

# Тема 23

**Излучение электромагнитных волн.  
Опыты Герца, вибратор Герца.  
Изобретение радиосвязи А. С.  
Поповым. Принцип радиосвязи и  
радиолокации**

# ОГЛАВЛЕНИЕ

23.1. Излучение электромагнитных волн.

23.2. опыты Герца, вибратор Герца.

23.3. Изобретение радиосвязи А. С. Поповым.

Принцип радиосвязи и радиолокации.

## 23.1. Излучение электромагнитных волн

Как известно, электрические колебания могут быть созданы в колебательном контуре. При этом заметного излучения электромагнитных волн не происходит, т. к. взаимопревращения энергии электрического и магнитного полей локализованы в объемах конденсатора и катушки индуктивности. Для испускания электромагнитных волн в пространство необходимо преобразовать закрытый колебательный контур в открытый.

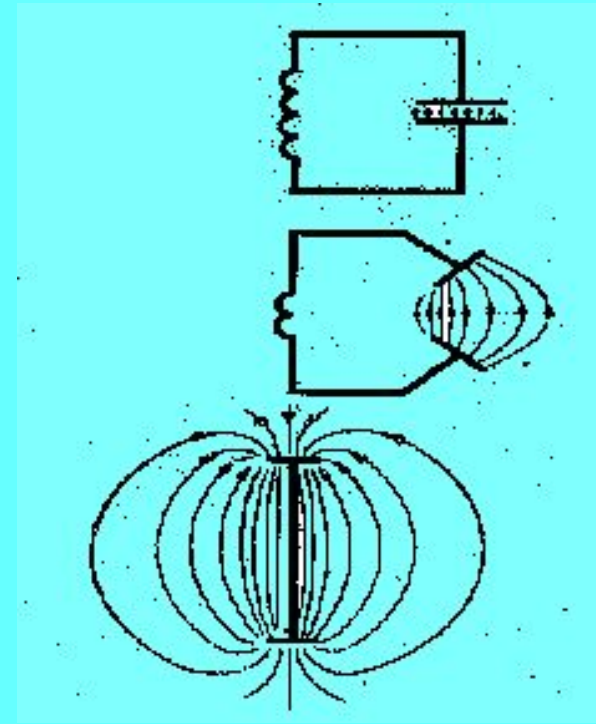


Рис. 23.1.

Электромагнитные волны, как и волны другого происхождения, имеют способность отражаться, поглощаться, преломляться. Эти явления можно наблюдать в следующих опытах.

## Опыт 23.1. Основные демонстрации с генератором сантиметровых волн (длина волны 2-3 см)

### Оборудование:

1. Комплект аппаратуры для изучения свойств электромагнитных волн.
2. Выпрямитель ВУП - 1.
3. Усилитель низкой частоты.
4. Громкоговоритель.
5. Провода соединительные.

Электрические колебания генератора поступают на излучатель, сделанный в виде рупора. Затем они распространяются в направлении, в котором направлен рупор. Приемная антенна, выполненная также в виде рупора, принимает волну, а кремниевый диод детектирует ее, после чего принятый сигнал усиливается и подается на громкоговоритель. По громкости звука можно судить о приеме волны.

## 1. Поглощение электромагнитных волн.

Добившись хорошей слышимости звука из громкоговорителя, помещаем между рупорами диэлектрические тела, при этом наблюдается значительное понижение громкости звука, т.е. диэлектрики поглощают электромагнитные волны.

