неподвижной. В качестве источника питания электромагнитов применялась батарея гальванических элементов.

Предложенная конструкция двигателя Б.С. Якоби была усовершенствована и четыре года спустя, в 1838 г., по р. Неве курсировал бот, вмещавший 12 пассажиров, приводимый в движение электродвигателями Б.С. Якоби.



Двигатель Якоби



6. Первые электрические двигатели и генераторы

Новый этап в развитии электродвигателей постоянного тока связан с разработкой конструкций, содержащих непрерывную обмотку на якоре. Первым конструкцию кольцевого якоря предложил в 1860 г. студент (впоследствии профессор) Пизанского университета Антонио Пачинотти (1841—1912 гг.). А. Пачинотти указывал, что его машина может быть превращена в генератор, если заменить электромагниты, возбуждающие поле, на постоянные магниты. Обратимость электрических машин была открыта Э.Х. Ленцем. В докладе Петербургской академии наук, сделанном 29 ноября 1833 г., этот принцип представляется в виде следствия из закона, носящего его имя.



6. Первые электрические двигатели и генераторы

В первых электрических генераторах для возбуждения использовались постоянные магниты. В генераторе переменного тока, разработанном анонимным изобретателем, подписавшимся двумя буквами Р.М. и генераторе постоянного тока, сконструированном французами братьями Пиксии тяжелые постоянные магниты необходимо было вращать. Этот недостаток магнитоэлектрических генераторов был преодолен в последующих конструкциях с неподвижными магнитами и вращающимися катушками. Производство магнитоэлектрических генераторов для установки на маяках с дуговыми лампами освоила созданная для этого в Париже компания «Альянс». Генератор весил около 4 т.

Следующий этап в развитии электрического генератора постоянного тока (1851-1867 гг.) характеризуется конструированием генераторов с электромагнитами, питающимися от независимого источника (генераторы с независимым возбуждением).

В 1867 г. разными учеными и изобретателями был открыт принцип самовозбуждения, что позволило отказаться от независимого источника тока для питания электромагнитов. В. Сименс назвал принцип самовозбуждения динамоэлектрическим, а самовозбуждающийся генератор стал называться динамомашинной.

Событием, революционизировавшим развитие электрической машины и положившим начало промышленной электротехнике, явилось объединение принципа самовозбуждения с конструкцией кольцевого якоря. Разработка самовозбуждающихся генераторов с кольцевыми и барабанными якорями составила основное содержание четвертого этапа в развитии электрических генераторов.

З.Т. Грамм, занимаясь изготовлением электрических машин, стал одним из самых известных французских специалистов в области электромашиностроения и электрического освещения. В июне 1870 г. он получил патент, в котором содержалось описание самовозбуждающегося генератора с кольцевым якорем.

Генератор Грамма оказался весьма экономичным источником электрической энергии, позволявшим получать значительные мощности при высоком КПД и сравнительно малых габаритах и массе. Сравнение машины Грамма, например, с машиной «Альянс» показывает, что самовозбуждающийся генератор с кольцевым якорем имел массу на 1 кВт примерно в 6 раз меньшую, чем генератор с постоянными магнитами.

Очевидные преимущества генератора Грамма способствовали тому, что этот генератор быстро вытеснил другие типы и получил очень широкое распространение. В начале 70-х годов принцип обратимости электрических машин был уже хорошо известен, а машина Грамма использовалась как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

Машина Грамма представляла собой машину постоянного тока современного типа. Однако она нуждалась в определенных усовершенствованиях, которые последовали в 70—80-х годах XIX в.



Ученые, исследовавшие электричество и магнетизм

Д.Ф. Араго

Д.К. Максвелл

М. Фарадей

Э.Х. Ленц

Д. Генри

Д.П. Джоуль

Ф. Э. Нейман

Д. Гопкинсон

Г.Р. Кирхгоф

Г.Р. Герц

Ч. Уитстон

Н.А.Умов

Г. Л. Гельмгольц

Д.Г. Пойнтинг

У. Томсон (Кельвин)





Араго Доменик Франсуа (1786—1853 гг.) — французский ученый, академик: отличался разносторонней эрудицией и широтой научных исследований: астрономия и электричество, оптика и геофизика, артиллерия и железные дороги, литературная и общественно-политическая деятельность.

