

# *Электромагнитные волны*

- *Выполнил: Рис Филипп*

# Электромагнитные волны

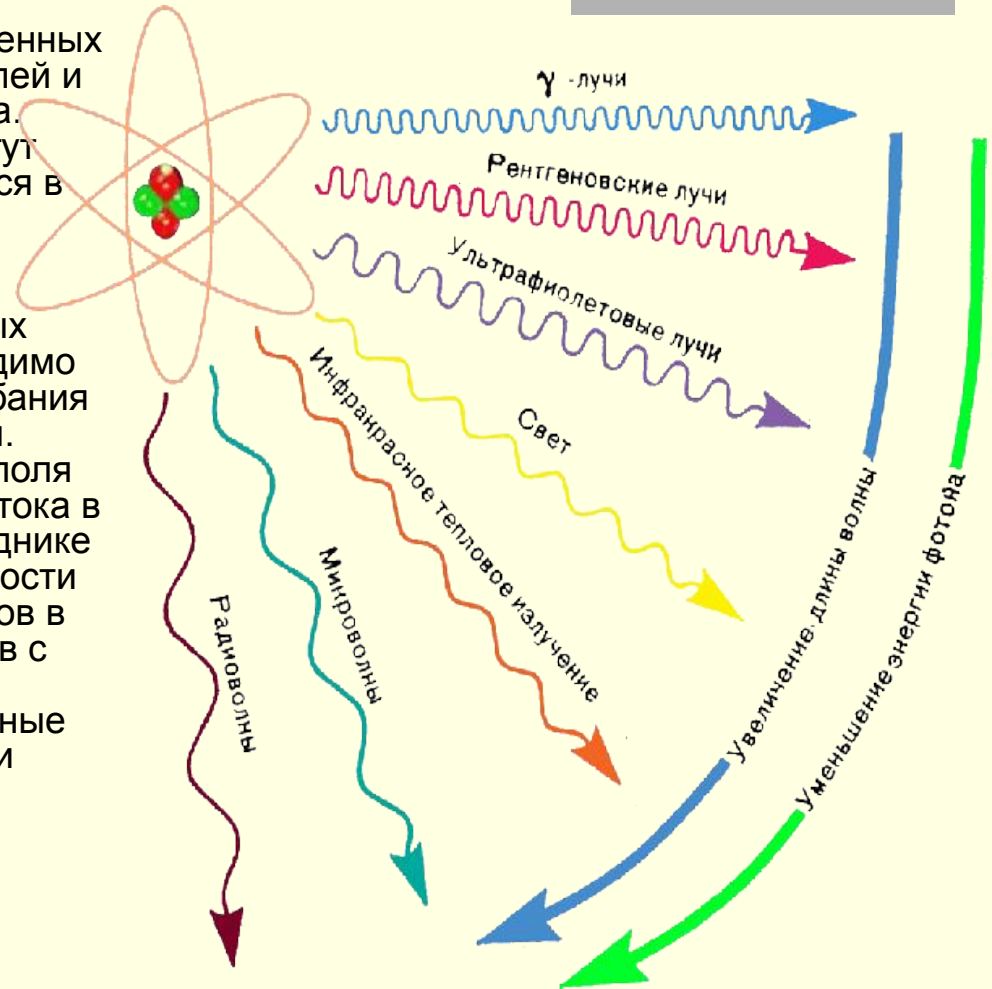
- Процесс распространения переменных магнитного и электрического полей и есть электромагнитная волна. Электромагнитные волны могут существовать и распространяться в вакууме.

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 волны, м  $10^8$   $10^7$   $10^6$   $10^5$   $10^4$   $10^3$   $10^2$  10 1  $10^{-1}$   $10^{-2}$

