

# Тема 1

**Краткий исторический  
обзор развития  
представлений о  
природе электричества  
и магнетизма.**

# ОГЛАВЛЕНИЕ

1.1. Представление об электричестве и магнетизме в Древнем мире.

1.2. Представления об электричестве и магнетизме в XVIII – XIX века.

1.3. Отечественная школа физики.

1.4. Современные представления об электричестве и магнетизме.

1.5. Применения электродинамики.

## 1.1. Представление об электричестве и магнетизме в Древнем мире.

Первые сведения об электричестве относятся к эпохе древнего мира. Эти сведения дошли до нас в виде многочисленных легенд. Например, такой легендой является сказание о пастухе Магнуме, который пас своих овец на горе, и однажды подошвы его башмаков прилипли к почве, да так, что он не смог оторвать ног от земли. Это произошло потому, что в горе было большое месторождение магнитных руд. Магниты были известны также и в странах Древнего Востока. Например, в Китае он был известен под названием “камень материнской любви”. Магнитам в разное время приписывали различные лечебные свойства — они применялись для лечения расстройств желудка, болезней многих внутренних органов и даже для продления жизни. Как известно из современных источников, не все эти представления были лишены смысла. Магнитотерапия активно применяется сейчас во многих серьезных научно-исследовательских центрах при лечении различных тяжелых заболеваний, таких, например, как гемофилия и сахарный диабет.

Другим известным фактом было то, что янтарные веретена, которыми пользовались древнегреческие ткачи, после использования начинали притягивать к себе кусочки нитей и другие маленькие предметы. По греческому названию янтаря (электрон) впоследствии такие явления стали называться электрическими.

## 1.2. Представления об электричестве и магнетизме в XVIII – XX века.

Основные представления об электричестве сложились уже на рубеже XVIII-XIX вв.

В России изучением электричества занимались Ломоносов и Рихман. Последний погиб при проведении эксперимента с атмосферным электричеством.

Гальвани исследовал электрические явления и проделал следующий опыт. К железной решетке балкона на медной проволоке была подвешена лягушачья лапка. Когда лапка касалась решетки, она сокращалась. Это привело Гальвани к мысли о том, что источником электричества являются живые существа. Открытие “живого электричества” привело к попыткам продлить человеческую жизнь с помощью “подзарядки”. Другого мнения придерживался Вольта. Он предположил, что электрический ток возникает при влажном контакте двух различных металлов. Он впервые собрал электрическую батарею, известную впоследствии как вольтов столб, а также изобрел прибор, с помощью которого удалось зафиксировать ту малую разность потенциалов, которую давал этот столб. Именно с этим открытием электричество вышло из стадии забавной игрушки, и начались исследования по практическому применению электрического тока.

В 1802 году академик В. В. Петров открыл, а впоследствии исследовал электрическую дугу.

Проведенные Фарадеем и Ампером опыты показали связь, существующую между электрическими и магнитными явлениями. В 1831 году Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции, которое открыло новую эпоху в развитии науки об электричестве.

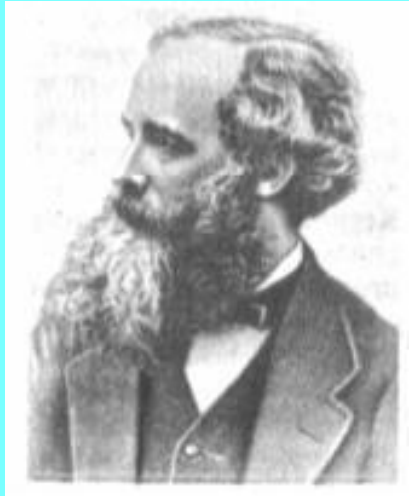
В 1864 году Максвеллом была разработана электромагнитная теория поля, завершившая этап классических представлений об электричестве.

Далее Лоренц создал классическую теорию проводимости, по которой электроны представляют собой идеальный газ.

Одной из первых работ Максвелла стала его кинетическая теория газов. В рамках своей теории Максвелл объяснил закон Авогадро, диффузию, теплопроводность, внутреннее трение (теория переноса). В 1867 г. показал статистическую природу второго начала термодинамики («демон Максвелла»).

