
Электромагнитные волны

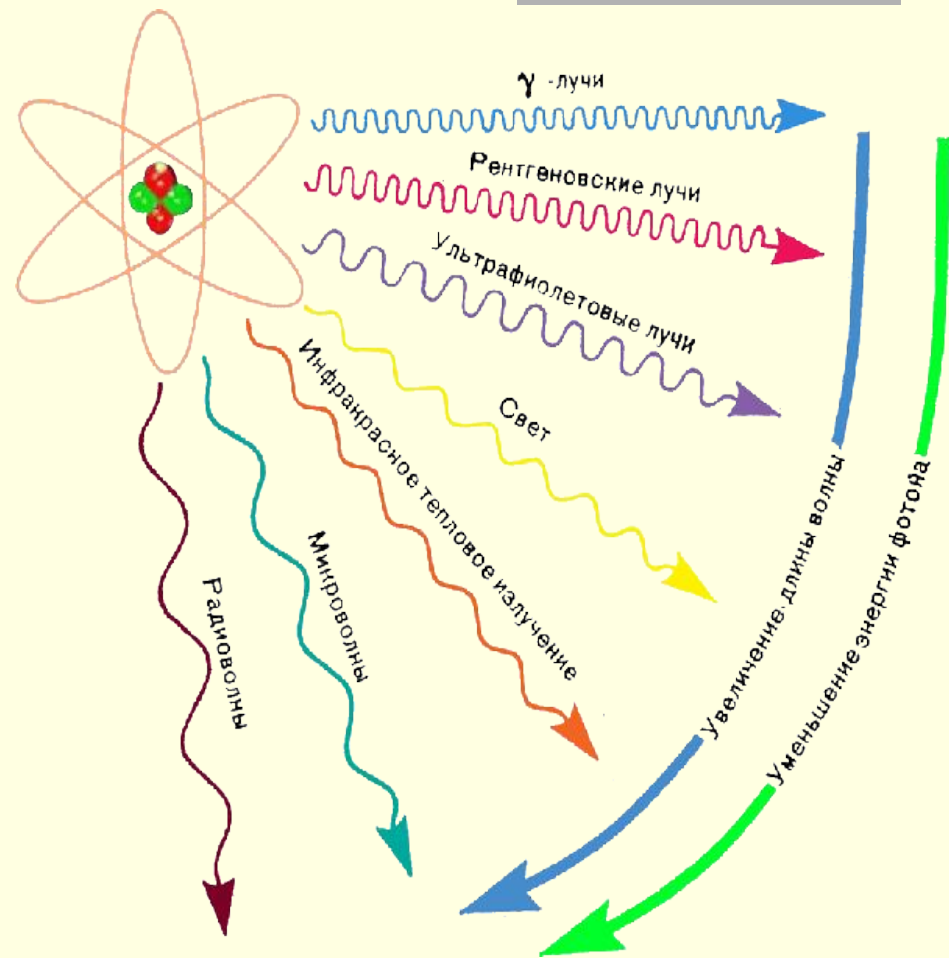
Электромагнитные волны

■ 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.



ДЛИНА ВОЛНЫ

$$\lambda = v \cdot T$$

λ – длина волны, м

v – скорость распространения волны, м/с

T – период волны, с

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}

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



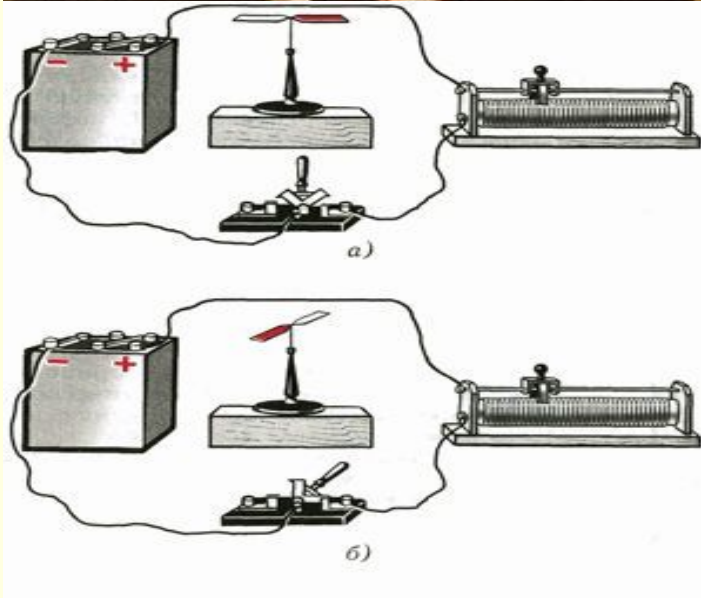
Длина волны

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.