Будучи секретарем Парижской академии наук, он написал всемирно известную трехтомную монографию, посвященную трудам знаменитых физиков, астрономов и геометров.

Родился в небольшом селении в Восточных Пиренеях в семье скромного адвоката и землевладельца. Д.Ф. Араго с детства проявил необычайные способности в области точных наук, блестяще закончил Политехническую школу в г. Тулузе. В 1806 г. был направлен в Испанию для продолжения работ по измерению меридиана. Когда началась война в Испании за независимость, Д.Ф. Араго, живший в горах, принятый за французского шпиона, был ранен и чудом избежал смерти. Сидя в каземате, он прятал под одеждой рукописи с результатами измерений. Лишь в конце 1808 г. он вернулся во Францию, где его считали погибшим. Рукописи были переданы в Академию наук, и Д.Ф. Араго вскоре избирается академиком.

После открытия Г.Х. Эрстедом действия тока на магнитную стрелку, Д.Ф. Араго повторил его опыты перед академиками и показал, что проволока с током притягивает железные опилки (как магнит), а если свернуть проволоку в виде спирали и поместить внутри нее иглу, то она намагничивается. Опыты Д.Ф. Араго дали первое указание на электрическую природу магнетизма. В 1824 г. Д.Ф. Араго открывает еще одно явление, названное «магнетизмом вращения» (или «явлением Араго»): при вращении магнитной стрелки медный диск, сидящий на оси, и находящийся над стрелкой (или под ней) также приходит во вращение. Его впервые объяснил М. Фарадей, указав, что вращаемое магнитное поле наводит в диске токи (вихревые), которые взаимодействуют с магнитом. Д.Ф. Араго был последовательным сторонником волновой теории света. Он установил связь между полярными сияниями и магнитными бурями.

Широко была известна и активная общественно-политическая деятельность Д.Ф. Араго: он был членом парламента, а в 1848 г. во время революции был назначен морским министром.





Фарадей Майкл (1791—1867 гг.) — выдающийся английский физик.

Жизненный путь М. Фарадея — замечательный пример неустанного стремления к знаниям, трудолюбия, неумемной настойчивости в преодолении трудностей и в творческих поисках. Трудно представить, что сын кузнеца, не имевший возможности закончить даже начальную школу, путем самообразования и упорного труда стал величайшим ученым и почетным членом 68 академий и научных обществ.

В процессе обучения переплетному делу он увлекся чтением книг и, познакомившись с описанием электрических явлений в «Британской энциклопедии», начал проводить разнообразные эксперименты и даже соорудил электрическую машину. Он начал посещать общеобразовательные лекции по физике и астрономии, научился грамотно писать и излагать свои мысли. Посетив несколько лекций известного ученого Г. Дэви по химии, он послал ему свои записи. Г. Дэви обнаружил в записях «большое прилежание, внимание и силу памяти» и в начале 1813 г. пригласил М. Фарадея на должность лаборанта в лабораторию Королевского института. Так начался путь М. Фарадея в науку.

Через два года выходят его первые статьи по химии, он начинает читать лекции в организованном им Философском обществе.

Летом 1820 г. Г. Дэви познакомил М. Фарадея с открытием Г.Х. Эрстеда. Он начинает повторять его эксперименты и на всю жизнь увлекается изучением электромагнитных явлений. Уже в 1821 г. М. Фарадей построил прибор — прообраз электродвигателя и опубликовал в научном журнале Королевского общества статьи об электромагнетизме.

Кроме изучения электромагнитных явлений он продолжил опыты по химии и в 1823 г. впервые получил жидкий хлор. За свои научные заслуги М. Фарадей в 1824 г. избирается в число членов Королевского общества, а в 1827 г. получает профессорскую кафедру в Королевском институте.

Всемирную славу принесло М. Фарадею открытие им в 1831 г. явления электромагнитной индукции и создание первого электромагнитного генератора. Им были открыты законы электролиза, исследованы разряды в вакууме и газах, открыты явления диамагнетизма и парамагнетизма.