Максвелл исследовал электричество и магнетизм. Следуя Фарадею, Максвелл разработал гидродинамическую модель силовых линий и выразил известные тогда соотношения электродинамики на математическом языке, соответствующем механическим моделям Фарадея. В 1860–1865 гг. Максвелл создал теорию электромагнитного поля, которую сформулировал в виде системы уравнений (уравнения Максвелла), описывающих основные закономерности электромагнитных явлений.

В октябре 1861 г. Максвелл сообщил Фарадею о своем открытии: свет – это электромагнитное возмущение, распространяющееся в непроводящей среде, т.е. разновидность электромагнитных волн.





Первый этап исследований, начатых Омом в 1821 г., относился к изучению проводимости различных проводников. Ему удалось определить проводимость проволок из различных материалов и доказать влияние температуры на проводимость проводников.

На основе многочисленных экспериментов ему удалось вывести формулу, связывающую ток с электровозбуждающей силой источника и сопротивлением цепи - это уже был закон электрической цепи.

**В 1831 году Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции, которое открыло новую эпоху в развитии науки об электричестве. Работам Фарадея в области электричества положило начало исследование так называемых электромагнитных вращений Фарадей поставил перед собой вопрос: не стремится ли магнит к непрерывному движению вокруг проводника с током? Опыт подтвердил гипотезу.**



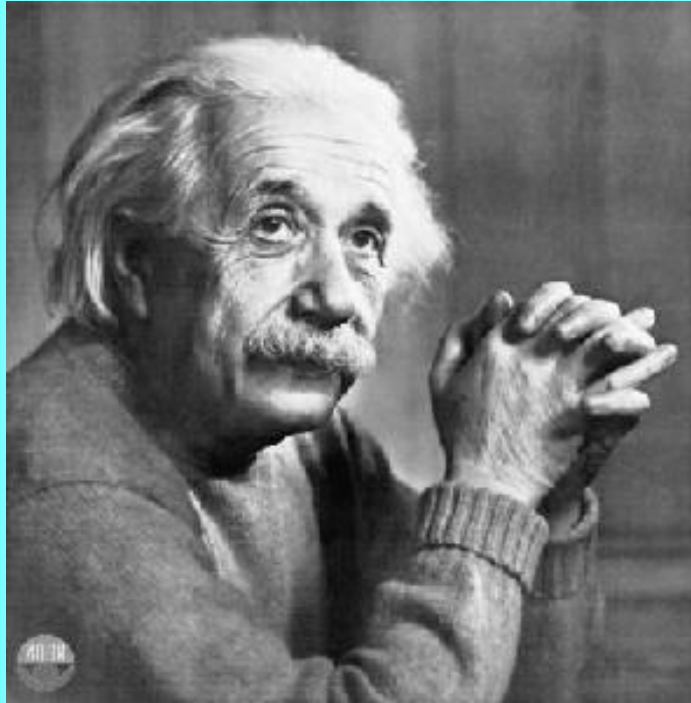


**Большое значение имели исследования Ампером взаимодействий круговых и линейных токов. Ампером впервые были введены термин "электрический ток" и понятие о направлении электрического тока. Он предложил считать за направление тока направление движения положительного электричества (от плюса к минусу во внешней цепи). Наблюдая отклонение магнитной стрелки под влиянием протекающего по проводнику тока, Ампер сумел сформулировать правило, позволяющее определить направление отклонения стрелки в зависимости от направления тока в проводнике.**



**Далее Лоренц создал классическую теорию проводимости, по которой электроны представляют собой идеальный газ. В начале 90-х годов XIX в. Г. Лоренц на основе своей электронной теории и гипотезы о неподвижном эфире выводит уравнения электромагнитного поля для движущихся сред. И делает очень важный вывод: никакие оптические и электромагнитные опыты, проведенные в равномерно и прямолинейно движущейся системе отсчёта, не в состоянии обнаружить этого движения.**





**Основополагающая работа Эйнштейна по теории относительности называлась "К электродинамике движущихся сред". Она поступила в редакцию журнала "Анналы физики" 30 июня 1905 г. Работа состояла из двух частей. В первой из них были изложены основы новой теории пространства и времени, во второй - применение этой теории к электродинамике движущихся сред. В основу своей теории Эйнштейн кладёт два постулата:**

**1. Принцип относительности - в любых инерциальных системах все физические процессы - механические, оптические, электрические и другие - протекают одинаково. 2. Принцип постоянства скорости света - скорость света в вакууме не зависит от движения источника и приемника, она одинакова во всех направлениях, во всех инерциальных системах и равна  $3 \cdot 10^8$  м/с.**

### 1.3. Отечественная школа физики.

Новые научные учреждения стали организовываться уже в 1918 году.

