

Электромагнитные волны

- *Выполнил: Рис Филипп*

Электромагнитные волны

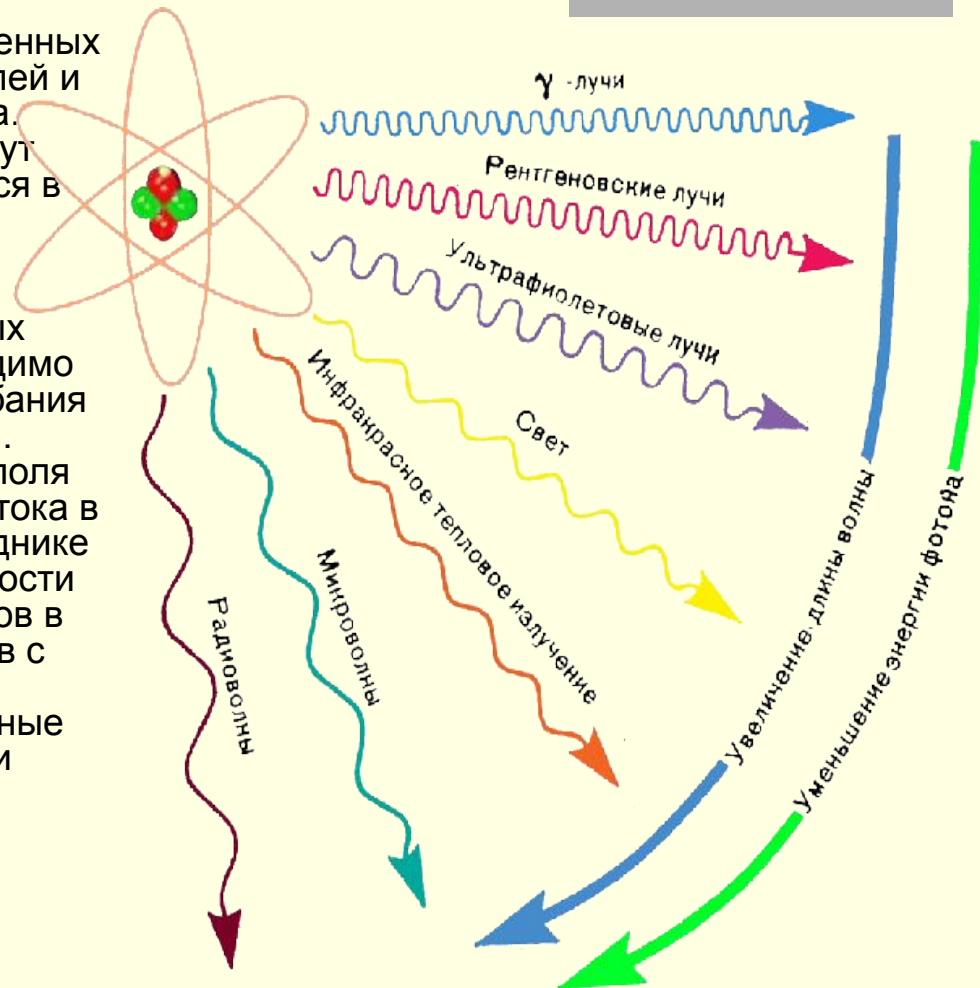
- Процесс распространения переменных магнитного и электрического полей и есть электромагнитная волна. Электромагнитные волны могут существовать и распространяться в вакууме.

Условие возникновения электромагнитных волн.

Для образования интенсивных электромагнитных волн необходимо создать электромагнитные колебания достаточно высокой частоты.

Изменения электромагнитного поля происходят при изменении силы тока в проводнике, а сила тока в проводнике изменяется при изменении скорости движения электрических зарядов в нём, т.е. при движении зарядов с ускорением.

Следовательно, электромагнитные волны должны возникать при ускоренном движении электромагнитных зарядов.



Виды электромагнитных волн

ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Длина волн, м 10^8 10^7 10^6 10^5 10^4 10^3 10^2 10 1 10^{-1} 10^{-2}