Имя М. Фарадея увековечено присвоением единице емкости названия «Фарада».





Генри Джозеф (1797—1878 гг.) — американский физик, президент Национальной академии наук США.

Родился в семье бедного возчика в г. Олбани. Увлекался чтением книг и путем самообразования расширял свои знания. И хотя он несколько лет учился в лицее, Д. Генри утверждал, что «был главным образом самоучкой».

Д. Генри, так же как М. Фарадей, увлекался электромагнитными явлениями и независимо от него почти одновременно сделал величайшее открытие — явления электромагнитной индукции. Это произошло в июне 1832 г., т.е. спустя 9 мес. после М. Фарадея, об экспериментах которого в далеком Лондоне Д. Генри ничего не знал.

Много лет занимаясь изготовлением мощных электромагнитов, Д. Генри получил «электромагнитную искру из электромагнита» и опубликовал в американском научном журнале статью «О получении электрических токов и искр из магнетизма». В отличие от М. Фарадея, начавшего свои опыты с помощью соленоидов, Д. Генри сразу воспользовался электромагнитами. Д. Генри также открыл (1834—1838 гг.) явления самоиндукции и взаимной индукции. Катушка индуктивности, изобретенная Д. Генри, хранится в Принстонском институте, профессором которого он был с 1832 г.

В 1842 г. Д. Генри первым из физиков установил, что при искровом разряде конденсатора (лейденской банки) возникают электромагнитные колебания, которые он назвал «волнами электричества». Это открытие намного опередило его время и по достоинству было оценено лишь спустя полвека, на заре радиотехники.

В 1835 г. Д. Генри изобрел электромагнитное реле и схему батареи, пригодной для дальнего телеграфирования. В 1836 г. он сконструировал электродвигатель с качательным движением электромагнита (до 75 качаний в минуту).

Имя Д. Генри было увековечено решением Чикагского электротехнического конгресса в 1893 г., присвоившего единице индуктивности название «Генри».

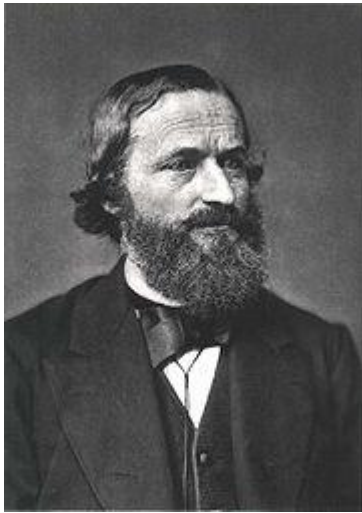


Нейман Франц Эрнст (1798—1895 гг.) — немецкий физик-теоретик, один из крупнейших представителей кенигсбергской школы физиков XIX в. Ф.Э. Нейман в 1845 г. впервые вывел ныне известное уравнение закона электромагнитной индукции. Им был введен термин «Электродвижущая сила индукции». В 1847 г. Г. Гельмгольц, опираясь на свой закон «сохранения силы», также вывел формулу для индуцированной электродвижущей силы, точно совпадающую с выражением Ф.Э. Неймана, только в других обозначениях.

Ф.Э. Нейман создал в Кенигсбергском университете физическую лабораторию, в которой с успехом занимался экспериментальной и теоретической физикой. Когда официальные власти отказались финансировать лабораторию, он использовал для этого свои средства.

Научные семинары Ф.Э. Неймана по математической физике посещали все его ученики, среди них самым выдающимся был Г.Р. Кирхгоф.





Кирхгоф Густав Роберт (1824—1887 гг.) — выдающийся немецкий физик, электротехник, автор известных законов, носящих его имя.

Родился в Кенигсберге в семье советника юстиции. Уже в годы учебы в гимназии Г.Р. Кирхгоф проявил незаурядные способности в математике и физике. В 1842 г. он поступил в Кенигсбергский университет, где проявил себя как один из способных студентов и последователей крупнейшего специалиста в области математической физики Ф. Неймана. Занимаясь в семинаре Ф. Неймана, Г.Р. Кирхгоф выполнил свою первую научную работу о токе через плоскую пластину; в ней были сформулированы два его знаменитых закона, которые уже при жизни Г.Р. Кирхгофа использовались электротехниками всех стран и легли в основу современной теории электрических цепей. Вскоре он удостоивается ученой степени и получает редко предоставляемую стипендию для поездки во Францию.

