

Электромагнитные волны

Гипотеза Максвелла

Английский физик **Джеймс Максвелл** (1831 – 1879) на основании изучения экспериментальных работ Фарадея по электричеству и магнетизму в 1864 г. высказал гипотезу о существовании в природе особых волн, способных распространяться в вакууме. Эти волны Максвелл назвал электромагнитными волнами.



4.1 Генерация ЭМВ



Максвелл Джеймс Клерк (1831 – 1879) – английский физик, член Эдинбургского (1855) и Лондонского (1861) королевских обществ, первый профессор экспериментальной физики в Кембридже. Под его руководством создана известная Кавендишская лаборатория, которую он возглавлял до конца своей жизни.

Самым большим научным достижением Максвелла является созданная им теория электромагнитного поля, которую он сформулировал в виде системы нескольких уравнений (уравнения Максвелла), выражающих все основные закономерности электромагнитных явлений. В своей теории Максвелл дал определение электромагнитного поля и предсказал новый важный эффект: существование в свободном пространстве электромагнитных волн и их распространение в пространстве со скоростью света. Последнее дало ему основание считать свет одним из видов электромагнитного излучения.

Открытие электромагнитных волн

*Электромагнитные волны впервые экспериментально обнаружил **Генрих Герц** (1857 – 1894) в 1887г. В его опытах ускоренное движение электрических зарядов возбуждалось в двух металлических стержнях с шарами на концах. При сообщении шарам достаточно больших разноименных зарядов между ними происходил разряд. В результате шары перезаряжались, между ними вновь проскакивала искра. Процесс повторялся многократно, и возникали электрические колебания.*





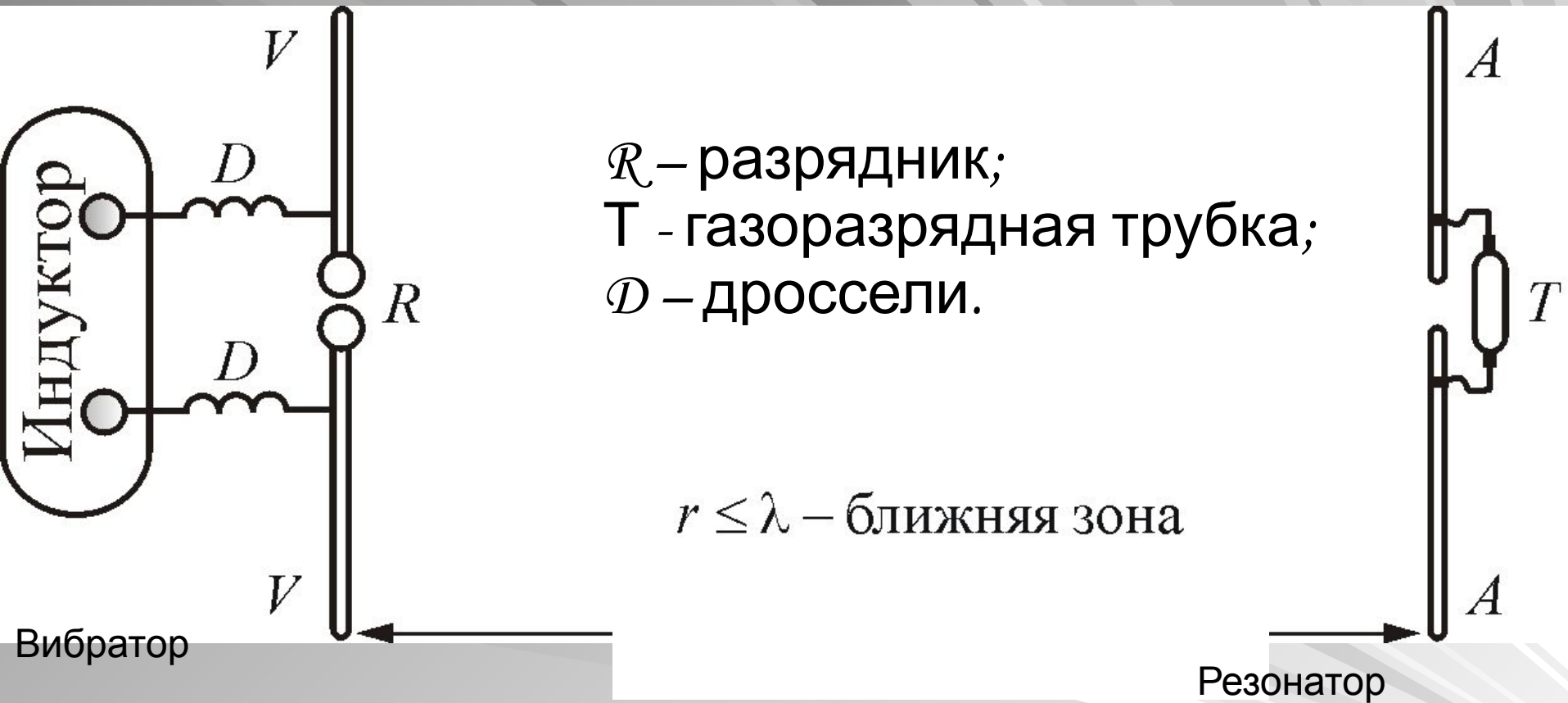
Герц Генрих Рудольф (1857 – 1894) – немецкий физик. Окончил Берлинский университет (1880 г.) и был ассистентом у Г. Гельмгольца. В 1885 – 89 гг. – профессор Высшей технической школы в Карлсруэ.