Частота, Гц $3 \cdot 10^4$ $3 \cdot 10^9$



Низкочастотные электромагнитные волны



Радиоволны

10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11} 10^{-12} 10^{-13}

$3 \cdot 10^{12}$

$3 \cdot 10^{15}$

$3 \cdot 10^{18}$

$3 \cdot 10^{20}$



Инфракрасное излучение



Видимое излучение



Ультрафиолетовое излучение



Рентгеновское излучение



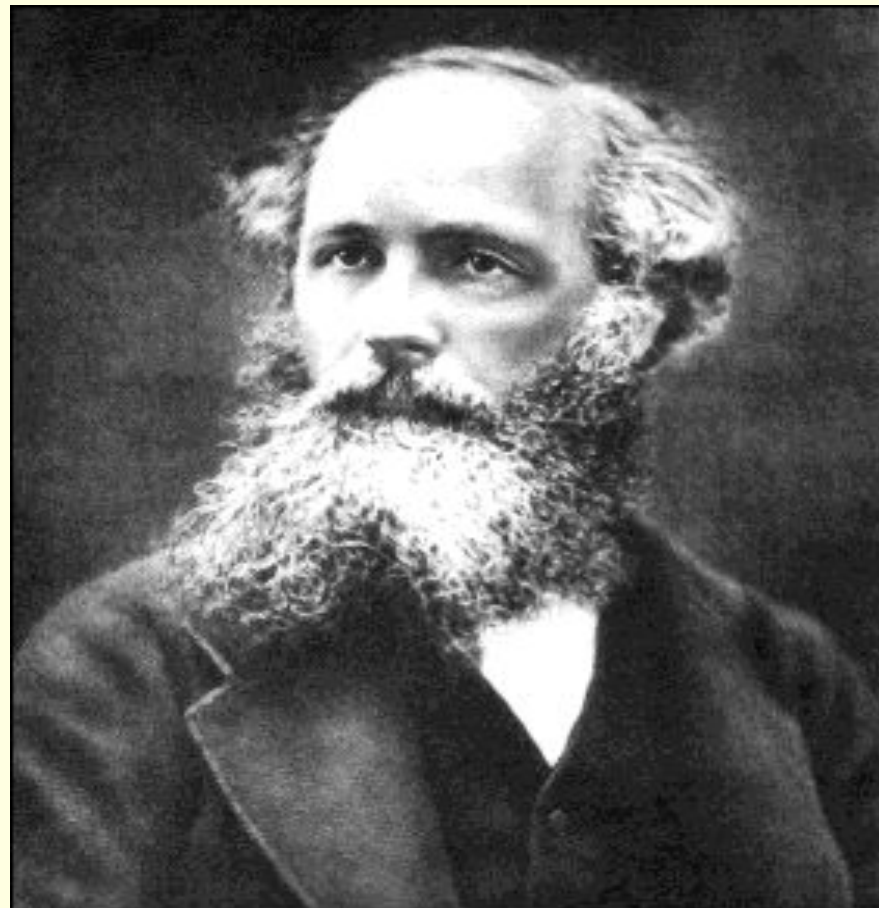
Гамма-излучение

Длина волны

Термин	Диапазон частот	Пояснения
Коротковолновый диапазон (КВ)	2–30 МГц	Из-за особенностей распространения в основном применяется для дальней связи.
«Си-Би»	25.6–30.1 МГц	Гражданский диапазон, в котором могут пользоваться связью частные лица. В разных странах на этом участке выделено от 40 до 80 фиксированных частот (каналов).
«Low Band»	33–50 МГц	Диапазон подвижной наземной связи. Непонятно почему, но в русском языке не нашлось термина, определяющего данный диапазон.
УКВ	136–174 МГц	Наиболее распространенный диапазон подвижной наземной связи.
ДЦВ	400–512 МГц	Диапазон подвижной наземной связи. Иногда не выделяют этот участок в отдельный диапазон, а говорят УКВ, подразумевая полосу частот от 136 до 512 МГц.
«800 МГц»	806–825 и 851–870 МГц	Традиционный «американский» диапазон; широко используется подвижной связью в США. У нас не получил особого распространения.

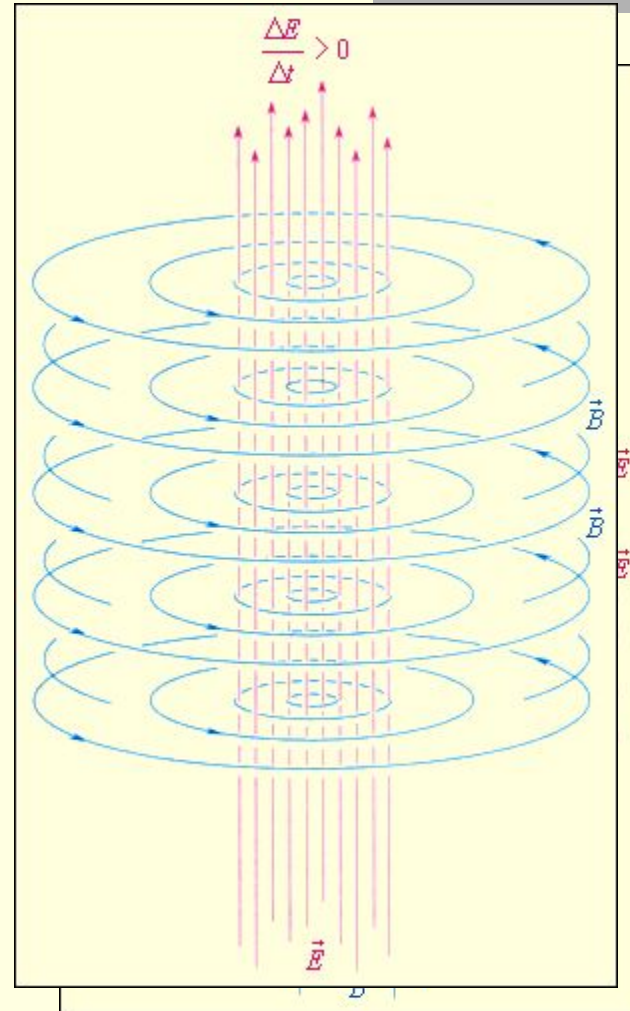
Джеймс Клерк Максвелл

- Существование электромагнитных волн было теоретически предсказано великим английским физиком Дж. Максвеллом в 1864 году. Максвелл проанализировал все известные к тому времени законы электродинамики и сделал попытку применить их к изменяющимся во времени электрическому и магнитному полям. Он обратил внимание на асимметрию взаимосвязи между электрическими и магнитными явлениями.



Теория Максвелла

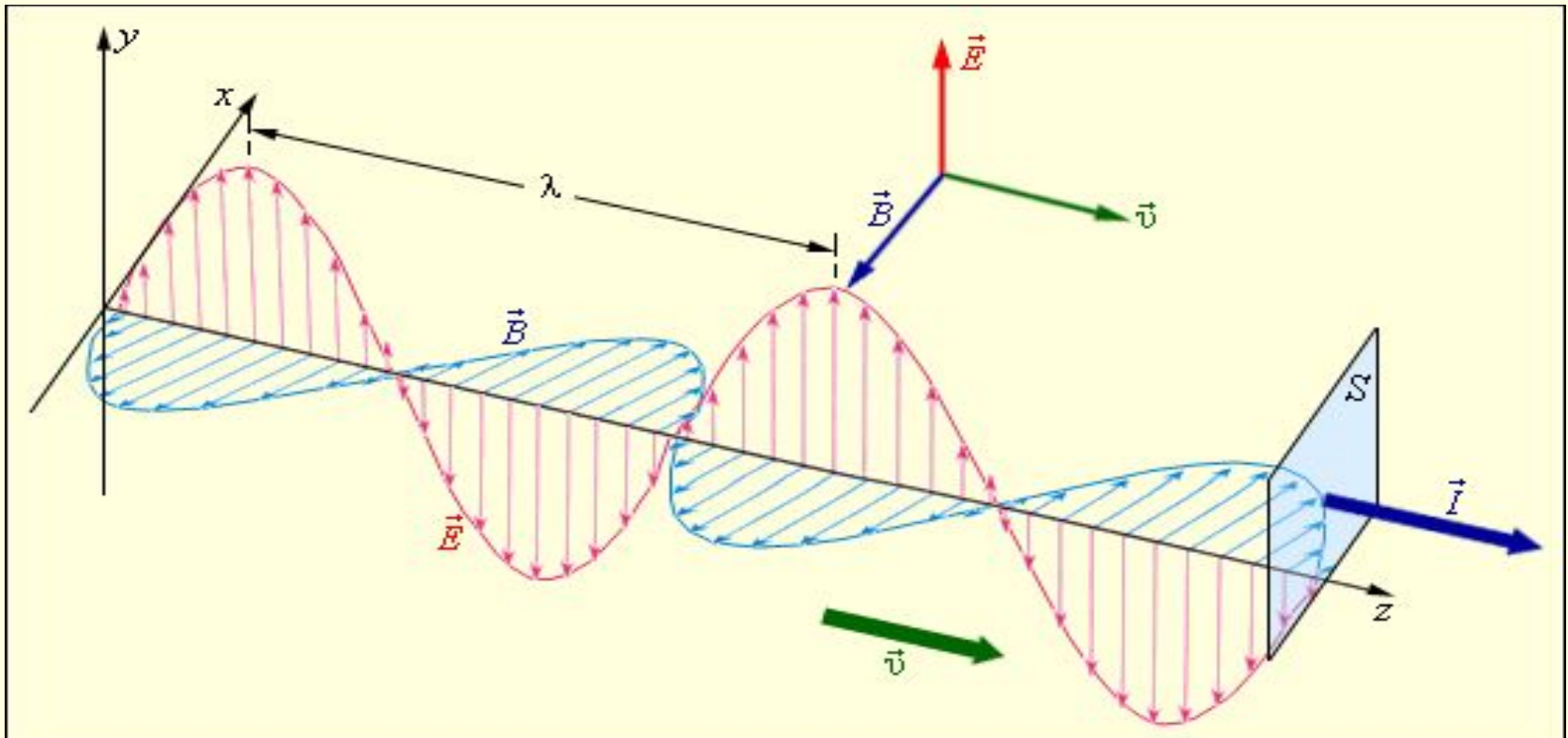
- Максвелл ввел в физику понятие **вихревого электрического поля** и предложил новую трактовку закона **электромагнитной индукции**, открытой Фарадеем в 1831 г.:
- **Всякое изменение магнитного поля порождает в окружающем пространстве вихревое электрическое поле, силовые линии которого замкнуты.**
- Максвелл высказал гипотезу о существовании и обратного процесса:
- **Изменяющееся во времени электрическое поле порождает в окружающем пространстве магнитное поле.**