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



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

$3 \cdot 10^{12}$   $3 \cdot 10^{15}$   $3 \cdot 10^{18}$   $3 \cdot 10^{20}$

Инфракрасное излучение

Видимое излучение

Ультрафиолетовое излучение

Рентгеновское излучение

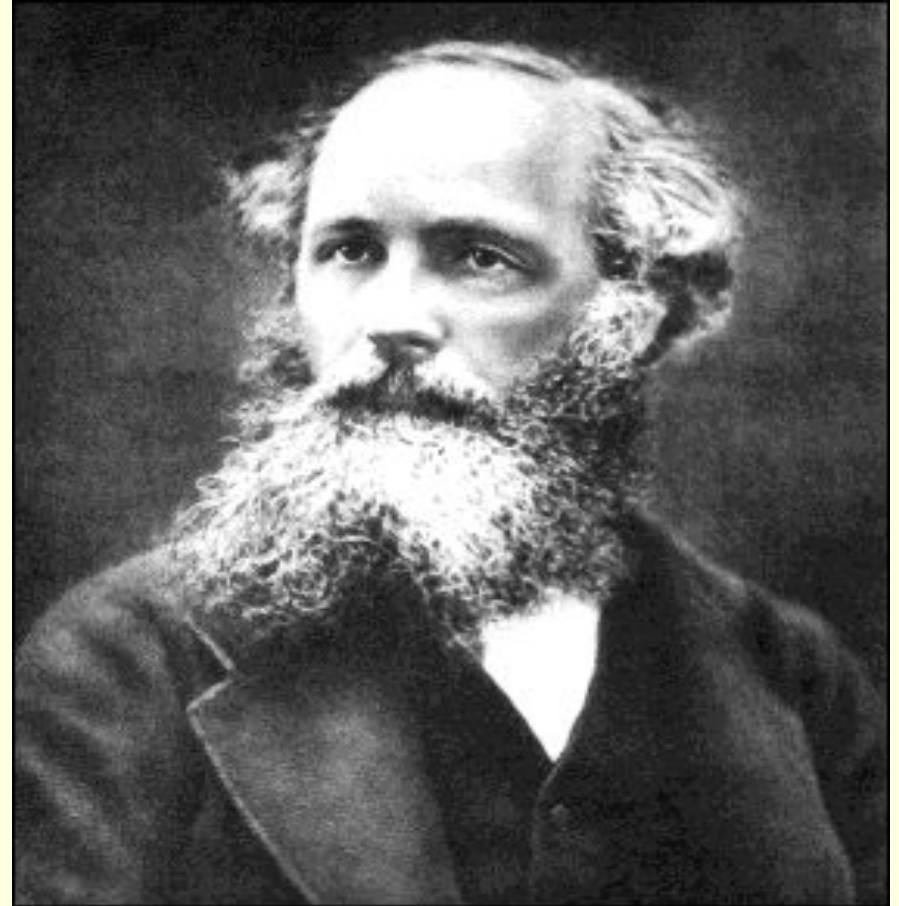
Гамма-излучение  $\alpha$   $\gamma$   $\beta$