Ханс Кристиан Эрстед (1777-1851)



В 1820 году он обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку



Это привело к возникновению новой области физики - электромагнетизма

Майкл Фарадей (1791-1867)



1831 г.

**Открыл явление
электромагнитной
индукции**



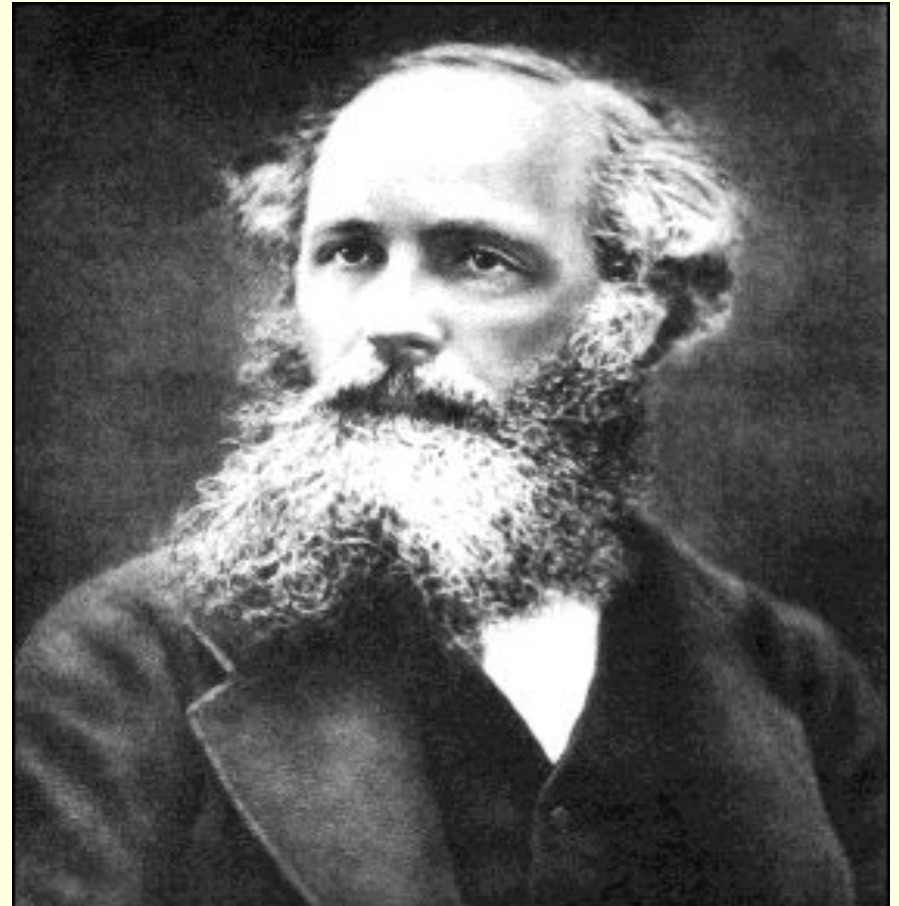
МАКСВЕЛЛ ДЖЕЙМС КЛЕРК (1831-1879)