С 1848 г. Г.Р. Кирхгоф приват-доцент Берлинского университета и член Берлинского физического общества, затем недолго работал профессором физики в Бреслау, а с 1854 г. перешел в Гейдельбергский университет, где проработал более 20 лет и сделал почти все свои важнейшие открытия.

В 1859 г. им был открыт спектральный анализ, что принесло ему мировую славу. Научные интересы Г.Р. Кирхгофа поражают своей глубиной и разносторонностью: электричество и теория упругости, гидродинамика и термодинамика, излучения, спектры и спектральный анализ. Свои лекции он сопровождал оригинальными экспериментами, нередко используя для этого изобретенные им приборы, например электрометр. Среди наиболее выдающихся учеников Г.Р. Кирхгоф выделял известных русских физиков А.Г. Столетова и Н.А. Умова.

Г.Р. Кирхгоф с 1863 г. член-корреспондент Петербургской академии наук, а с 1870 г. — действительный член Берлинской академии наук.





Уитстон Чарльз (1802—1875 гг.) — английский физик, получивший всемирную известность благодаря исследованиям по электромагнетизму и оптике.

В 1843 г. изобрел широко известный четырехплечий мост (носящий его имя) для измерения электрического сопротивления проводников, на основе которого был создан ряд других мостовых измерительных схем и устройств. Значительная часть исследований Ч. Уитстона была посвящена усовершенствованию электромагнитного телеграфа, изобретенного П.Л. Шиллингом. В 1837 г. он совместно с У. Куком получил патент на «показывающий» телеграфный аппарат, пятистрелочный вариант которого почти полвека применялся на английских железных дорогах. Первая действующая линия пятистрелочного телеграфа протяженностью 21 км была установлена в 1839 г. между Лондоном и Уэст Дрейтоном.

За научные заслуги Ч. Уитстон был избран членом Лондонского Королевского общества.





Гельмгольц Герман Людвиг (1821— 1894 гг.)— немецкий ученый, один из общепризнанных лидеров физической науки второй половины XIX в.

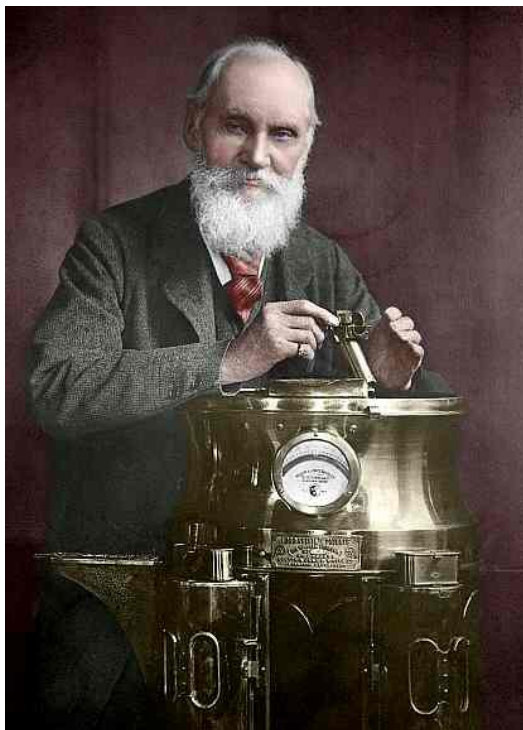
Родился в семье потсдамского учителя гимназии. Получил хорошее медицинское образование и уже в 22 года в своей диссертации, посвященной строению нервной системы, подошел к установлению нейронов. Проработав много лет в качестве военного хирурга, он стал одним из основателей известного в Германии Немецкого физического общества.