В результате напряженной работы ученых была создана новая физика с большим диапазоном научных проблем. В тематике исследований фигурировали современные проблемы атомной физики, радиоактивности, электроники, радиофизики, физики твердого тела и т.д. Особое развитие вначале получили радиофизика и электроника.

В истории радиотехники до второй мировой войны выделяются два этапа. Первый этап – искровой радиотехники – начинается непосредственно с открытия А.С. Попова. Началом второго этапа следует считать изобретение в 1907 г. американским радиотехником Ли де Форестом электронной лампы – триода. В 1913 г. Александр Мейснер разработал генератор незатухающих колебаний с триодом. Вторая мировая война стимулировала развитие микроволновой радиотехники и полупроводниковой электроники – третий этап в истории радиотехники.

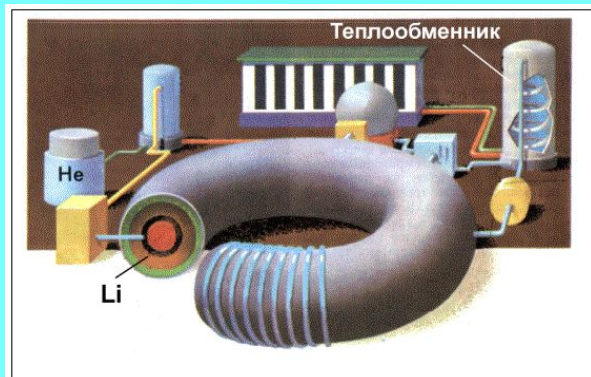
Электронные лампы конструкции Михаила Александровича Бонч-Бруевича обеспечивали развитие радиотехники и радиофизики.

Радиотехнику в нашей стране развивали И.Г. Фрейман, автор первого отечественного курса радиотехники, В.П. Вологдин, конструктор машин высокой частоты, О.В. Лосев, открывший еще в 20-х годах транзисторный эффект.

# Арцимович Лев Андреевич (1909–1993 гг.)



В 1950 г. возглавил экспериментальные исследования по управляемому термоядерному синтезу, проводившиеся в основном в Институте атомной энергии им. И.В.Курчатова, где Арцимович работал с 1944 г. В 1952 г. открыл (совместно с сотрудниками) нейтронное излучение высокотемпературной плазмы. Руководил работами на термоядерных установках «ТОКАМАК», результатами которых стало получение физической термоядерной реакции в устойчивой квазистационарной плазме.



ТОКАМАК

**ТОКАМАК** – устройство для осуществления реакции термоядерного синтеза в горячей плазме в квазистационарном режиме, причем плазма создается в тороидальной камере и ее стабилизирует магнитное поле. Предназначение установки – преобразование внутриядерной энергии в тепловую и далее – в электрическую. Слово «ТОКАМАК» является аббревиатурой от названия «тороидальная камера магнитная», однако создатели установки заменили в конце «Г» на «К», чтобы не вызывать ассоциаций с чем-то магическим.

# Иоффе Абрам Федорович (1880–1960 гг.)



Первая работа (1913 г.) Иоффе, составившая предмет его магистерской диссертации, была посвящена элементарному фотоэлектрическому эффекту и относилась к кругу классических исследований по определению заряда электрона. Он доказал реальность существования электрона независимо от остальной материи, определил абсолютную величину его заряда, исследовал магнитное действие катодных лучей, представляющих собой поток электронов, доказал статистический характер вылета электронов при внешнем фотоэффекте. Следующим обширным исследованием Иоффе было продолжение его работы (1905 г.), выполненной в лаборатории Рентгена. Оно было посвящено изучению упругих и электрических свойств кварца и легло в основу его докторской диссертации.