Выводы из теории Максвелла

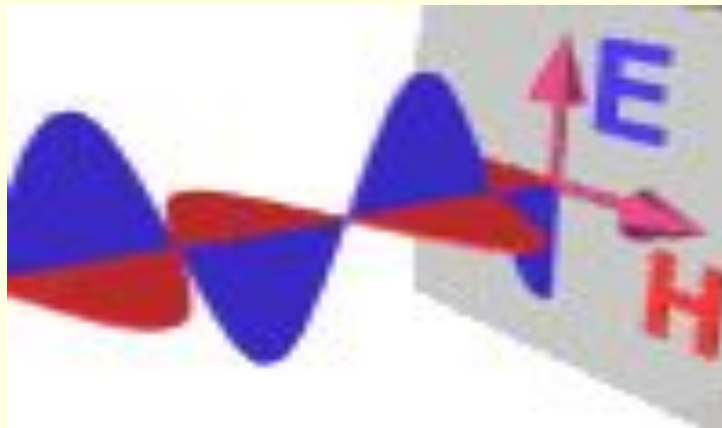
Из теории Максвелла вытекает ряд важных выводов:

1. Существуют электромагнитные волны, то есть распространяющееся в пространстве и во времени электромагнитное поле. Электромагнитные волны **поперечны** – векторы и перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны



ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Принцип распространения электромагнитной волны состоит в том, что вектора напряженности электрического и магнитного поля **E** и **H** колеблются в фазе, т.е. они достигают максимума и минимума в одних и тех же точках пространства.



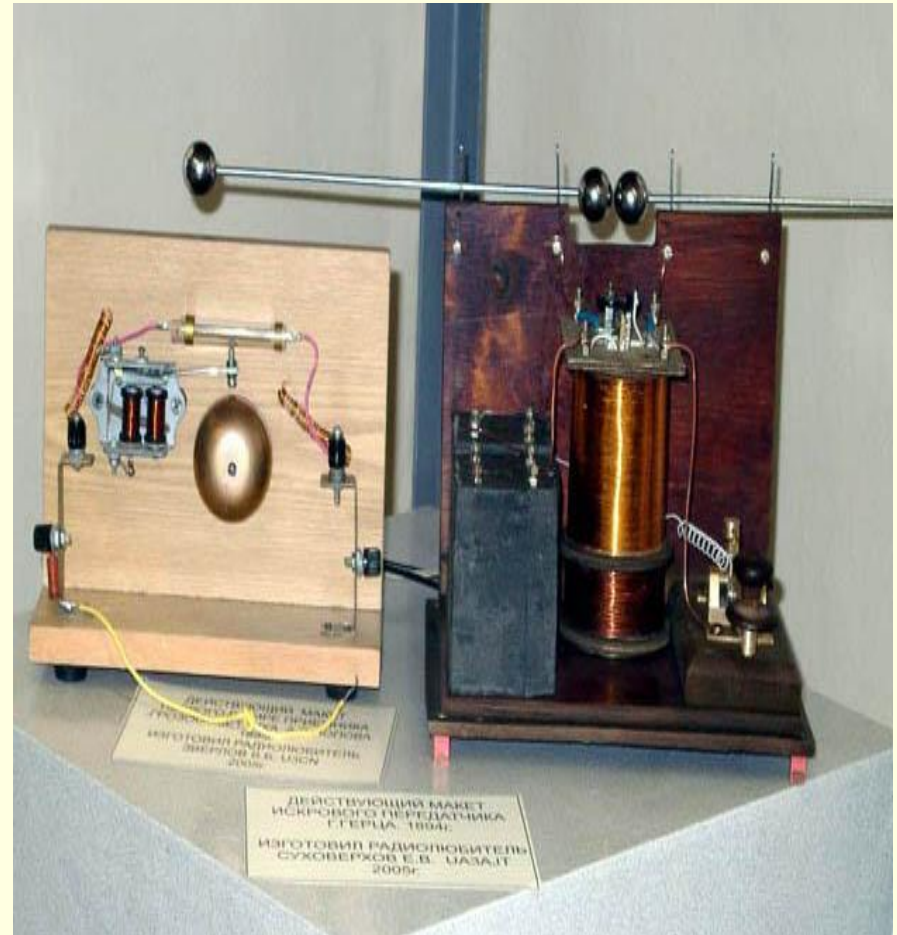
Генрих Герц

- Электромагнитные волны были впервые экспериментально получены Герцем в 1887г. В его опытах ускоренное движение электрических зарядов возбуждались в двух металлических стержнях с шарами на концах (вibrator Герца). Колебания электрических зарядов в вибраторе создают электромагнитную волну. Только колебания в вибраторе совершает не одна заряженная частица, а огромное число электронов, движущихся согласовано. В электромагнитной волне векторы E и B перпендикулярны друг другу. Вектор E лежит в плоскости, проходящей через вибратор, а вектор B перпендикулярен этой плоскости. Излучение волн происходит с максимальной интенсивностью в направлении, перпендикулярном оси вибратора. Вдоль оси излучения не происходят. В обычном колебательном контуре (его можно назвать закрытым), почти всё магнитное поле сосредоточено внутри катушки, а электрическое внутри конденсатора. Вдали от контура электромагнитного поля практически нет. Такой контур очень слабо излучает электромагнитные волны.



Вибратор Герца

- Для получения электромагнитных волн Герц использовал простое устройство, называемое сейчас вибратором Герца. Это устройство представляет собой открытый колебательный контур. К открытому колебательному контуру можно перейти от закрытого, если постепенно раздвигать пластины конденсатора, уменьшая их площадь и одновременно уменьшая число витков в катушке. В конце концов, получится прямой провод. Это и есть открытый колебательный контур. Емкость и индуктивность вибратора Герца малы. Поэтому частота колебаний весьма велика. В опытах Герца длина волны составляла несколько десятков сантиметров. Вычислив собственную частоту электромагнитных колебаний вибратора, Герц смог определить скорость электромагнитной волны по формуле $v = \lambda \cdot \nu$. Она оказалась приблизительно равна скорости света: $c \approx 300000 \text{ км/с}$. Опыт Герца блестяще подтвердили предсказания Максвелла.