# 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.                                   |

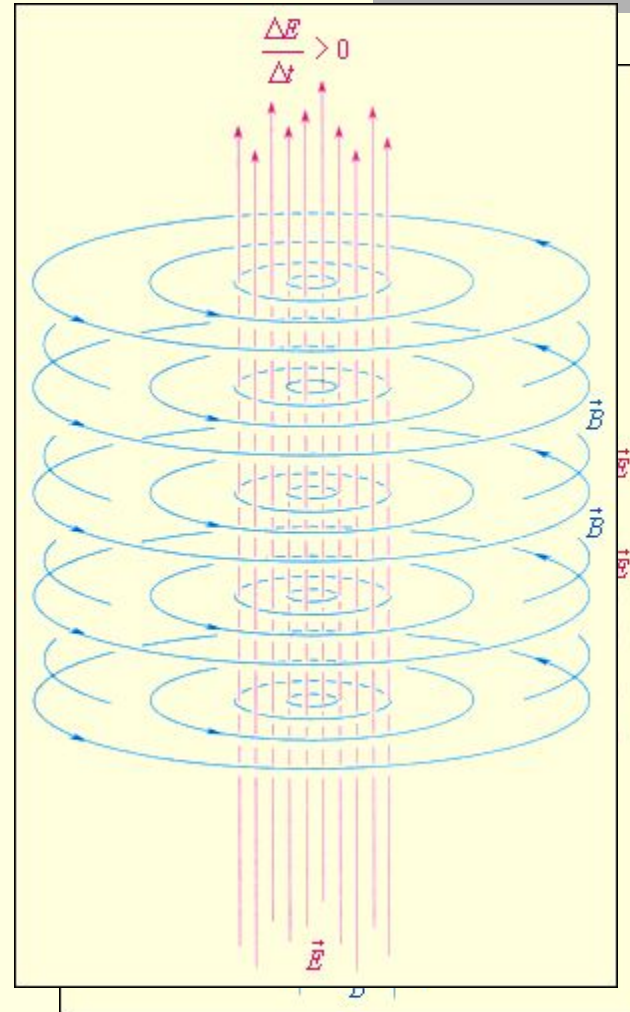
# Джеймс Клерк Максвелл

- 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

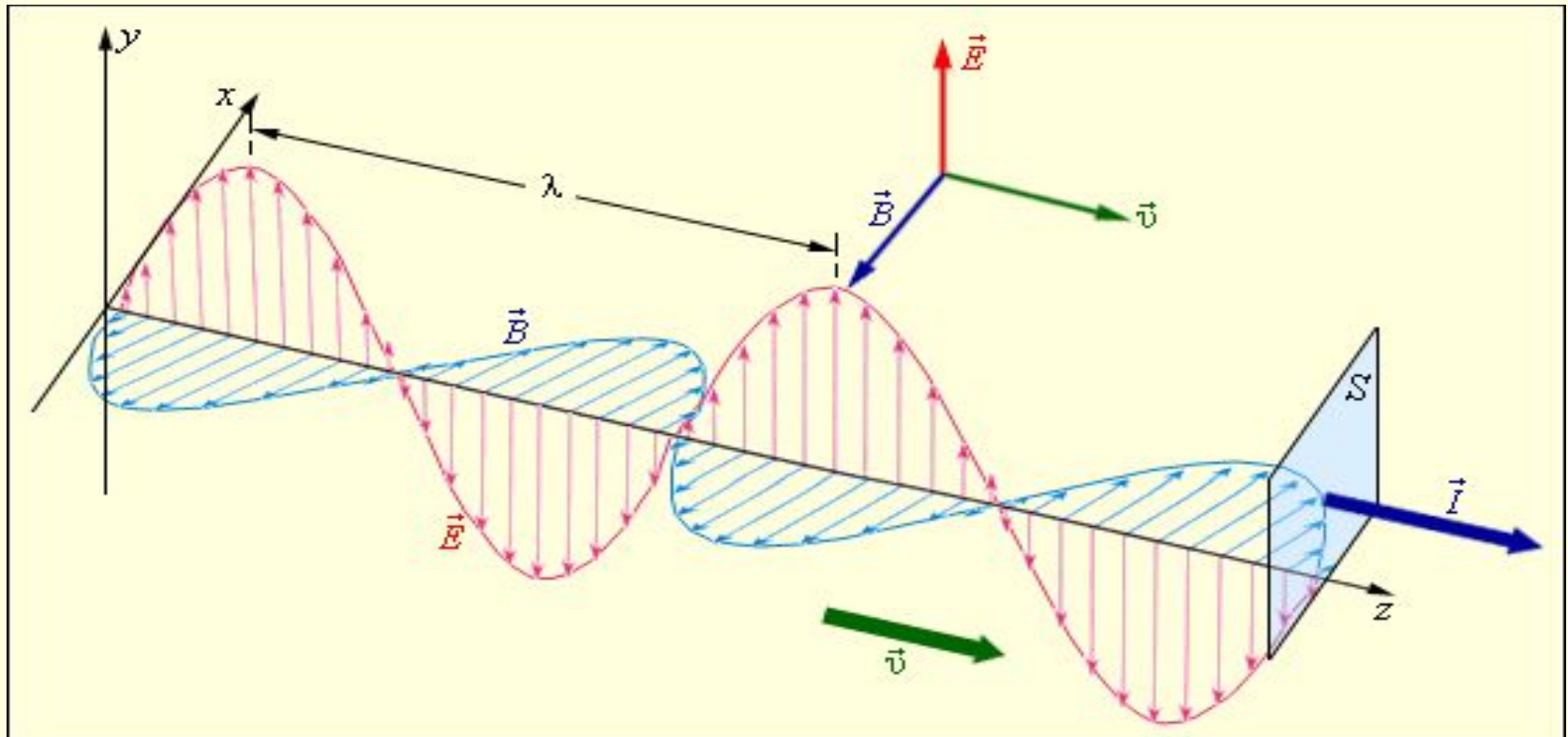
- Максвелл ввел в физику понятие **вихревого электрического поля** и предложил новую трактовку закона **электромагнитной индукции**, открытой Фарадеем в 1831 г.:
- **Всякое изменение магнитного поля порождает в окружающем пространстве вихревое электрическое поле, силовые линии которого замкнуты.**
- 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:

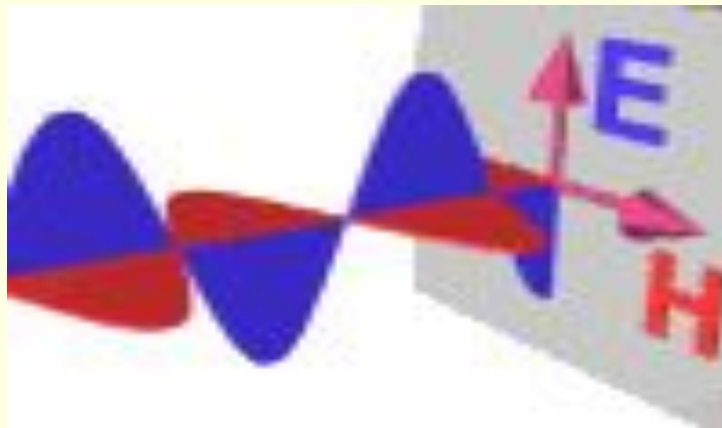
1. Существуют электромагнитные волны, то есть распространяющееся в пространстве и во времени электромагнитное поле. Электромагнитные волны **поперечны** – векторы и перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны



# 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.





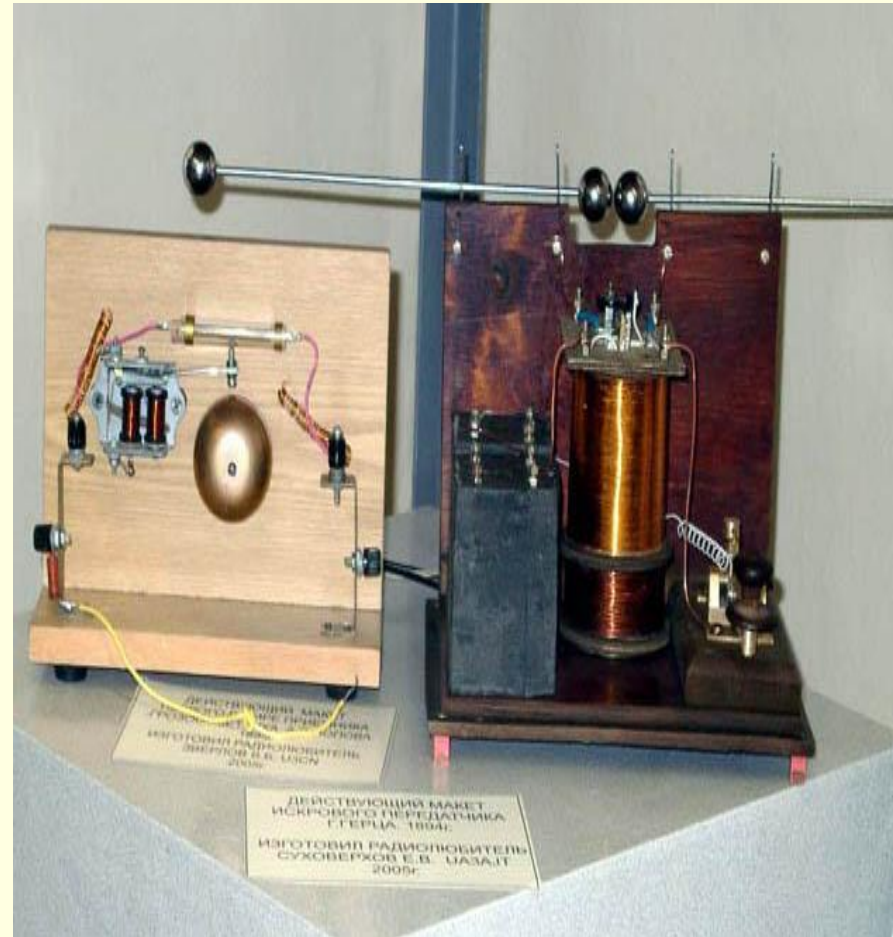
# Генрих Герц

- 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  $v = \lambda \nu$ . Она оказалась приблизительно равна скорости света:  $c \approx 300000 \text{ км/с}$ . Опыт Герца блестяще подтвердили предсказания Максвелла.



# Александр Степанович Попов

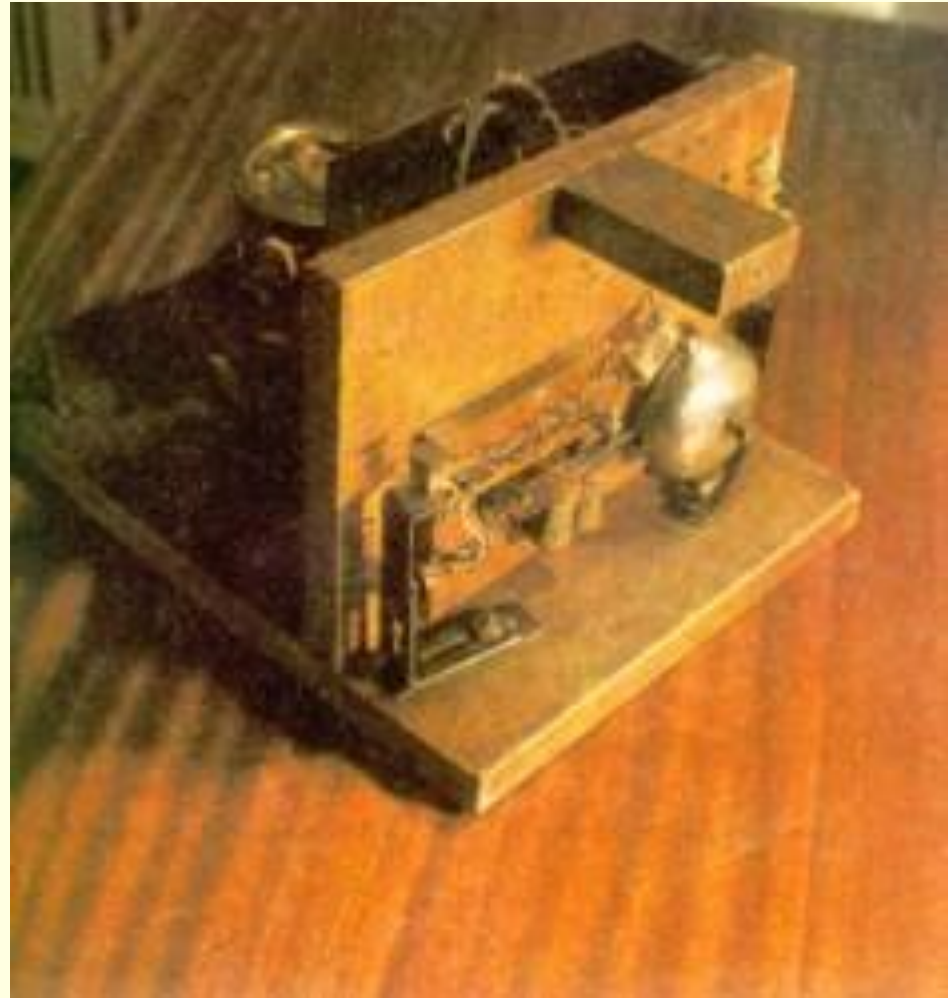
В России одним из первых занялся изучением электромагнитных волн преподаватель офицерских курсов в Кронштадте Александр Степанович Попов. Попов Александр Степанович (1859-1905), русский физик и электротехник, изобретатель электрической связи без проводов (радиосвязи). В 1895 году продемонстрировал изобретённый 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.