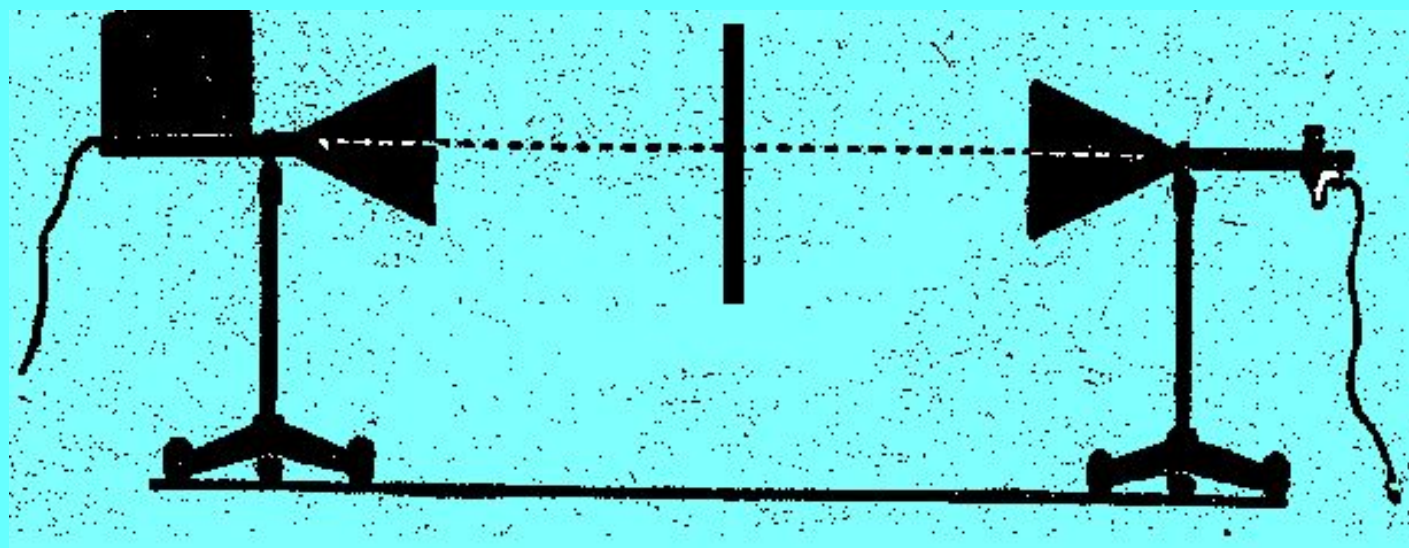


Рис. 23.2.

## 2. Отражение электромагнитных волн.

Рупоры поворачивают вверх, при этом волна перестает регистрироваться (звук пропадает). Но если над рупорами поместить металлическую пластинку, то звук появляется. Это объясняется тем, что электромагнитная волна, отразившись от пластинки, снова попала в рупор-приемник.