Александр Степанович Попов

■ В России одним из первых занялся изучением электромагнитных волн преподаватель офицерских курсов в Кронштадте Александр Степанович Попов. Попов Александр Степанович (1859-1905), русский физик и электротехник, изобретатель электрической связи без проводов (радиосвязи). В 1895 году продемонстрировал изобретённый им первый в мире радиоприёмник. Весной 1897 года достиг дальности радиосвязи 600м, летом 1897 – 5 километров, в 1901 – около 150 километров. Создал (1895) прибор для регистрации грозных разрядов («грозоотметчик»). Получил золотую медаль на Всемирной выставке 1900 года в Париже. Возможность практического применения электромагнитных волн для установления связи без проводов была впервые продемонстрирована 7 мая 1895 года. Этот день считается днём рождения радио.



Радио Попова

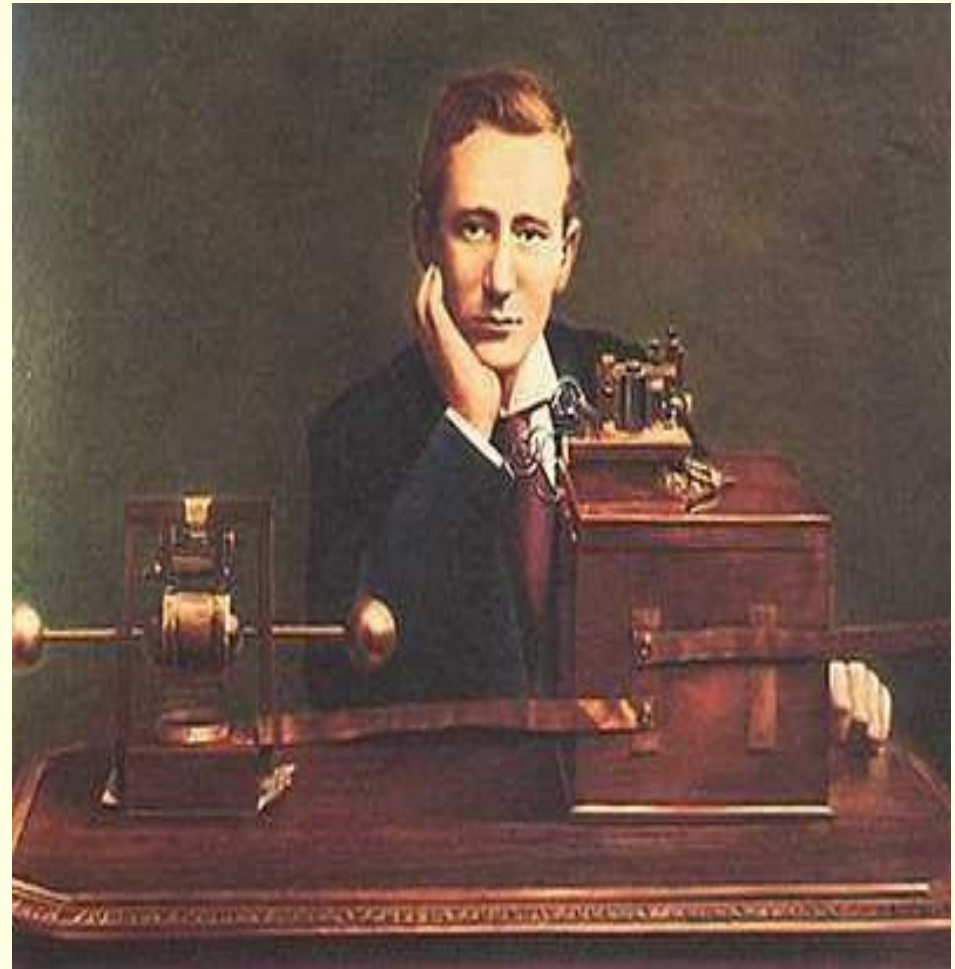
Приёмник Попова состоял из 1 – антенны, 2 – когерера, 3 – электромагнитного реле, 4 – электрического звонка, 5 – источника постоянного тока. Электромагнитные волны вызывали вынужденные колебания тока и напряжения в антенне. Переменное напряжение с антенны подавалось на два электрода, которые были расположены в стеклянной трубке, заполненной металлическими опилками. Эта трубка и есть когерер. Последовательно с когерером включались реле и источник постоянного тока. Из-за плохих контактов между опилками сопротивление когерера обычно велико, поэтому электрический ток в цепи мал и реле звонка не замыкает. Под действием переменного напряжения высокой частоты в когерере возникают электрические разряды между отдельными опилками, частицы опилок спекаются и его сопротивление уменьшается в 100 – 200 раз. Сила тока в катушке электромагнитного реле возрастает, и реле включает электрический звонок. Так регистрируется приём электромагнитной волны антенной. Удар молоточка звонка встряхивает опилки и возвращает его в исходное состояние, приёмник снова готов к регистрации электромагнитной волны антенной.

В 1899 году была обнаружена возможность приёма сигналов с помощью телефона. В начале 1900 года радиосвязь была успешно использована во время спасательных работ в Финском заливе. При участии Попова началось внедрение радиосвязи на флоте и в армии России.



Маркони

- За границей усовершенствованием подобных приборов занималась фирма, организованная итальянским учёным Маркони. Опыты, поставленные в широком масштабе, позволили осуществить радиотелеграфную передачу через атлантический океан. Важнейшим этапом развития радиосвязи было создание в 1913 году генератора незатухающих электромагнитных колебаний. Кроме передачи телеграфных сигналов, состоящих из коротких и более продолжительных импульсов электромагнитных волн, стала возможной надёжная и высококачественная радиотелефонная связь – передача речи и музыки с помощью электромагнитных волн. При радиотелефонной связи колебания давления воздуха в звуковой волне превращаются с помощью микрофона в электрические колебания той же формы. Казалось бы, если эти колебания усилить и подать в антенну, то можно будет передавать на расстояния речь и музыку с помощью электромагнитных волн.