В 1887 г. в работе «Об очень быстрых электрических колебаниях» предложил удачную конструкцию генератора электромагнитных колебаний (вibrator Герца) и метод их обнаружения с помощью резонанса (резонатор Герца). Экспериментально доказал существование электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве, предсказанных теорией Максвелла. Экспериментируя с электромагнитными волнами, наблюдал их отражение, преломление, интерференцию, поляризацию. Развивая теорию Максвелла, он придал уравнениям электродинамики форму, которая хорошо обнаруживала полную взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями.

В колебательном контуре, образованном конденсатором C и катушкой L , электрическое поле сосредоточено в зазоре между обкладками, а магнитное – внутри катушки.

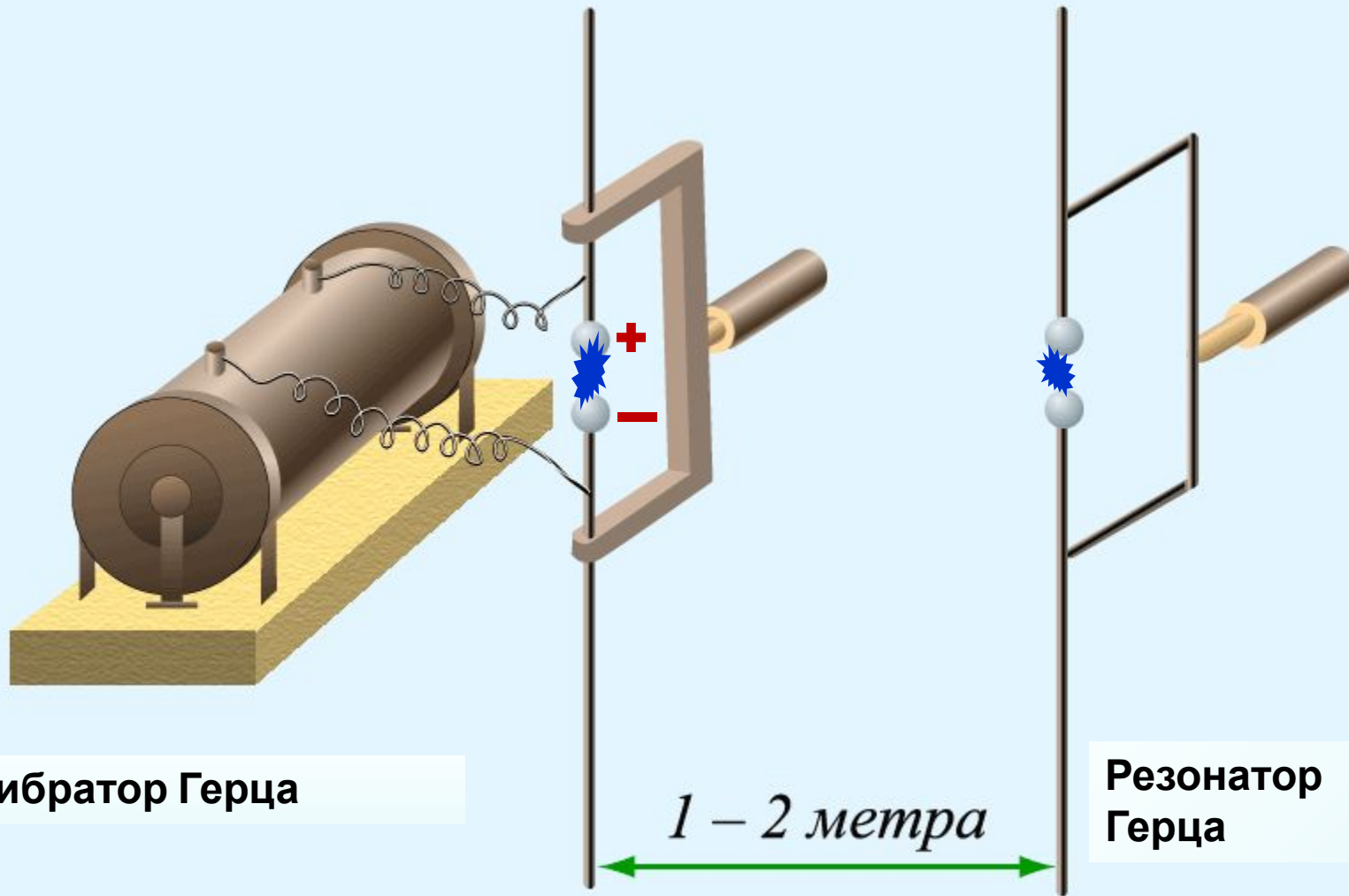
В окружающем конденсатор и катушку пространстве поля практически равны нулю...