**Создал теорию
электромагнитного
поля (1864 г.)**

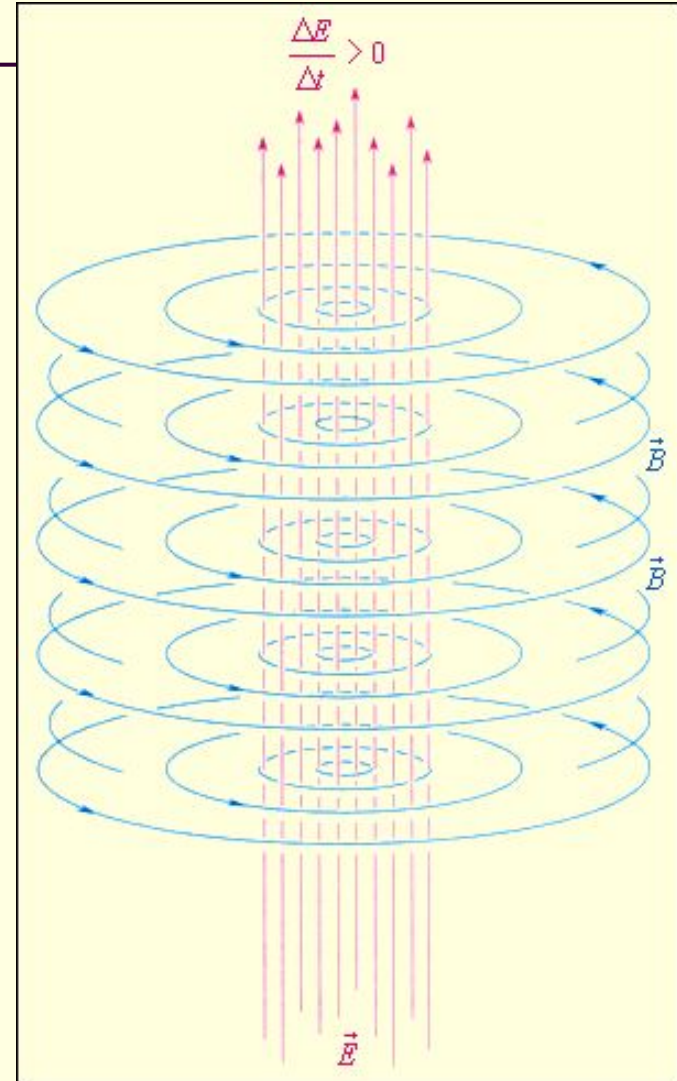
Джеймс Клерк Максвелл

- 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

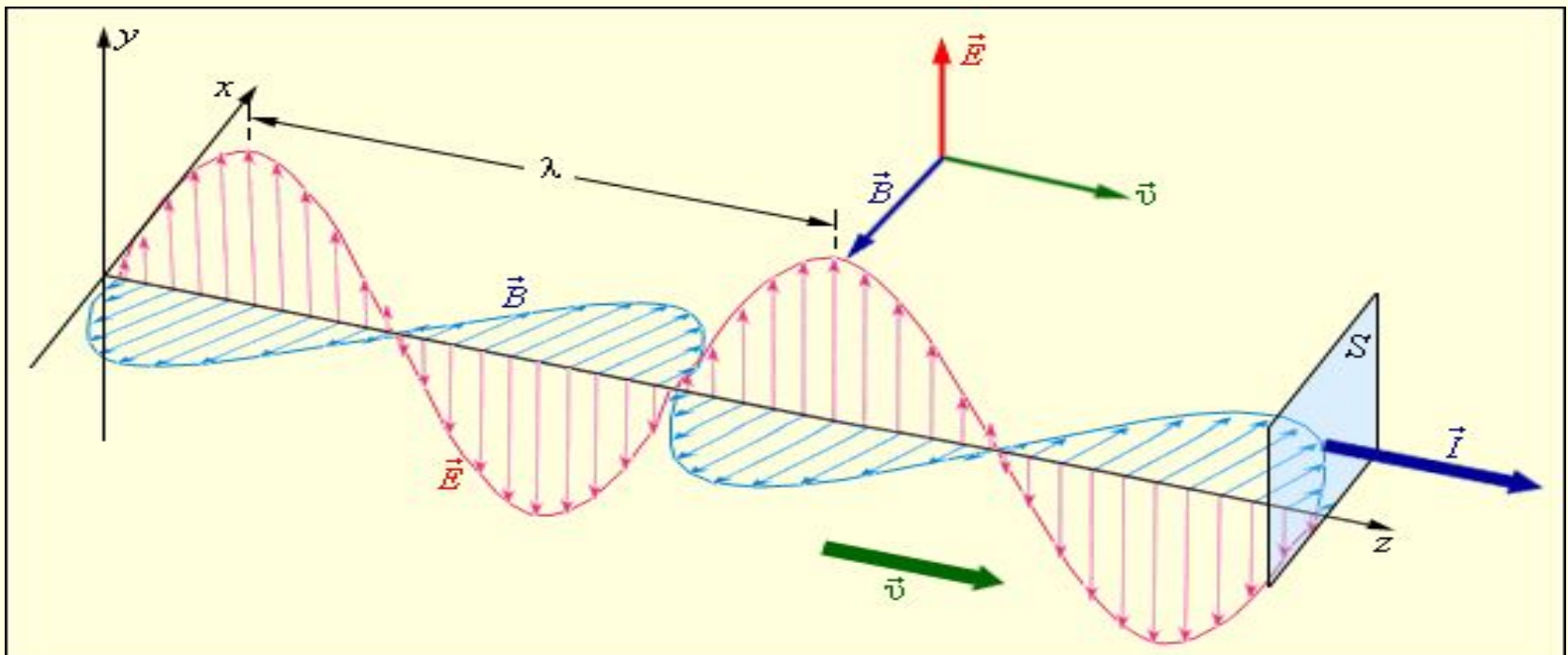
- Максвелл ввел в физику понятие **вихревого электрического поля** и предложил новую трактовку закона **электромагнитной индукции**, открытой Фарадеем в 1831 г.:
- **Всякое изменение магнитного поля порождает в окружающем пространстве вихревое электрическое поле, силовые линии которого замкнуты.**
-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