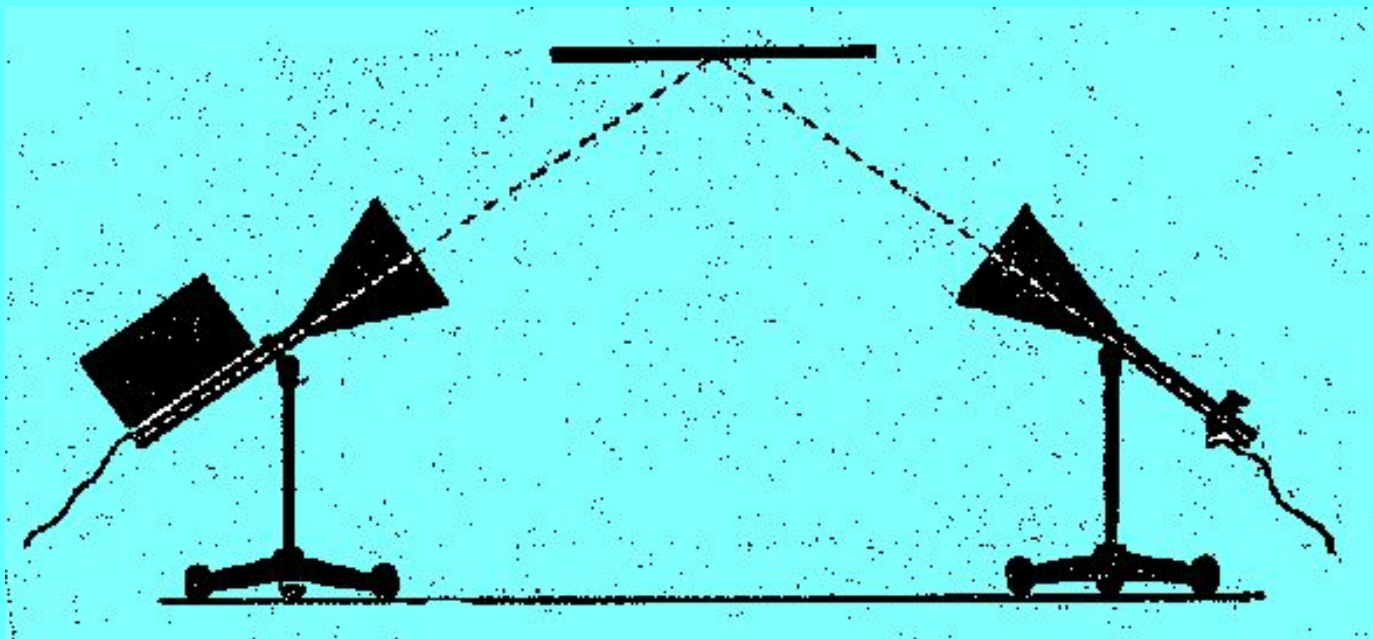


Рис. 23.3.

### 3. Преломление электромагнитных волн.

Как и во втором опыте, рупоры развернуты вверх, но вместо металлической пластинки помещают эбонитовую призму, звук снова появляется. Это говорит о том, что электромагнитная волна способна преломляться.

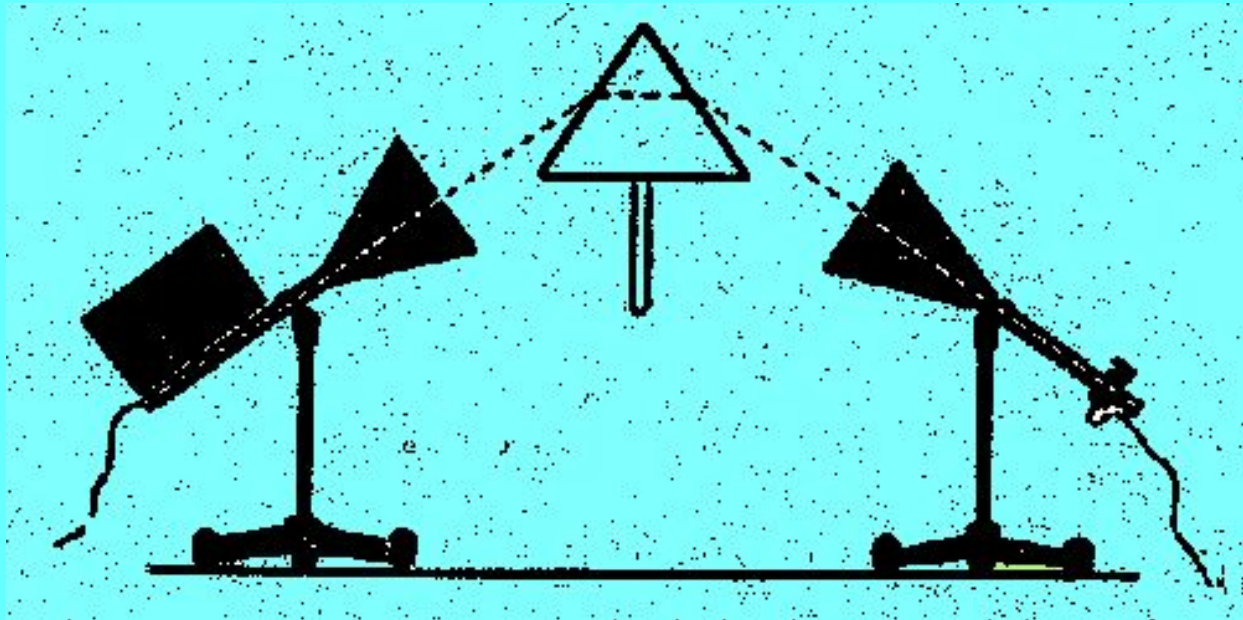


Рис. 23.4.

#### 4. Интерференция электромагнитных волн.

Рупоры, как и в первом случае, направлены друг на друга, но также под ними расположена металлическая пластинка. В результате громкость звука в зависимости от положения пластинки либо усиливается, либо ослабляется.. Это явление объясняется интерференцией волн. В зависимости от разности хода волн меняется амплитуда результирующей волны, а как следствие этого и громкость звука.