Г. Гельмгольц установил процесс расходования естества при действии мышц и заинтересовался вопросом о загадочной жизненной силе. В 1847 г. выступил с докладом «О сохранении силы», в котором подошел к объяснению закона сохранения энергии. как физиолог. Его оригинальные выводы на первых порах были сочтены «фантастическим умствованием». Г. Гельмгольц утверждал, что «невозможно при существовании любой произвольной комбинации тел природы получать непрерывно из ничего движущую силу».

Рассматривая электрические явления, Г. Гельмгольц выделяет энергию системы заряженных проводников и показывает, что при разряде лейденских банок выделяется теплота, эквивалентная запасенной электрической энергии. Он дал известное выражение электродвижущей силы индукции.

С 1849 г. Г. Гельмгольц профессор физиологии и общей патологии медицинского факультета Кенигсбергского университета, а с 1858 г. профессор физиологии в Гейдельберге, где успешно занимался физиологией зрения, издав несколько выпусков широко известной «Физиологии оптики». С 1871 г. Г. Гельмгольц становится профессором Берлинского университета и создает известный и Европе Физико-технический институт.





Томсон (Кельвин) Уильям (1824—1907 гг.) — выдающийся английский ученый, удостоенный за свои научные заслуги титула лорда Кельвина.

Родился в г. Белфасте в семье преподавателя математики. Одаренный мальчик уже в десятилетнем возрасте поступил в университет в Глазго и еще студентом опубликовал свою первую научную работу по теории теплопроводности, а когда ему исполнилось 22 года, он стал профессором натурфилософии университета в Глазго и возглавлял там кафедру до 1899 г., т. е. в течение 53 лет.

Им была создана лаборатория, в которой под его руководством были проведены важные исследования в области электродинамики, был создан ряд оригинальных приборов, в частности высокочувствительный астатический гальванометр. Кафедра и дом У. Томсона первыми в Англии стали освещаться электричеством.

У. Томсон был выдающимся педагогом, внедрившим экспериментальный метод обучения. Он был одним из соавторов известного «Трактата по натуральной философии», сыгравшего большую роль в развитии физической науки, написал огромное число работ по экспериментальной и теоретической физике. Его труд «О динамической теории теплоты» сыграл огромную роль в разработке закона сохранения энергии. У. Томсон первым заменил термин «движущая сила» на современный термин «энергия».

Многие годы У. Томсон занимался исследованием электрических колебаний и, применяя к процессу разряда закон сохранения энергии, вывел в 1853 г. уравнение разрядного процесса.

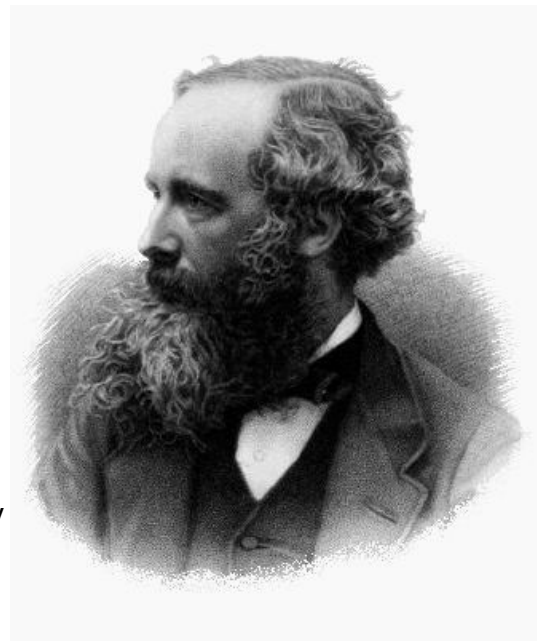


Максвелл Джеймс Клерк (1831—1879 гг.) — выдающийся английский ученый, основатель современного учения об электромагнитном поле, создатель классической электродинамики.

Родился в г. Эдинбурге, десятилетним ребенком был принят в Эдинбургскую академию, являвшуюся классической гимназией. Его увлечения естествознанием и необычайные способности. проявились уже в юношеском возрасте: в 15 лет он публикует в трудах Эдинбургского Королевского общества первые исследования об овальных кривых (1846 г.). Поступив в 1847 г. в Эдинбургский университет, уже через три года выступил в Королевском обществе с докладом о равновесии упругих тел, доказав «теорему Максвелла» по теории упругости и сопротивлению материалов. В 1850 г. переходит на учебу в Кембриджский университет.