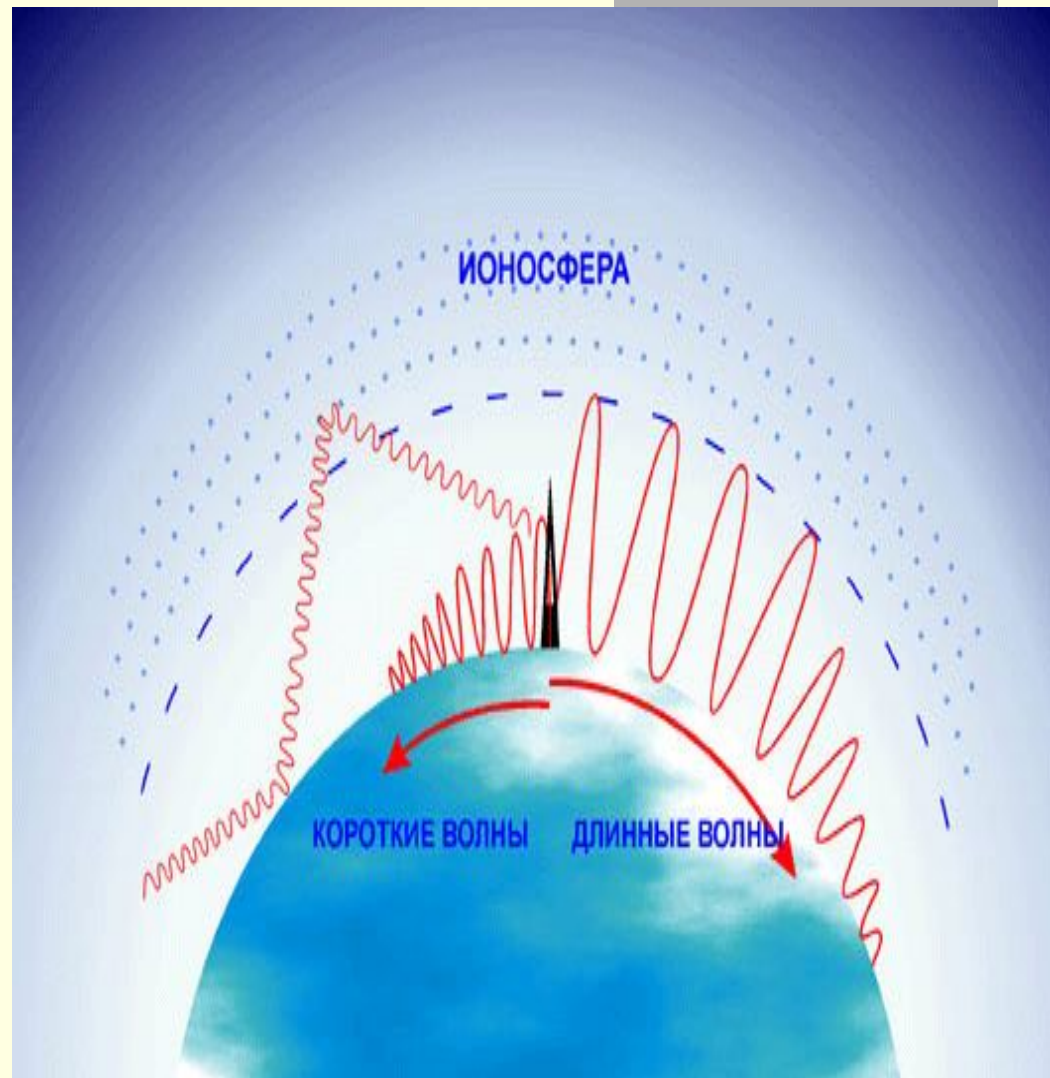
Распространение радиоволн

Радиоволны излучаются через антенну в пространство и распространяются в виде энергии электромагнитного поля. И хотя природа радиоволн одинакова, их способность к распространению сильно зависит от длины волны.

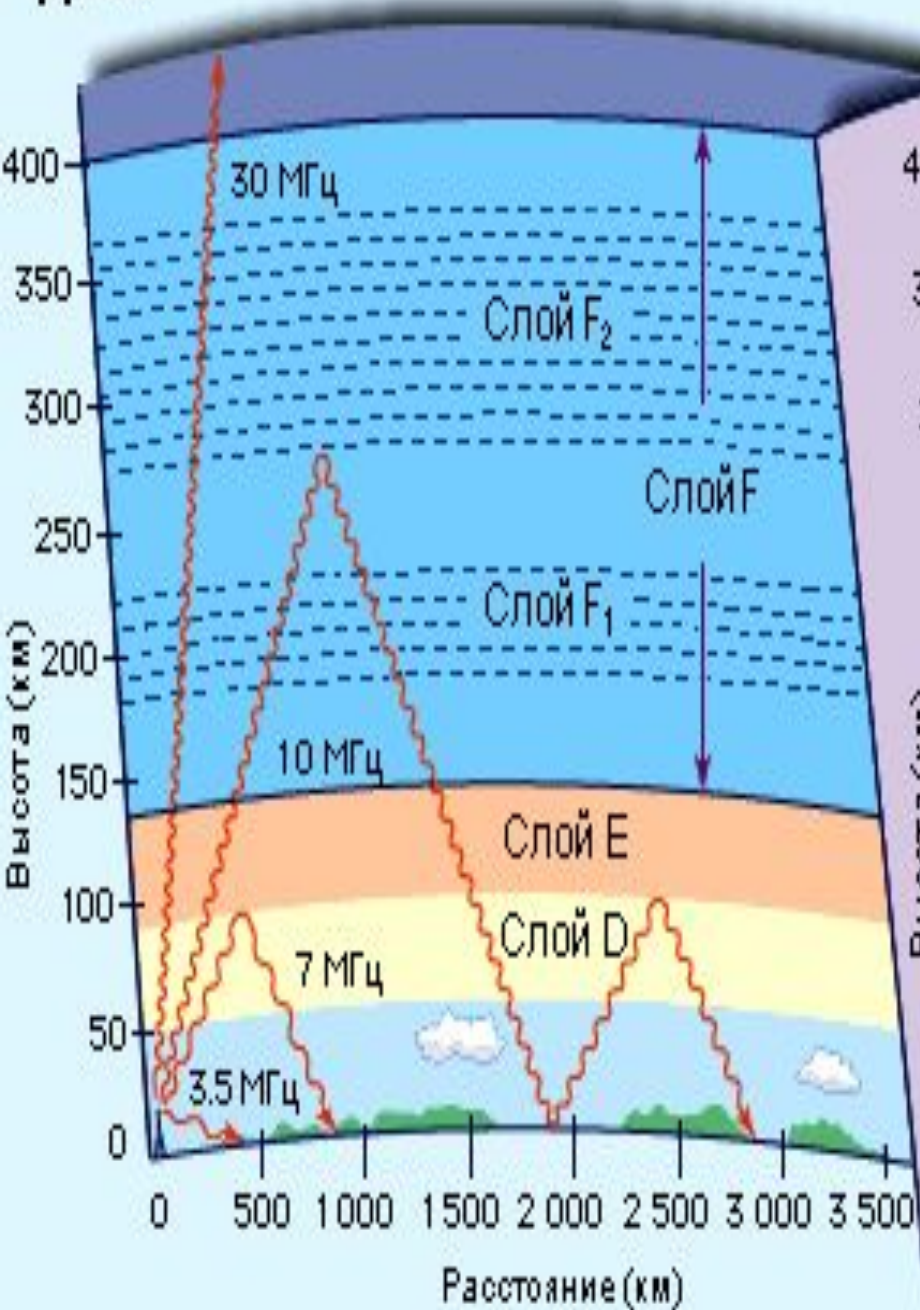
Земля для радиоволн представляет проводник электричества (хотя и не очень хороший). Проходя над поверхностью земли, радиоволны постепенно ослабевают. Это связано с тем, что электромагнитные волны возбуждают в поверхности земли электротоки, на что и тратится часть энергии. Т.е. энергия поглощается землей, причем тем больше, чем короче длина волны (выше частота).