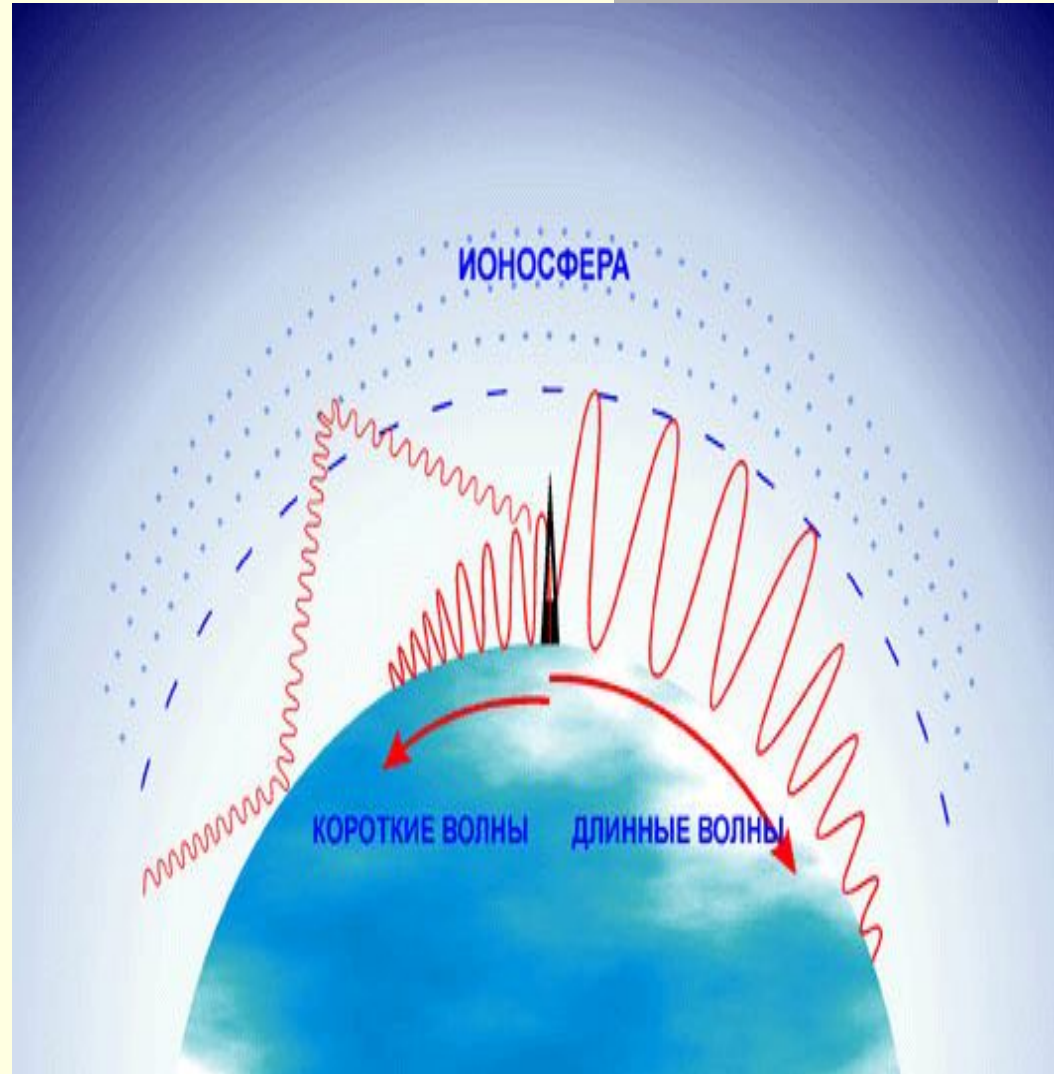
# Маркони

- 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.