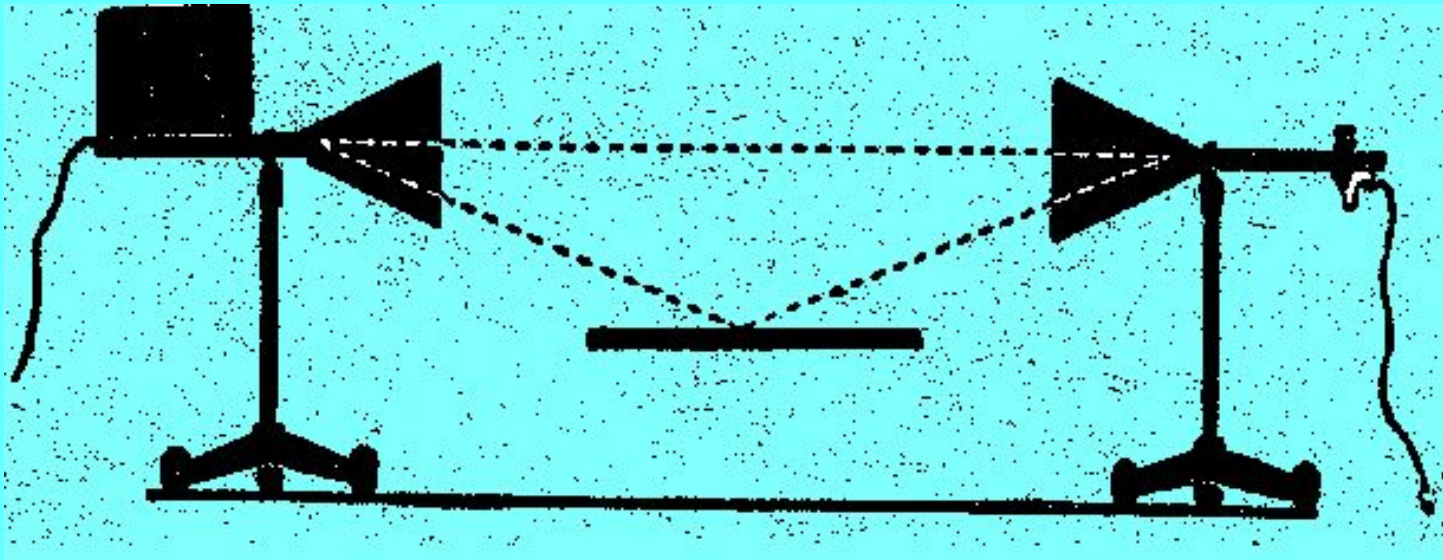


Рис. 23.5.



## 5. Поперечность электромагнитной волны.

Рупоры направлены друг на друга, но между ними установлена решетка с вертикальным расположением прутьев. Если менять ориентацию прутьев, то громкость звука будет меняться, достигая при одном положении максимума, а при другом — минимума. Причем, прутья решетки в первом случае будут перпендикулярны прутьям решетки во втором случае. Это объясняется тем, что электромагнитные волны являются поперечными.