В 1854 г., блестяще выдержав экзамены, Д.К. Максвелл получает степень бакалавра. И уже в следующем году он докладывает Кембриджскому философскому обществу первую часть своего известного мемуара «О фарадеевых силовых линиях». Д.К. Максвелл придал трудам М. Фарадея математическую завершенность и сформулировал законы электромагнитного поля, которые М. Фарадей впервые представил с помощью силовых линий. Свою электромагнитную теорию Д.К. Максвелл вначале изложил в работах «О физических линиях силы» (1861—1862 гг.) и «Динамическая теория поля» (1864—1865 гг.). Свой главный труд «Трактат по электричеству и магнетизму» (1873 г.) он заканчивал уже будучи профессором Кавендишской лаборатории, куда был приглашен в 1871 г. Эта лаборатория благодаря Д.К. Максвеллу стала ведущим центром физической науки. Теория электромагнитного поля, разработанная Д.К. Максвеллом, знаменовала собой новый этап в развитии физики и по праву стоит в одном ряду с такими фундаментальными научными открытиями, как ньютоновская механика или квантовая механика. Преждевременная смерть помешала Д.К. Максвеллу более элементарно изложить свою теорию.

Д.К. Максвелл утвердил в физике понятие «электромагнитное поле» как носитель электромагнитной энергии. Он был блестящим разносторонним ученым, ему принадлежат глубокие исследования в области тепловых движений, разработки теории «цветного зрения», проблем «кривизны поверхностей» и многие другие.



Ленц Эмилий Христианович (1804— 1865 гг.) — выдающийся российский ученый-физик, прославивший свое имя трудами в области электромагнетизма, электрических машин и электрических измерений.

Родился в Тарту (Эстония, в то время это был город Дерпт) в семье обер-секретаря городского магистрата. После окончания гимназии в 1820 г. поступил в Дерптский университет.

Студентом второго курса участвовал в кругосветной научной экспедиции и изобрел несколько приборов для исследования океана (барометр и глубиномер), получивших высокую оценку специалистов. По время трехлетнего плавания усердно занимался физикой и математикой. Отчет о проведенной научной работе Э.Х. Ленца был признан как ценный научный вклад молодого физика, и в 1828 г. он был избран адъюнктом Петербургской Академии наук по физике, в 1830 г. — академиком.

В 1831— 1836 гг. Э.Х. Ленцем была проведена целая серия важных электромагнитных исследований. С целью измерения индукционных токов Э.Х. Ленц создал баллистический гальванометр, разработав его теорию, а позднее предложил способ изучения формы кривой переменного тока. Э.Х. Ленц экспериментально доказал, что электродвижущая сила, возбуждаемая в катушке, пропорциональна числу ее витков. Одним из фундаментальных открытий Э.Х. Ленца явилось установление им в 1832 г. закона «определения направления гальванических токов, возбуждаемых электродинамической индукцией». Этот закон сыграл огромную роль в последующем развитии электротехники, а также явился частным случаем закона сохранения энергии при взаимных превращениях механической и электромагнитной энергии. Это было за много лет до установления всеобщего закона сохранения энергии. Открытый Э.Х. Ленцем закон позволил ему впервые установить принцип обратимости двигателя и генератора, а в 1835 г. он доказал это.

В 1836 г. Э.Х. Ленц вывел формулу для определения температурной зависимости сопротивления металлов. Э.Х. Ленц преподавал физику в Петербургском университете, а позднее стал ректором и много сделал для совершенствования преподавания физики и подготовки учебных пособий. В 1847 г. Э.Х. Ленц открыл явление реакции якоря в электрических машинах и совместно с Б.С. Якоби провел важные исследования по изучению закона намагничивания железа и измерению «возбужденного магнетизма».

Еще в 1833 г. задолго до Д. Джоуля Э.Х. Ленц пришел к установлению закона теплового действия тока. В 1844 г. им была выведена формула для определения тока в любой из параллельно соединенных ветвей при наличии в них источников электродвижущих сил. Поэтому он по праву может считаться предшественником Г. Кирхгофа.