Кроме того, энергия волны ослабевает еще и потому, что излучение распространяется во все стороны пространства и, следовательно, чем дальше от передатчика находится приемник, тем меньшее количество энергии приходится на единицу площади и тем меньше ее попадает в антенну.

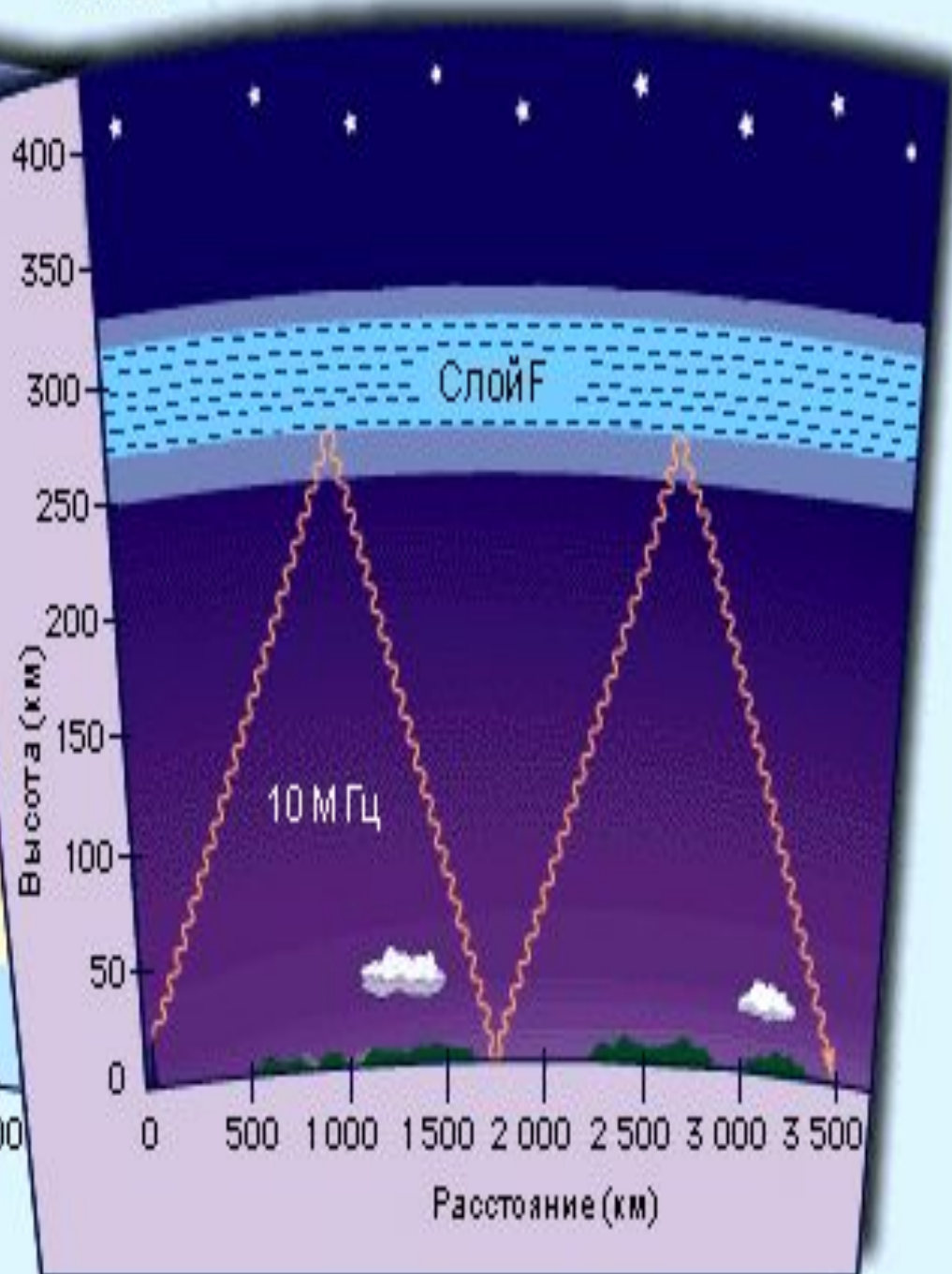
Передачи длинноволновых вещательных станций можно принимать на расстоянии до нескольких тысяч километров, причем уровень сигнала уменьшается плавно, без скачков. Средневолновые станции слышны в пределах тысячи километров. Что же касается коротких волн, то их энергия резко убывает по мере удаления от передатчика. Этим объясняется тот факт, что на заре развития радио для связи в основном применялись волны от 1 до 30 км. Волны короче 100 метров вообще считались непригодными для дальней связи.