Выводы из теории Максвелла

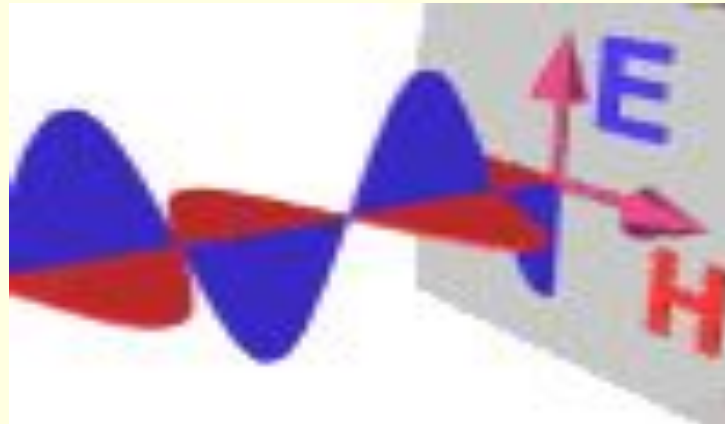
Из теории Максвелла вытекает ряд важных выводов:

1. Существуют электромагнитные волны, то есть распространяющееся в пространстве и во времени переменное электромагнитное поле.
2. 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.



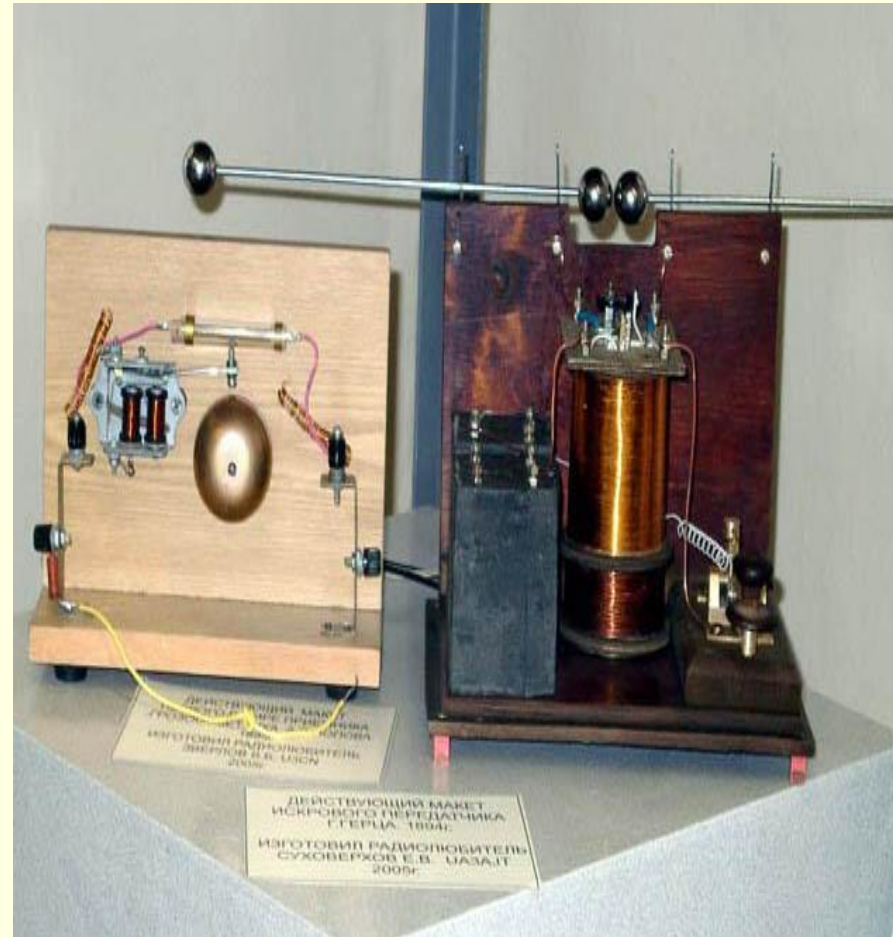
Излучение электромагнитных волн возникает при ускоренном движении электрических зарядов