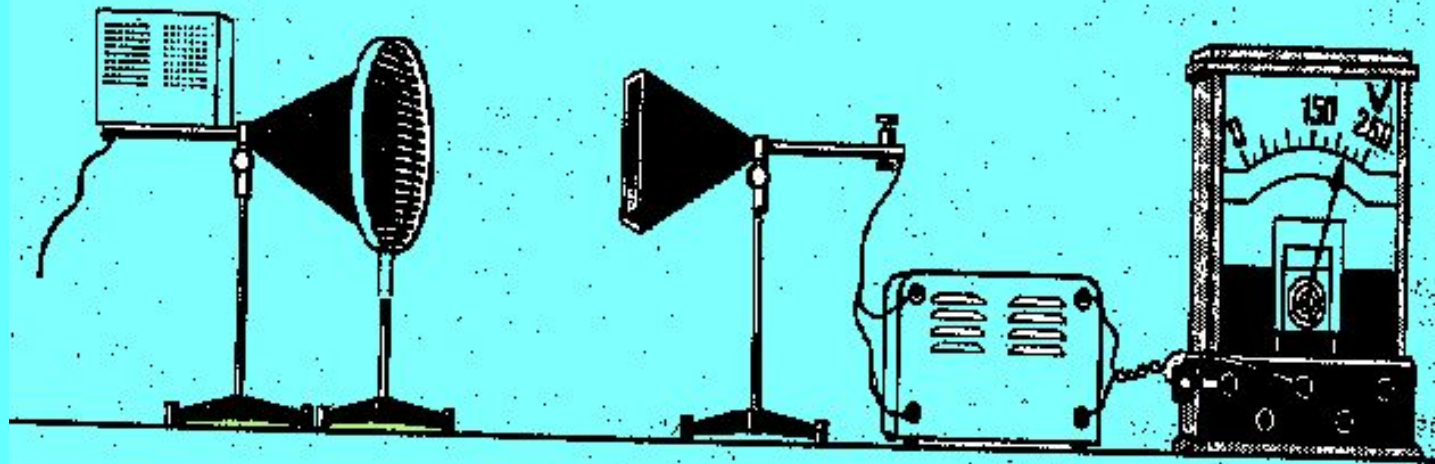


Рис. 23.6.

## 23.2. Опыты Герца, вибратор Герца

Первые опыты с нецветовыми электромагнитными волнами были осуществлены Г. Герцем в 1888 г. Для получения волн Герц применил изобретенный им вибратор, состоящий из двух стержней, разделенных искровым промежутком. При подаче на вибратор высокого напряжения от индукционной катушки в промежутке проскакивала искра. Она закорачивала промежуток, и в вибраторе возникали затухающие электрические колебания (рис. 23.7; показанные на рисунке дроссели предназначались для того, чтобы высокочастотный ток не ответвлялся в обмотку индуктора). За время горения искры успевало совершиться большое число колебаний, порождавших цуг электромагнитных волн, длина которых приблизительно в два раза превышала длину вибратора. Помещая вибраторы разной длины в фокусе вогнутого параболического зеркала, Герц получал направленные плоские волны, длина которых составляла от 0,6 м до 10 м.

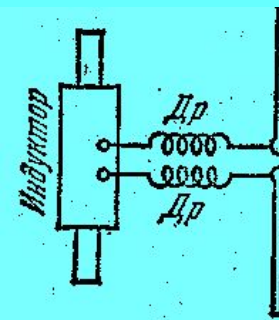


Рис. 23.7.

Исследование излучаемой волны Герц осуществлял также при помощи полуволнового вибратора с небольшим искровым промежутком посередине. При размещении такого вибратора параллельно вектору напряженности электрического поля волны в нем возбуждались колебания тока и напряжения. Поскольку длина вибратора выбиралась равной  $\lambda/2$ , колебания в нем вследствие резонанса достигали такой интенсивности, что вызывали проскакивание в искровом промежутке небольших искр.

С помощью больших металлических зеркал и асфальтовой призмы (размером более 1 м и массой 1200 кг) Герц осуществил отражение и преломление электромагнитных волн и обнаружил, что оба эти явления подчиняются законам, установленным в оптике для световых волн. Отразив бегущую плоскую волну с помощью плоского металлического зеркала в обратном направлении, Герц получил стоячую волну. Расстояние между узлами и пучностями волны позволило определить длину волны  $\lambda$ . Умножив  $\lambda$  на частоту колебаний вибратора  $\nu$ , можно было найти скорость электромагнитных волн, которая оказалась близкой к  $c$ . Располагая на пути волн решетку из параллельных друг другу медных проволок, Герц обнаружил, что при вращении решетки вокруг луча интенсивность волн, прошедших сквозь решетку, сильно изменяется. Когда проволоки, образующие решетку, были перпендикулярны к вектору  $E$ , волна проходила сквозь решетку без помех. При расположении проволок параллельно  $E$  волна сквозь решетку не проходила. Таким образом была доказана поперечность электромагнитных волн.

## 23.3. Изобретение радиосвязи А. С. Поповым. Принцип радиосвязи и радиолокации

7 мая 1895 года на заседании Физико-химического Русского общества в Петербурге Попов продемонстрировал действие своего прибора. В качестве детали, непосредственно чувствующей электромагнитные волны, Попов представил когерер — прибор, представляющий собой стеклянную трубку с двумя электродами, в которую помещены мелкие металлические опилки. Действие прибора основано на влиянии электромагнитных волн на металлические порошки. В обычных условиях когерер обладает большим сопротивлением, так как опилки имеют множество контактов друг с другом.