День



Ночь



ИОНОСФЕРА

КОРОТКИЕ ВОЛНЫ

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ

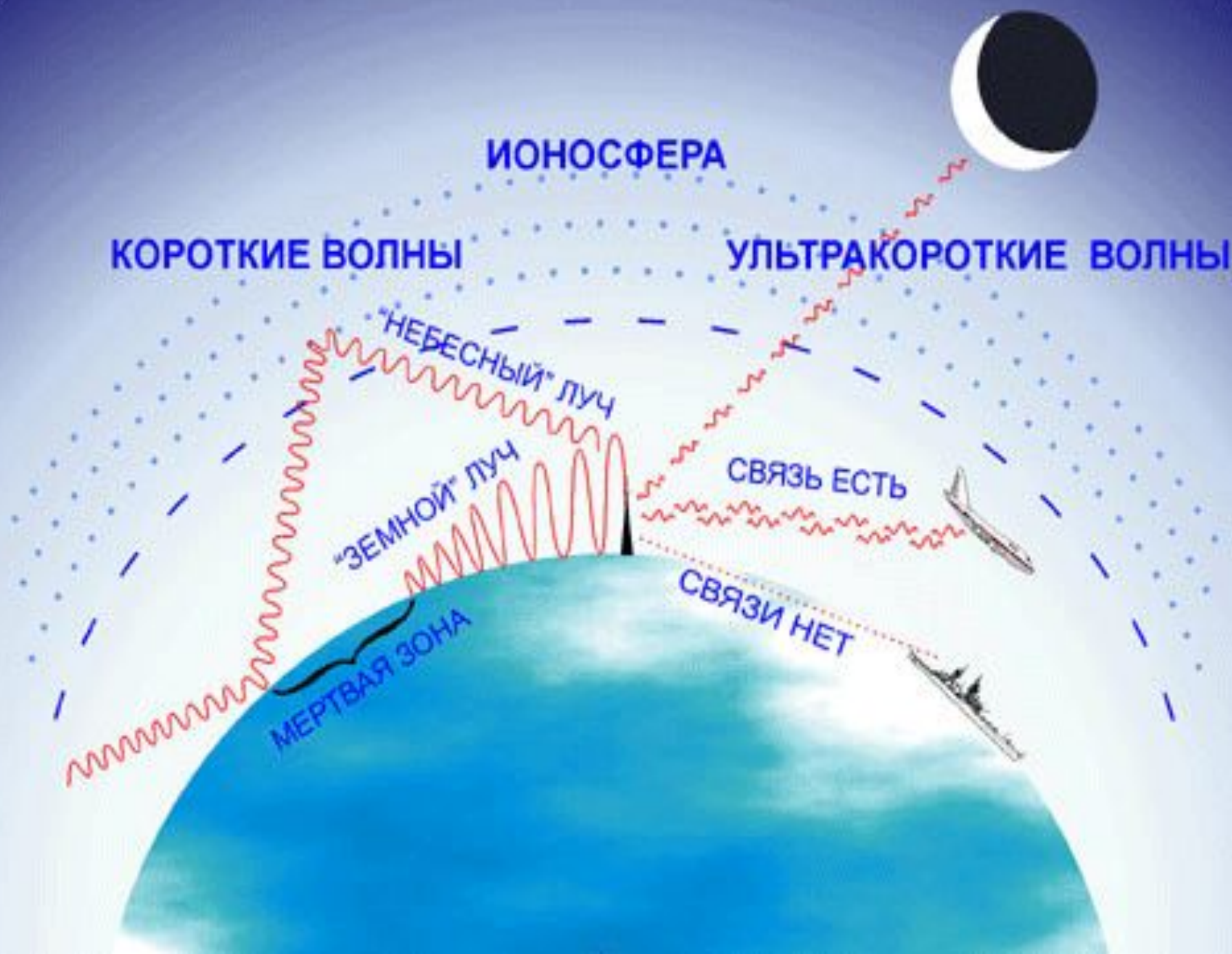
"НЕБЕСНЫЙ" луч

"ЗЕМНОЙ" луч

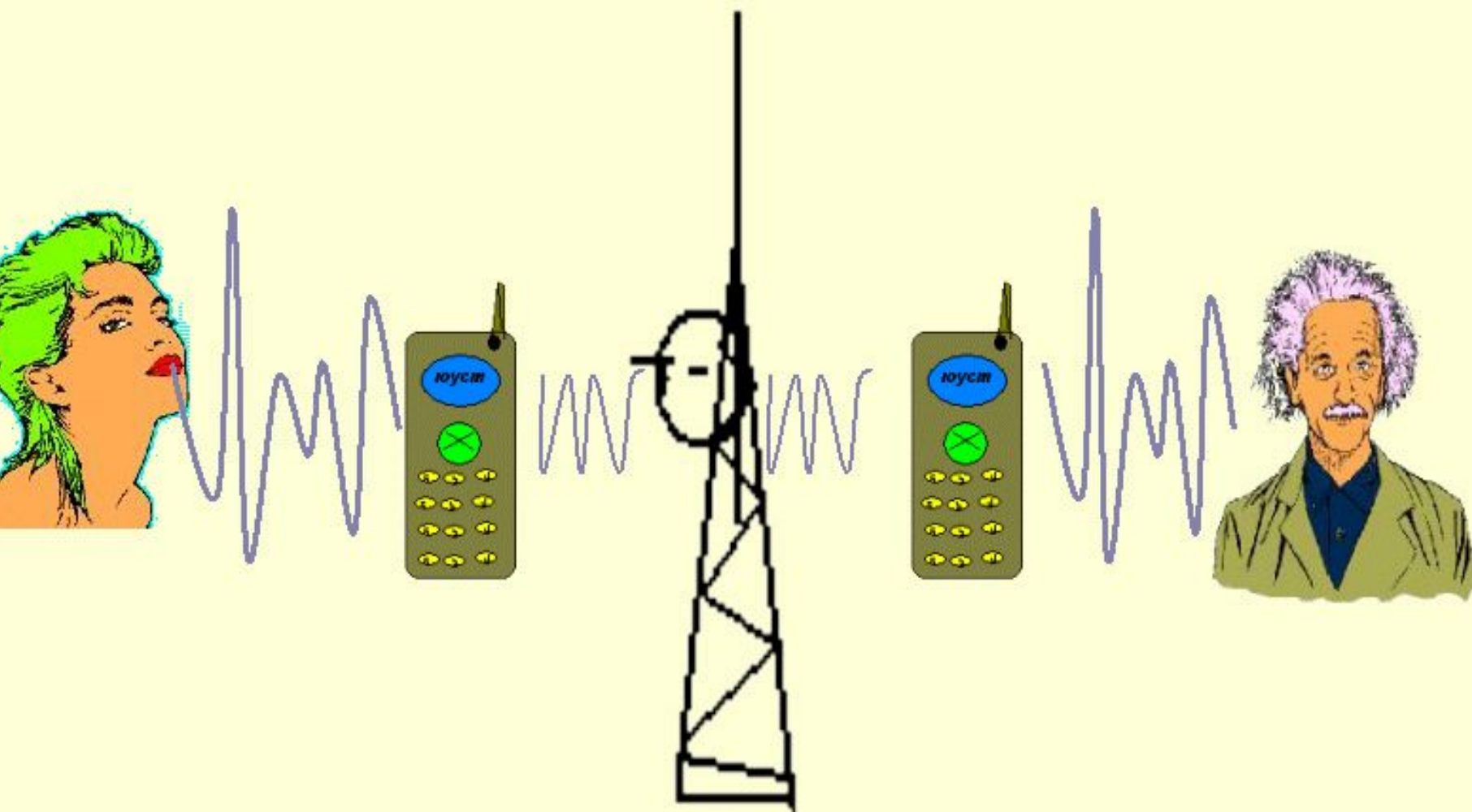
СВЯЗЬ ЕСТЬ

СВЯЗИ НЕТ

МЕРТВАЯ ЗОНА



Радиосвязь



Тестовые задания

- Задания первого уровня.
- **3.01.** Что такое электромагнитная волна?
- А. Распространяющееся в пространстве переменное магнитное поле.
- Б. Распространяющееся в пространстве переменное электрическое поле.
- В. Распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле.
- Г. Распространяющееся в пространстве магнитное поле.
- **3.02.** Укажите выражение длины волны.
- А. λv ; Б. $1/v$; В. v/v ; Г. $1/T$.
- **3.03.** Укажите неправильный ответ. Длина волны – это расстояние, ...
- А. Которое проходит колеблющаяся точка за период;
- Б. На которое распространяются колебания за один период;
- В. Между ближайшими точками, колеблющимися в одинаковых фазах;
- **3.04.** Укажите правильный ответ. В электромагнитной волне вектор E ...
- А. параллелен B ; Б. антипараллелен B ; В. Направлен перпендикулярно B .
- **3.05.** Электромагнитное взаимодействие в вакууме распространяется со скоростью ...
- ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)
- А. $v > c$; Б. $v = c$; В. $v < c$.
- **3.06.** Электромагнитная волна представляет собой взаимосвязанные колебания ...
- А. электронов;
- Б. вектора напряженности электрического поля E и вектора индукции магнитного поля;
- В. протонов.
- **3.07.** Укажите ошибочный ответ. В электромагнитной волне ...
- А. вектор E колеблется, перпендикулярен B и v ;
- Б. вектор B колеблется, перпендикулярен E и v ;
- В. вектор E колеблется параллельно B и перпендикулярен v .
- **3.08.** Электрическое и магнитное поля электромагнитной волны являются ...
- А. вихревыми и переменными; Б. потенциальными и стационарными;
- В. вихревыми и стационарными.
- **3.09.** В электромагнитной волне колебательный процесс распространяется от точки к точке в результате ...
- А. кулоновского взаимодействия соседних колеблющихся зарядов;
- Б. связей между вещественными носителями волны (например, сцепления);
- В. возникновения переменного электрического поля переменным магнитным полем и наоборот;
- Г. взаимодействия внутримолекулярных токов.

Тестовые задания

- **3.10.** Электромагнитная волна является ...
 - А. продольной; Б. поперечной;
 - В. в воздухе продольной, а в твердых телах поперечной;
 - Г. в воздухе поперечной, а в твердых телах продольной.
- **3.11.** Двигутся четыре электрона:
 - 1 – равномерно и прямолинейно; 2 – равномерно по окружности;
 - 3 – прямолинейно и равноускоренно; 4 – совершает гармонические колебания вдоль прямой.Какие из них излучают электромагнитные волны?
- А. Все; Б. Только 2, 3, 4; В. Только 3, 4; Г. Только 1, 4.
- **3.12.** При каких условиях движущийся электрический заряд излучает электромагнитные волны?
 - А. Только при гармонических колебаниях; Б. Только при движении по окружности;
 - В. При любом движении с большой скоростью; Г. При любом движении с ускорением.
- **3.13.** При каких условиях движущийся электрический заряд не излучает электромагнитные волны?
 - А. Такого движения нет;
 - Б. При равномерном прямолинейном движении;
 - В. При равномерном движении по окружности;
 - Г. При любом движении с небольшой скоростью.
- **3.14.** Какой смысл имеет утверждение: электромагнитные волны – это поперечные волны?
 - А. В электромагнитной волне вектор E направлен поперек, а вектор B вдоль направления распространения волны;
 - Б. В электромагнитной волне вектор B направлен поперек, а вектор E вдоль направления распространения волны;
 - В. В электромагнитной волне векторы E и B направлены перпендикулярно направлению распространения электромагнитной волны;
 - Г. Электромагнитная волна распространяется только поперек поверхности проводника.