Генрих Герц

- Электромагнитные волны были впервые экспериментально получены Герцем в 1887г. В его опытах ускоренное движение электрических зарядов возбуждалось в двух металлических стержнях с шарами на концах (вибратор 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: $c \approx 300000$ км/с. Опыт Герца блестяще подтвердили предсказания Максвелла.



ГЕНРИХ ГЕРЦ (1857-1894)



**Экспериментально
обнаружил
существование
электромагнитных волн
(1887 г.)**

- 1. Изучил свойства электромагнитных волн**
- 2. Определил скорость электромагнитной волны**
- 3. Доказал, что свет – частный случай электромагнитной волны**

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 грозовых 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

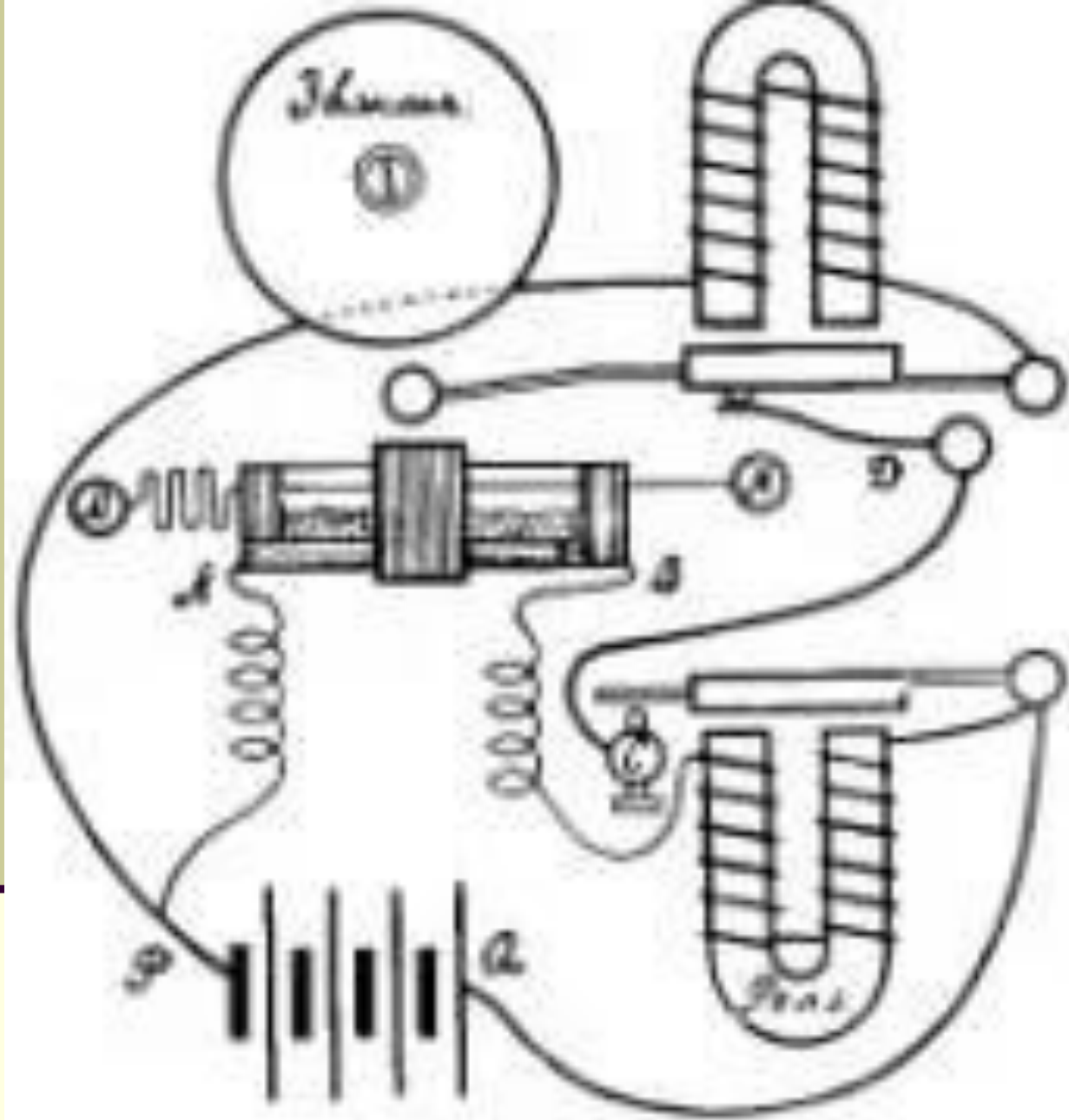
1 – антенны, 2 – когерера, 3 – электромагнитного реле, 4 – электрического звонка, 5 – источника постоянного тока. Электромагнитные волны вызывали вынужденные колебания тока и напряжения в антенне. Переменное напряжение с антенны подавалось на два электрода, которые были расположены в стеклянной трубке, 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.