Джоуль Джемс Прескотт (1818—1889 гг.) — английский ученый. Родился в семье пивовара, сам был владельцем большого пивоваренного завода. С юных лет увлекся электрическими явлениями и конструированием электрических приборов.

В октябре 1841 г. опубликовал статью о тепловом эффекте электрического тока, в которой утверждал, что количество теплоты, выделяемое током в проводнике, пропорционально квадрату тока. Он знал, что задолго до него аналогичные исследования проводил петербургский академик Э.Х. Ленц, который опубликовал в 1843 г. свою работу «О законах выделения тепла гальваническим током». Закон о тепловом действии тока вошел в науку под названием закона Джоуля—Ленца.

Заслугой Д.П. Джоуля является то, что он пришел к установлению взаимосвязи между теплотой, выделяемой в проводнике, и химическим превращением в гальванической батарее.

Д.П. Джоуль сумел определить механический эквивалент теплоты, проведя ряд оригинальных экспериментов. Он подошел к установлению закона сохранения энергии и стал одним из основоположников кинетической теории теплоты и газов. Еще в 40-х годах прошлого века Д.П. Джоуль смело утверждал, что теплота не может быть веществом, она состоит в движении частиц тела. Позднее к установлению закона сохранения энергии пришли Майер, Г. Гельмгольц и другие крупные ученые.



Гопкинсон Джон (1849—1898 гг.) — английский электротехник, член Королевского общества. В 1884 г. совместно со своим братом инженером Эдвардом Гопкинсоном получил в Англии патент на «Конструкцию и применение индукционной катушки» с замкнутым магнитопроводом, изготовлявшимся из проволок или пластин листового железа. Это был первый трансформатор с замкнутым магнитопроводом. Они также предусмотрели возможность регулирования индуцированного тока.

Большой заслугой братьев Гопкинсонов является разработка математических методов расчета магнитной системы электрических машин. В 1886 г. на заседании Королевского общества Гопкинсоны сделали доклад, в котором показали, что магнитный поток пропорционален произведению числа витков обмотки на намагничивающий ток и обратно пропорционален сумме всех сопротивлений магнитной цепи. Предложенный ими метод расчета магнитной системы позволял предусмотреть характеристики электрической машины еще в стадии ее проектирования.

В 1879 г. Д. Гопкинсон ввел графическое представление о зависимостях в электрических машинах, так называемые характеристики холостого хода, внешнюю и др. Им же введено понятие коэффициента магнитного рассеивания. Вклад Д. Гопкинсона в теорию электрических машин не потерял своего значения до наших дней.





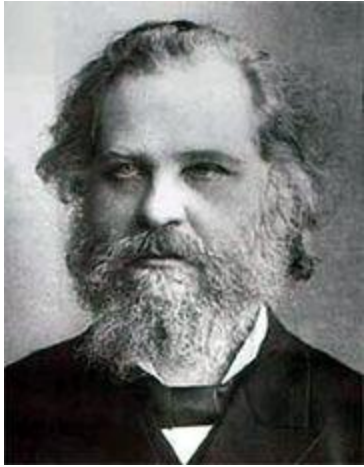
Герц Генрих Рудольф (1857—1894 гг.) — знаменитый немецкий физик, впервые экспериментально доказавший существование электромагнитных волн согласно теории Д.К. Максвелла.

Родился в Гамбурге в семье адвоката. Учился в реальном училище, затем в гимназии и в Дрезденской, потом Мюнхенской технической школе, поражая учителей превосходной памятью и успехами как в математических, так и в гуманитарных науках.

В 1880 г. закончил Берлинский университет и три года работал в лаборатории под руководством Г. Гельмгольца, занимаясь исследованиями в области электродинамики. В 24 года он уже доктор натуральной философии и математики, в 1883—1885 гг. приват-доцент на кафедре физики Кильского университета, в 1885—1889 гг. профессор физики в Высшей технической школе в г. Карлсруэ, в 1889—1894 гг. — профессор экспериментальной физики Боннского университета.