Еще одна область исследований Иоффе, – физика кристаллов. В 1916–1923 гг. он изучал механизм проводимости ионных кристаллов.

В начале 1930-х годов по инициативе Иоффе начались систематические исследования новых в то время материалов – полупроводников.

# Курчатов Игорь Васильевич (1903–1960 гг.)



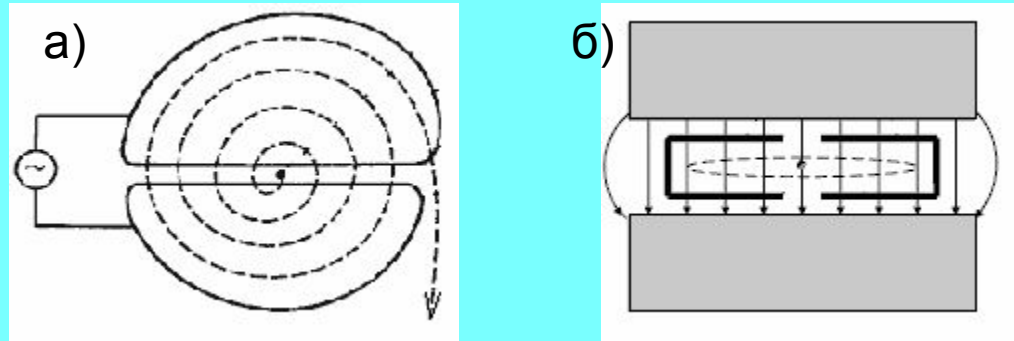
До 1932 г. занимался изучением электрических свойств твердых тел, после 1932 г. – вопросами излучения атомного ядра. Исследовал электропроводность твердых тел, механизм пробоя твердых диэлектриков; заложил основы учения о сегнетоэлектричестве; внес большой вклад в изучение электрических свойств кристаллов. В 1931–1932 гг. вместе с К.Д. Синельниковым осуществил исследования по физике полупроводников.

В 1932 г. научные интересы Курчатова перемещаются в сферу ядерной физики. В 1933 г. была построена высоковольтная установка и ускорительная трубка для ускорения протонов до энергии 350 кэВ, сконструированы высоковольтные установки в Харьковском ФТИ.

В 1937 г. при прямом руководстве Курчатова был запущен крупный **циклотрон**.

В 1954 г. вступила в строй первая в мире атомная электростанция. В начале 1950-х в нашей стране были начаты исследования по проблеме управляемого термоядерного синтеза, которые тоже находились под постоянным контролем Курчатова.

# Циклотрон



Циклотрон (а – вид сверху, б – вид сбоку)

**Циклотрон** - циклический резонансный ускоритель тяжелых заряженных частиц, в котором частота ускоряющего поля и управляющее магнитное поле постоянны во времени. В циклотроне ускоряющее переменное электрическое поле создается между двумя полями электродами (дуантами). Дуанты помещены в замкнутую камеру, расположенную между полюсами сильного магнита.

## 1.4. Современные представления об электричестве и магнетизме.

Хотя в последние тридцать лет в физике наблюдается некоторое затишье, уже намечаются некоторые открытия. Так, например, проводятся попытки сравнить скорости распространения гравитационного и электромагнитного взаимодействия, которые, по предсказаниям теории относительности, совпадают. В ЦЕРНе строится Большой адронный коллайдер высоких энергий, который должен помочь проверить две фундаментальные теории: Суперсимметрия и бозон Хиггса.

В январе 2003 года исследователь Университета штата Миссури Сергей Копейкин и астрофизик Эд Фомалонт измерили скорость распространения гравитации. Она оказалась 0.95 скорости света с погрешностью в 20 % в полном соответствии с теорией относительности Эйнштейна.

Всё большее внимание отводится рассмотрению вопросов, связанных с устройством вещества на субэлементарном уровне (бесконечная вложенность материи).

Крупнейшая АЭС в мире Касивадзаки-Карива по установленной мощности (на 2008 год) находится в Японском городе Касивадзаки префектуры Ниигата — в эксплуатации находятся ядерные реакторы, суммарная мощность которых составляет 8,212 ГигаВатт.