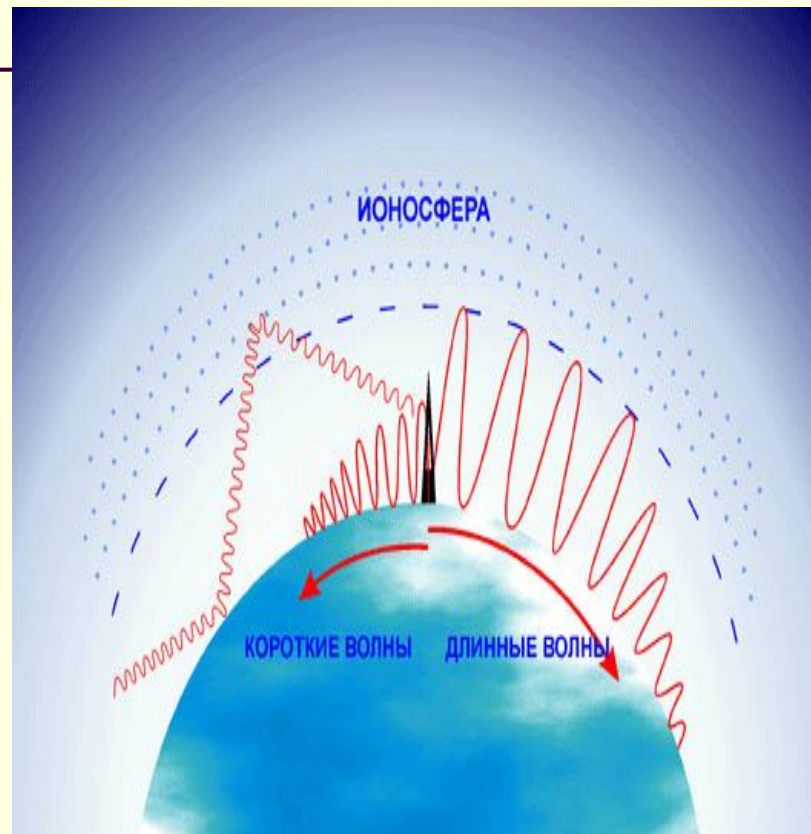
Распространение радиоволн

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 волна (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.