- **3.15.** Амплитудная модуляция заключается ...
 - А. в изменении (увеличении или уменьшении) частоты возникающих в генераторе незатухающих колебаний в такт с низкой (звуковой) частотой;
 - Б. в изменении амплитуды генерируемых незатухающих колебаний в такт с низкой (звуковой) частотой;
 - В. в выделении низкочастотных колебаний из модулированных колебаний высокой частоты;
 - Г. в изменении (увеличении или уменьшении) фазы возникающих в генераторе незатухающих колебаний в такт с низкой (звуковой) частотой.
- **3.16.** Детектирование (демодуляция) заключается ...
 - А. в изменении (увеличении или уменьшении) частоты возникающих в генераторе незатухающих колебаний в такт с низкой (звуковой) частотой;
 - Б. в изменении амплитуды генерируемых незатухающих колебаний в такт с низкой (звуковой) частотой;
 - В. в выделении низкочастотных колебаний из модулированных колебаний высокой частоты;
 - Г. в изменении (увеличении или уменьшении) фазы возникающих в генераторе незатухающих колебаний в такт с низкой (звуковой) частотой.
- Г. Высокочастотные модулированные колебания преобразуются в ток звуковой частоты.

Тестовые задания

- **3.17.** При приеме электромагнитных волн радиоприемником особым методом (детектирование, демодуляция) выделяют колебания ...
 - А. высокой частоты; Б. низкой частоты;
 - В. любые колебания; Г. механические колебания звуковой частоты.
- **3.18.** Какие явления происходят во время радиоприема в воздухе около динамика радиоприемника?
 - А. Возникают звуковые волны;
 - Б. Возникают механические колебания звуковой частоты;
 - В. Под действием радиоволн происходят электрические колебания высокой частоты, амплитуда которых изменяется со звуковой частотой;
 - Г. Через обмотки электромагнитов протекает пульсирующий ток, при этом их сердечники в такт с пульсациями то сильнее, то слабее намагничиваются.
- **3.19.** Какую функцию выполняет антенна радиоприемника?
 - А. Выделяет из электромагнитной волны модулирующий сигнал;
 - Б. Усиливает сигнал одной избранной волны;
 - В. Принимает все электромагнитные волны;
 - Г. Принимает все электромагнитные волны и выделяет одну нужную.
- **3.20.** Какую функцию выполняет колебательный контур радиоприемника?
 - А. Выделяет из электромагнитной волны модулирующий сигнал;
 - Б. Выделяет из всех электромагнитных волн только совпадающие по частоте с собственными колебаниями;
 - В. Принимает все электромагнитные волны;
 - Г. Принимает все электромагнитные волны и выделяет одну нужную.
- **3.21.** Какие явления происходят во время радиоприема в антенне и в колебательном контуре радиоприемника?
 - А. Возникают звуковые волны;
 - Б. Возникают механические колебания звуковой частоты;
 - В. Под действием радиоволн происходят электрические колебания высокой частоты, амплитуда которых изменяется со звуковой частотой;
 - Г. Высокочастотные модулированные колебания преобразуются в ток звуковой частоты.
- **3.22.** Какие явления происходят во время радиоприема в цепи детектора радиоприемника?
 - А. Возникают звуковые волны;
 - Б. Возникают механические колебания звуковой частоты;
 - В. Через обмотки электромагнитов протекает пульсирующий ток, при этом их сердечники в такт с пульсациями то сильнее, то слабее намагничиваются;
 - Г. Высокочастотные модулированные колебания преобразуются в ток звуковой частоты.
- **3.23.** Какие явления происходят во время радиоприема в динамике радиоприемника?
 - А. Возникают механические колебания звуковой частоты;
 - Б. Под действием радиоволн происходят электрические колебания высокой частоты, амплитуда которых изменяется со звуковой частотой;
 - В. Через обмотки электромагнитов протекает пульсирующий ток, при этом их сердечники в такт с пульсациями то сильнее, то слабее намагничиваются;
 - Г. Высокочастотные модулированные колебания преобразуются в ток звуковой частоты.

Конец