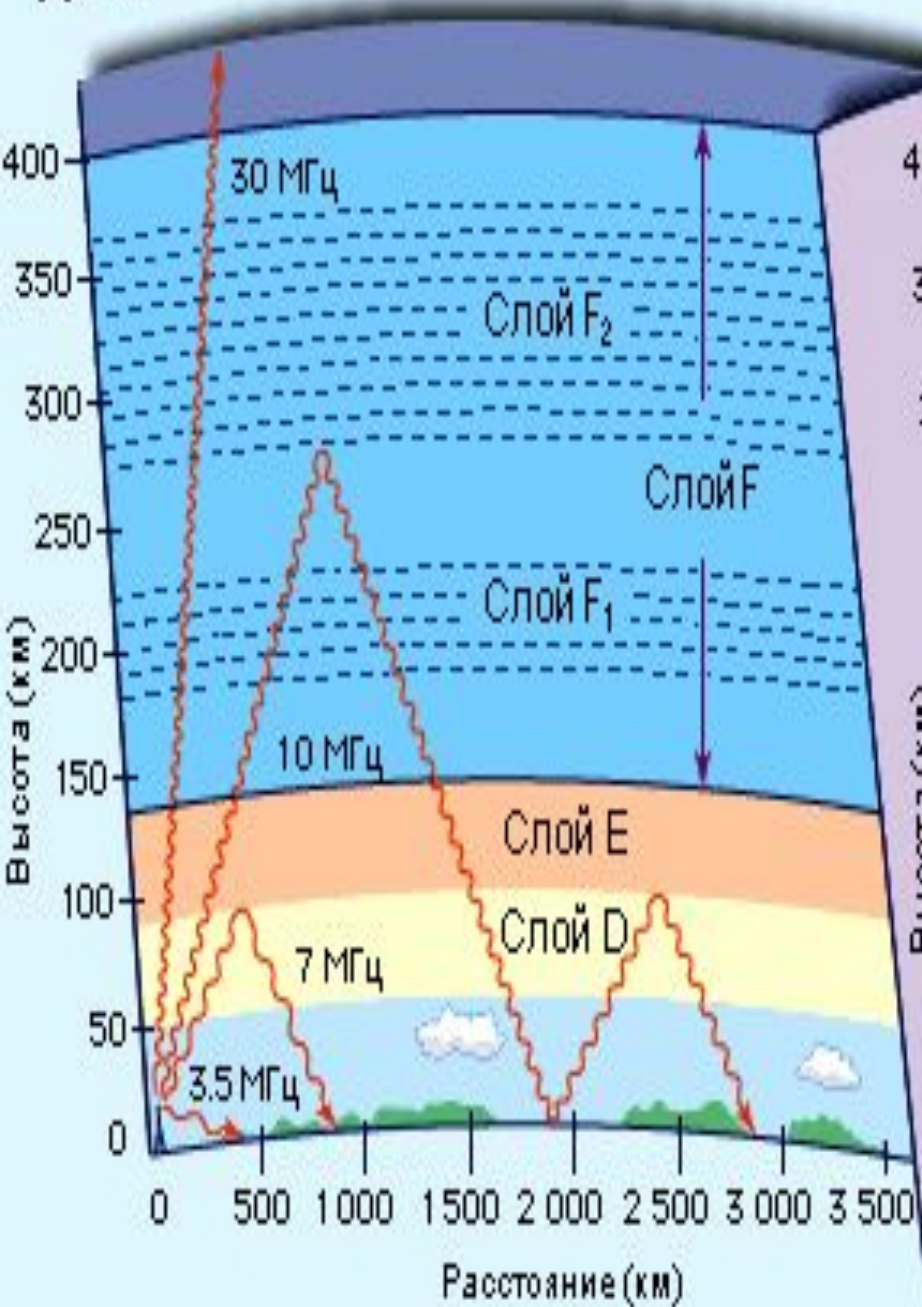


# Распространение радиоволн

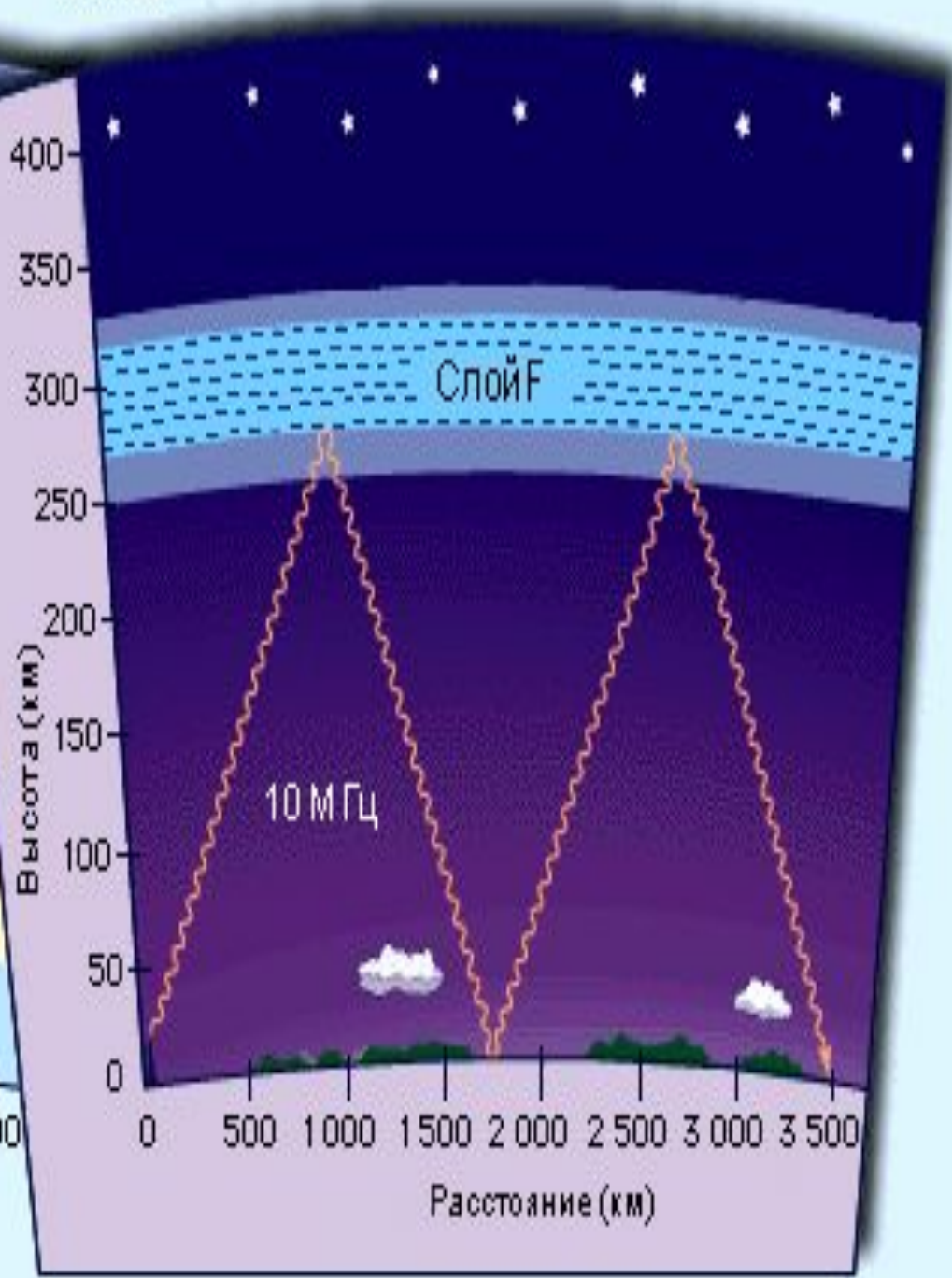
- Радиоволны излучаются через антенну в пространство и распространяются в виде энергии электромагнитного поля. И хотя природа радиоволн одинакова, их способность к распространению сильно зависит от длины волны.
- Земля для радиоволн представляет проводник электричества (хотя и не очень хороший). Проходя 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