ИОНОСФЕРА

КОРОТКИЕ ВОЛНЫ

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ

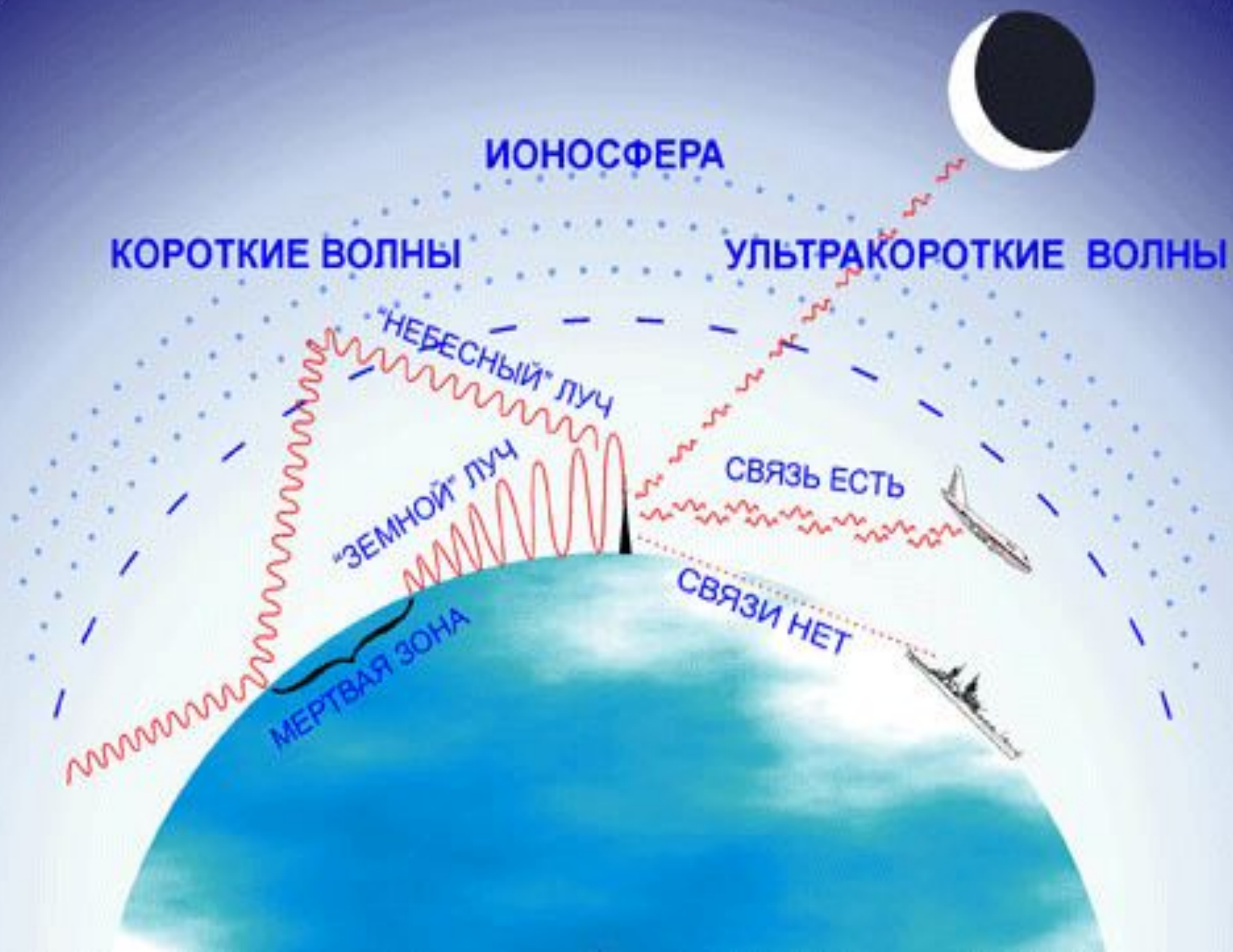
"НЕБЕСНЫЙ" луч

"ЗЕМНОЙ" луч

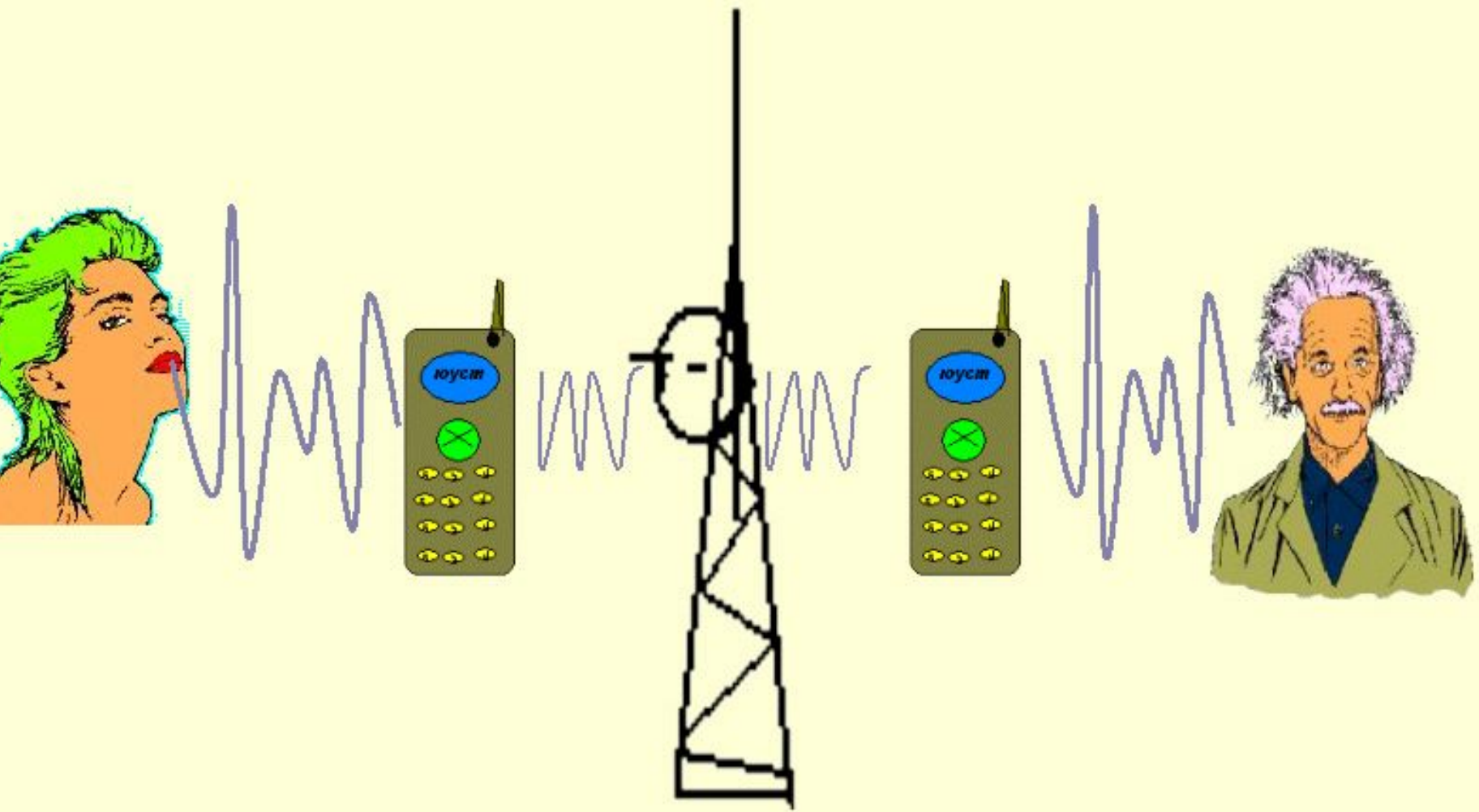
СВЯЗЬ ЕСТЬ

МЕРТВАЯ ЗОНА

СВЯЗИ НЕТ



Радиосвязь



ЗАКРЕПЛЕНИЕ

1. Как зависит длина волны от частоты колебания ?
2. Что произойдет с длиной волны, если период колебания частиц увеличится в 2 раза?
3. Как изменится частота колебания излучения при переходе волны в более плотную среду?
4. Что является причиной излучения электромагнитной волны?
5. Где используются электромагнитные волны?

Обратно пропорционально

Увеличится в 2 раза

Не изменится

Заряженные частицы, движущиеся с ускорением

Тестовые задания

Задания первого уровня.

1. 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.

2. Укажите выражение длины волны.

А. λv ; Б. $1/v$; В. v/v ; Г. $1/T$.

3. 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;

4. Укажите правильный ответ. В электромагнитной волне вектор E ...

А. параллелен B ; Б. антипараллелен B ; В. Направлен перпендикулярно B .

5. Электромагнитное взаимодействие в вакууме распространяется со скоростью ...

($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

А. $v > c$; Б. $v = c$; В. $v < c$.

6. Электромагнитная волна представляет собой взаимосвязанные колебания ...

А. электронов;

Б. вектора напряженности электрического поля E и вектора индукции магнитного поля;

В. протонов.

7. 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 .

8. Электрическое и магнитное поля электромагнитной волны являются ...

А. вихревыми и переменными; Б. потенциальными и стационарными;

В. вихревыми и стационарными.

9. 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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.