В настоящее время при участии России на юге Франции ведётся строительство международного экспериментального термоядерного реактора ITER.



## ***Развитие электронно-вычислительных машин (ЭВМ)***

Элементной базой ЭВМ первого поколения (1945-1950 гг.) были вакуумные электронные лампы. Главным недостатком электронных ламп было то, что устройства на их основе были очень громоздкими. Для питания ламп необходимо было подводить дополнительную энергию для нагрева катода, а образованное ими тепло отводить. С середины XX века лампы практически полностью вытеснились транзисторами.

Следующим крупным шагом в истории ЭВМ стало изобретение транзистора в 1947 году. О компьютерах на транзисторах обычно говорят как о «втором поколении», которое доминировало в 1950-х и начале 1960-х годов. Например, IBM 1620 на транзисторах была размером с офисный стол. Однако ЭВМ второго поколения по-прежнему были довольно дороги и поэтому использовались только университетами, правительствами, крупными корпорациями.

Бурный рост использования компьютеров начался с т. н. «3-им поколением» вычислительных машин. Начало этому положило изобретение интегральных схем (1958 г.), которые независимо друг от друга изобрели лауреат Нобелевской премии Джек Килби (германиевые) и Роберт Нойс (кремниевые).

В течение 1960-х наблюдалось определённое перекрытие технологий 2-го и 3-го поколений.

Появление микропроцессоров привело к разработке микрокомпьютеров — небольших недорогих компьютеров, которыми могли владеть небольшие компании или отдельные люди. Микрокомпьютеры, представители четвертого поколения, первые из которых появились в 1970-х, стали повсеместным явлением в 1980-х и позже.

## ***Квантовая теория поля (КТП)***

Квантовая теория поля (КТП) — квантовая теория систем с бесконечным числом степеней свободы (полей физических). КТП, возникшая как обобщение квантовой механики в связи с проблемой описания процессов порождения, поглощения и взаимных превращений элементарных частиц, нашла затем широкое применение в теории твёрдого тела, атомного ядра и др. и является теперь основным теоретическим методом исследования квантовых систем.

КТП оказалась единственной пока теорией, способной описать и предсказать поведение элементарных частиц при высоких энергиях (то есть при энергиях, существенно превышающих их энергию покоя).

1863 г. Максвелл - создана теория электромагнетизма.

1900 г. Макс Планк – создана квантовая теория излучения.

1905 г. А. Эйнштейн – разработана фотонная теория света.

1915 г. А. Эйнштейн - сформулировал общую теорию относительности.

1923 г. Луи де Бройль - предположил, что корпускулярно-волновой дуализм свойственен не только свету, но и веществу.

1925 г. Вернер Гейзенберг - разработал «матричную механику».

1928 г. Поль Дирак - дал релятивистский вариант квантовой механики и предсказал существование позитрона, положив начало квантовой электродинамике.

В 1932 г. после открытия Чедвиком нейтрона было установлено, что ядра атомов состоит из протонов и нейтронов.

1940-е гг. квантовая электродинамика как последовательная квантовая теория поля была создана Фейнманом, Швингераом, Томонагой, Дайсоном.

В 1967 году Саламом и Вайнбергом была создана теория электрослабого взаимодействия.

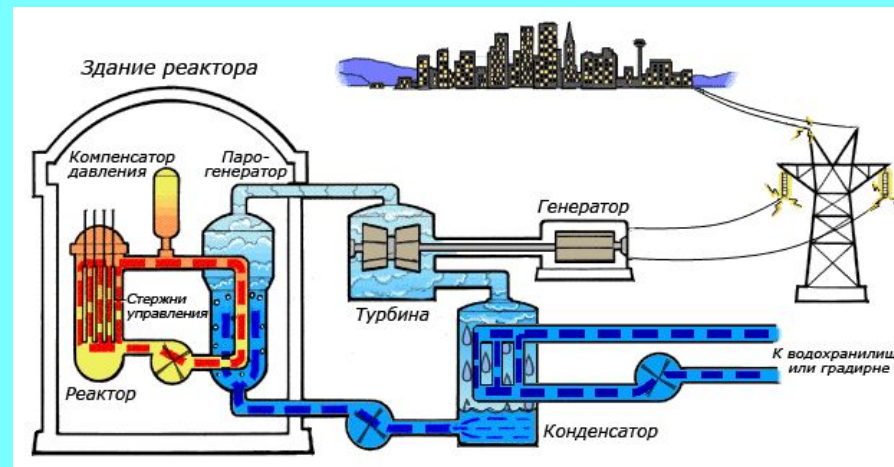
В 1973 году была предложена теория сильного взаимодействия (квантовая хромодинамика).