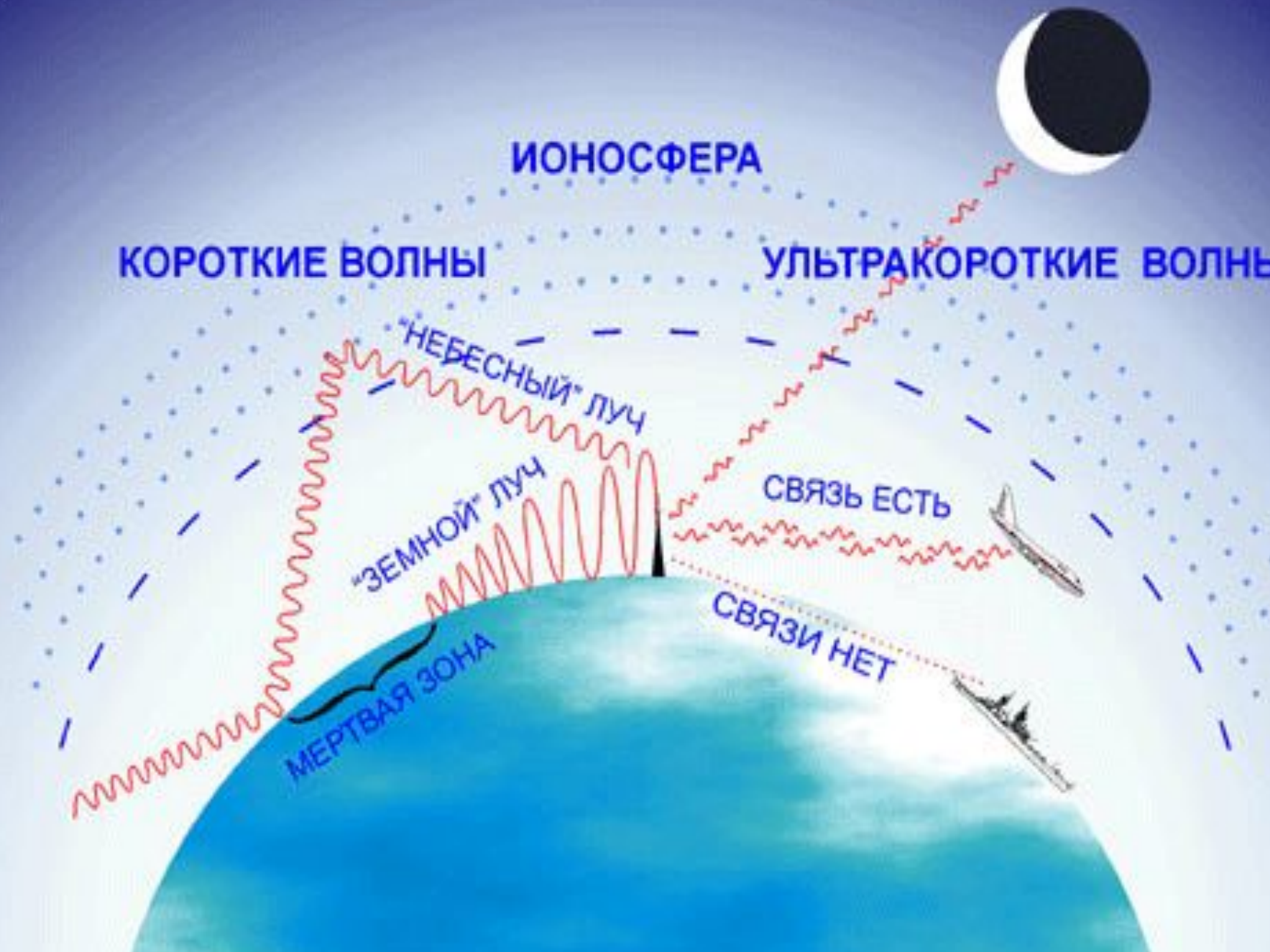
"НЕБЕСНЫЙ" луч

"ЗЕМНОЙ" луч

СВЯЗЬ ЕСТЬ

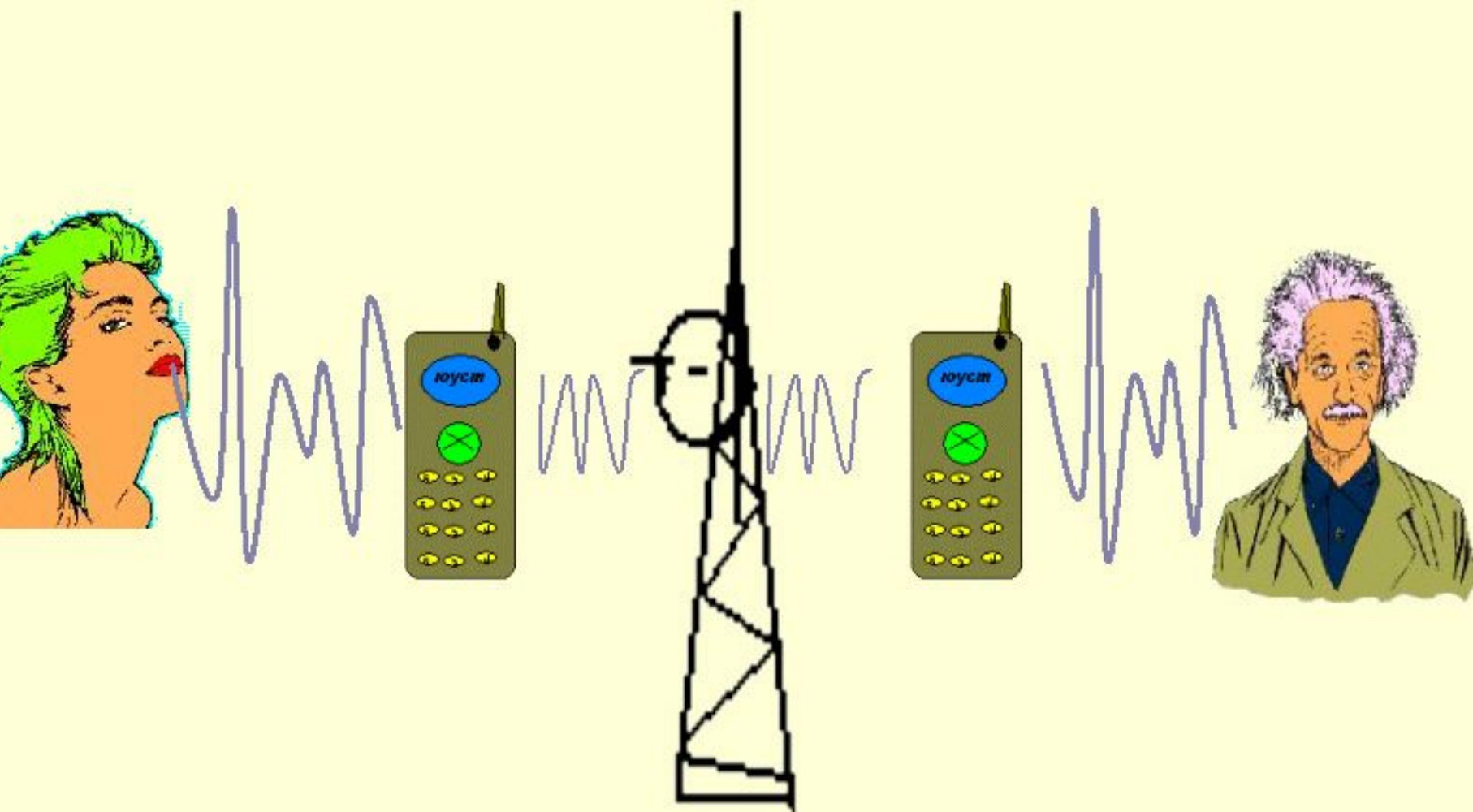
МЕРТВАЯ ЗОНА

СВЯЗИ НЕТ





# 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.  $\lambda v$ ;    Б.  $1/v$ ;    В.  $v/\lambda$ ;    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