Работая в физическом кабинете в Высшей технической школе в Карлсруэ, Г. Герц получил с помощью индукционной катушки Г. Румкорфа «быстрые электрические колебания». Изучая колебательный разряд, он создал свой «классический излучатель» — вибратор, который позволил увеличить частоту колебаний более чем в 100 раз. Искровой разряд вибратора сопровождался возникновением электромагнитных волн, которые нужно было зарегистрировать. И Г. Герц сконструировал простейший приемник — резонатор. При соответствующем подборе размеров обоих приборов их можно было настроить в резонанс, и тогда резонатор, находившийся в нескольких метрах от вибратора, воспроизводил искры той же частоты. Это произошло весной 1887 г. Продолжая эксперименты, Г. Герц установил, что электромагнитные волны отражаются от зеркал, преломляются в призмах, поляризуются, т.е. обладают всеми свойствами световых волн. Таким образом, Г. Герцу удалось перевести на экспериментальный язык уравнения Д.К. Максвелла. Г. Гельмгольц назвал работы Г. Герца «важнейшим физическим открытием новейшего столетия».





Умов Николай Алексеевич (1846— 1915 гг.) — выдающийся российский физик. В 1867 г. закончил математический факультет Московского университета. В 1871 г. получил ученую степень магистра физико-математических наук. В 1873 г. опубликовал работу «Уравнения движения энергии в телах», а в 1874 г. защитил в университете докторскую диссертацию. Впервые ввел понятия движения и потока энергии движущихся частиц, плотности энергии и скорости ее движения, а также вектора, определяющего поток энергии, текущей в единицу времени через площадку, нормальную к этому вектору (вектор Умова), установил связь между количеством энергии, отнесенным к единице времени, и изменением количества энергии в среде (теорема Умова). Ряд работ Н.А. Умова относится к земному магнетизму.





Пойнтинг Джон Генри (1852—1914 гг.) — английский физик, прославившийся своими исследованиями электромагнитных явлений.

В 1876 г. окончил Кембриджский университет. Работал в Манчестерском университете и Кавендишской лаборатории, затем стал профессором Бирмингемского университета.

Основные его работы относятся к электромагнетизму, а также к оптике и астрофизике. С 1888 г. — член Лондонского Королевского общества, а с 1910 г. — вице-президент этого общества.

Широкую известность Д. Г. Пойнтингу принесла в 1884 г. его статья «О переносе энергии в электромагнитном поле» в наиболее авторитетном журнале «Труды Королевского общества». В этой статье автор вводит понятие «потока энергии электромагнитного поля». Он впервые показывает изменение во времени энергии электрического и магнитного полей. Математически доказывает, что скорость изменения электрической энергии, содержащейся внутри замкнутой поверхности, равна некоторому интегралу по этой поверхности за вычетом скорости изменения магнитной энергии внутри той же поверхности и джоулева тепла, выделяемого проводниками с токами, находящимися в рассматриваемом объеме. Впоследствии этот вывод получил название «Теорема Пойнтинга». Кроме того, Д.Г. Пойнтинг вывел выражение векторного произведения, называемое «Вектором Пойнтинга».



Контрольные вопросы

1. Какие явления наблюдались в опыте электромагнитных вращений М. Фарадея? Как был поставлен этот опыт?
2. Какие опыты М. Фарадея привели к открытию явления электромагнитной индукции?
3. Какое объяснение дал М. Фарадей магнетизму вращения?
4. Какой ученый независимо от М. Фарадея открыл явление электромагнитной индукции?
5. Вклад Г.Р. Кирхгофа в развитие электротехники.
6. Кто занимался исследованием теплового действия электрического тока?
Каков результат исследований?
7. Кто разработал теорию электромагнитного поля?
8. Кем и каким образом было экспериментально доказано существование электромагнитных волн?
9. Какие ученые и изобретатели работали в области конструирования электрического генератора и двигателя?
Каких успехов они достигли?



Использованная литература

- История электротехники / Под ред. И.А. Глебова — М.: Издательство МЭИ, 1999. — 524с.
- История энергетической техники/ Белькинд Л. Д., Веселовский О. Н., Конфедератов И.Я., Шнейберг Я. Л. — М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1960.