## 1.5. Применение электродинамики.

**Электроэнергетика** — ведущая составляющая часть энергетики, обеспечивающая электрификацию хозяйства страны. Достоинства электроэнергетики заключается в относительной лёгкости передачи на большие расстояния, распределения между потребителями, а также преобразования в другие виды энергии (механическую, тепловую, химическую, световую и др.).

Основная часть электроэнергии вырабатывается крупными электростанциями: **тепловыми и гидравлическими.**

**Атомные(АЭС)** — комплекс технических сооружений, предназначенных для выработки электрической энергии путём использования энергии, выделяемой при контролируемой ядерной реакции.



Ещё более интересной, хотя и относительно отдалённой перспективой выглядит использование энергии ядерного синтеза.

Термоядерные реакторы, по расчётам, будут потреблять меньше топлива на единицу энергии, и как само это топливо (дейтерий, литий, гелий-3), так и продукты их синтеза нерадиоактивны и, следовательно, экологически безопасны.

**РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ** - совокупность методов исследования строения вещества, а также физических и химических процессов в нём, основанных на резонансном поглощении радиоволн. Радиоспектроскопия изучает вещество в твёрдом, газообразном и жидком состояниях. Основатель радиоспектроскопии (1933–1940 гг.) - Раби Изидор Айзек.

#### **Направления радиоспектроскопии:**

Микроволновая спектроскопия исследует переходы между уровнями энергии, обусловленными: либо вращательными движениями молекул; либо тонкой структурой вращательных уровней.

**Ферромагнитный резонанс (ФР)**, ферримагнитный резонанс и антиферромагнитный резонанс (АФР). В магнитоупорядоченных средах наблюдается резонансное поглощение радиоволн, связанное с коллективным движением магнитных моментов электронов.

Ферромагнитный резонанс впервые обнаружил Владимир Константинович Аркадьев (1884-1953) в 1913 г.

**Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)** — резонансное поглощение радиоволн, обусловлено переходами между уровнями, возникающими при взаимодействии с внешним магнитным полем  $H$  магнитных моментов неспаренных электронов атомов, ионов и свободных радикалов, а также магнитных моментов носителей тока в металлах и полупроводниках.

Открыто Евгением Константиновичем Завойским в 1944 г.

**Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)** — резонансное поглощение радиоволн, обусловленное переходами между уровнями энергии, возникающими при взаимодействии магнитных моментов ядер с внешним магнитным полем  $H$ .

Явление ядерного магнитного резонанса было открыто в 1945—1946 гг. двумя независимыми группами ученых во главе которых были Ф. Блох и Э. Пёрселл.

**Циклотронный резонанс (ЦР)** наблюдается в металлах и полупроводниках, помещенных в магнитное поле  $H$ , при совпадении частоты волны с циклотронной частотой носителей тока.

Первое наблюдение циклотронного резонанса было сделано в 1953 Дресселхаусом, Кипом и Киттелем в 1953 на кристаллах германия.

**РАДИОЛОКАЦИЯ** - метод обнаружения и определения местонахождения объектов посредством радиоволн. Эти волны излучаются радиолокационной станцией, отражаются от объекта и возвращаются на станцию, которая анализирует их, чтобы точно определить место, где находится объект.

Одним из первых важных применений радиолокации были поиск и дальнейшее обнаружение. Ракеты с радиолокационным наведением оснащаются для выполнения боевых задач специальными автономными устройствами.

Океанские суда используют радиолокационные системы для навигации. На промысловых траулерах радиолокатор находит применение для обнаружения косяков рыбы. На самолетах радиолокаторы используют для решения ряда задач, в том числе для определения высоты полета относительно земли. В аэропортах радиолокаторы применяются для управления воздушным движением и посадки самолета в условиях плохой видимости. Радиолокация применяется для прогнозирования погоды. В космических исследованиях радиолокаторы применяют для управления полетом ракет-носителей и слежения за спутниками и межпланетными космическими станциями.