Прошедшая электромагнитная волна создает в когерере переменный ток высокой частоты, между опилками проскакивают мельчайшие искорки, которые сцепляют опилки, в результате чего сопротивление прибора падает (в сотни раз). Снова вернуть прибору большое сопротивление можно, если встряхнуть его. Попов использовал звуковое устройство для встряхивания когерера после приема сигнала. Цепь электрического звонка замыкалась с помощью чувствительного реле в момент прихода волны. С окончанием приема волны работа звонка прекращалась, т.к. молоточек звонка ударял не только по звонковой чаше, но и по когереру. Чтобы повысить чувствительность аппарата, Попов один из выводов заземлил, а другой присоединил к высоко поднятому куску проволоки, создав тем самым первую антенну для беспроволочной связи.

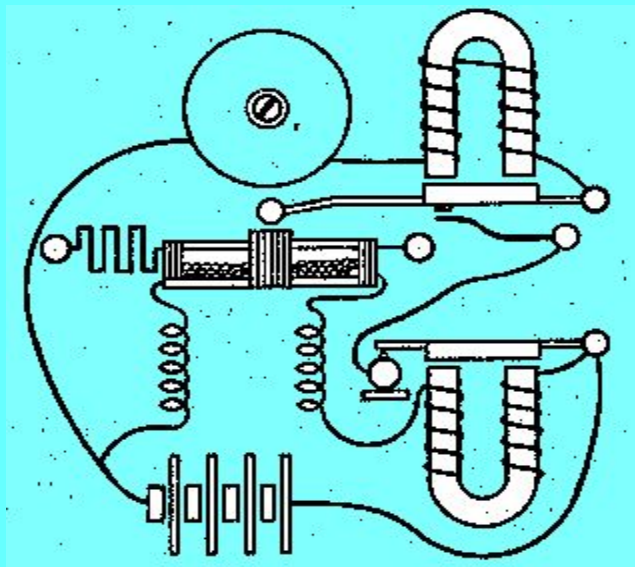


Рис. 23.8.

Изобретение А. С. Попова было в первую очередь использовано для создания радиосвязи или, как тогда говорили, беспроволочного телеграфа (рис. 23.9).

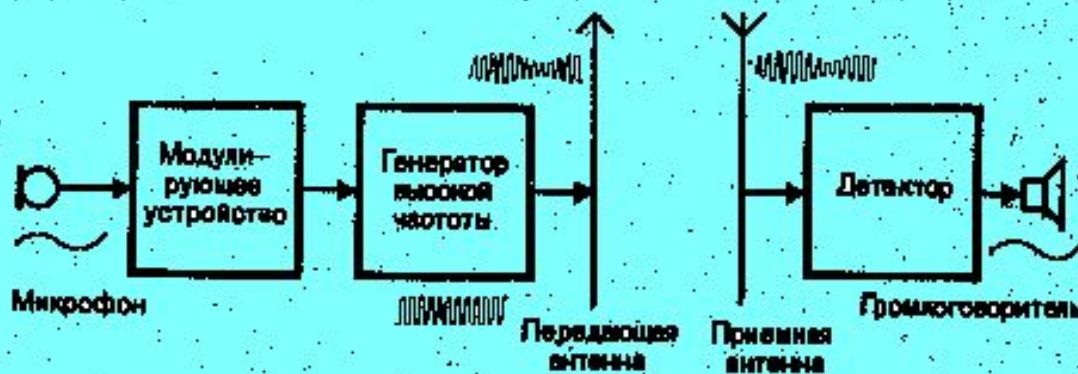


Рис. 23.9.

Основными процессами при этом являются модуляция и детектирование.

Модуляция — процесс изменения низкочастотными колебаниями высокочастотных, когда меняется либо амплитуда, либо частота, либо фаза волны либо и то и другое. Детектирование (демодуляция) — обратный процесс. При этом выделяются низкочастотные колебания.

В дальнейшем радио нашло широкое применение в технике и научных исследованиях. Достаточно указать такие направления как радиолокация и радиопеленгация, радиоастрономия, радиоспектроскопия и т. д.

Процесс радиолокации заключается в прокладывании курса наземных, морских и воздушных судов по радиосигналу, испускаемому специальным радиомаяком. Для этих целей используются короткие и ультракороткие волны, хорошо распространяющиеся в атмосфере вдоль заданного направления.

**РАДИО И ТЕЛЕВИДЕНИЕ** - передача и прием аудио- и видеоинформации 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. практичный 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.

**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.