Влияние корабля, пересекающего трассу радиоволн, на силу сигнала зарегистрировал А. С. Попов в 1897 году. Впервые идея обнаружения корабля по отраженным от него радиоволнам была сформулирована немецким инженером К. Хюльсмайером (1904 году). Интерференцию незатухающих радиоволн, приходящих к приёмнику по двум путям - от передатчика и, после отражения, от движущегося судна, - впервые наблюдали американский инженер А. Тейлор и Л. Юнг в 1922 году, а интерференцию при отражении радиоволн от самолёта - американский инженеры Б. Тревор и П. Картер в 1932 году.

В нашей стране работы по радиолокации были развёрнуты с 1933 году по инициативе М. М. Лобанова, под руководством Ю. К. Коровина и П. К. Ощепкова. Импульсный метод радиолокации разработан в 1937 году в Ленинградском физико-техническом институте под руководством Ю. Б. Кобзарева.

Первый в мире радиовысотометр был разработан Лабораторией А. Белла в 1938 году.

**РАДИО И ТЕЛЕВИДЕНИЕ** - передача и прием аудио- и видеoinформации с помощью электромагнитных волн. Электромагнитные волны, используемые для радио- и телевидения, модулируются сигналами передаваемых программ.

Создателем первой системы обмена информацией с помощью радиоволн традиционно считается итальянский инженер Гульельмо Маркони (1896). Однако у Маркони, были предшественники. В России «изобретателем радио» считается А. С. Попов, создавший в 1895 г. практический радиоприёмник. В США таковым считается Никола Тесла, запатентовавший в 1893 году радиопередатчик, а в 1895 г. приёмник.

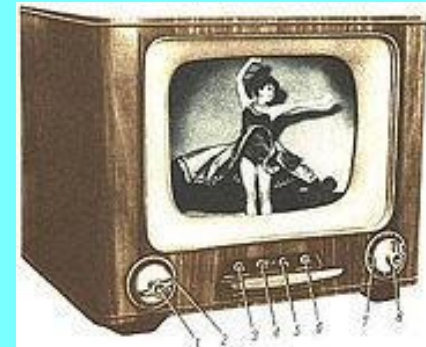
Первым же изобретателем способов передачи и приёма электромагнитных волн (которые длительное время назывались «Волнами Герца — Hertzian Waves»), является сам их первооткрыватель, немецкий учёный Генрих Герц (1888).

Технологии телевидения не были изобретены одним человеком и за один раз. В основе телевидения лежит открытие фотопроводимости селена, сделанное Уиллоуби Смитом (англ. Willoughby Smith) в 1873 году. Изобретение сканирующего диска Паули Нилковым в 1884 году послужило толчком в развитии механического телевидения, которое пользовалось популярностью вплоть до 1930-х годов.

Первый патент на используемое сейчас электронное телевидение получил профессор Петербургского технологического института Борис Розинг, который подал заявку на патентование "Способа электрической передачи изображения" 25 июля 1907 года. Однако ему удалось добиться только передачи на расстояние неподвижного изображения - в опыте от 9 мая 1911 года.



Телефонный приемник конструкции А.С.Попова



Первый польский телевизор

**РАДИОАСТРОНОМИЯ** - раздел астрономии, изучающий космические объекты путем анализа приходящего от них радиоизлучения. Многие космические тела излучают радиоволны, достигающие Земли: это, в частности, внешние слои Солнца и атмосфер планет, облака межзвездного газа.

Радиоастрономия возникла в 30-х годах 20-го века вместе с появлением первых радиотелескопов.

Первым космическое радиоизлучение зарегистрировал Карл Янский в 1931 году.

Первый телескоп с параболической антенной, созданный специально для целей радиоастрономии, соорудил Гроут Ребер в 1937 году.



Радиоантенна Янского.



Радиотелескоп в Аресибо, Пуэрто-Рико.



Система радиотелескопов VLA в Нью-Мексико (США).