Вибратор Герца



Движущийся с ускорением электрический заряд испускает электромагнитные волны.

Опыт Герца по обнаружению электромагнитных волн (1887 год)



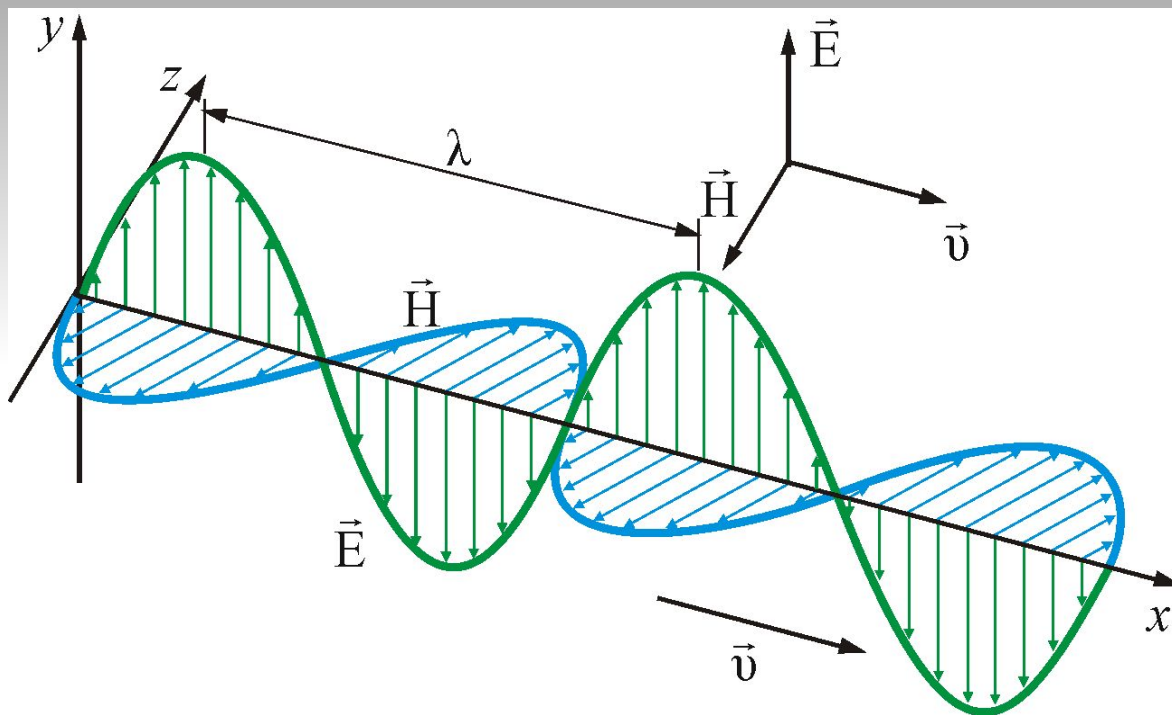
Вибратор Герца

Резонатор Герца

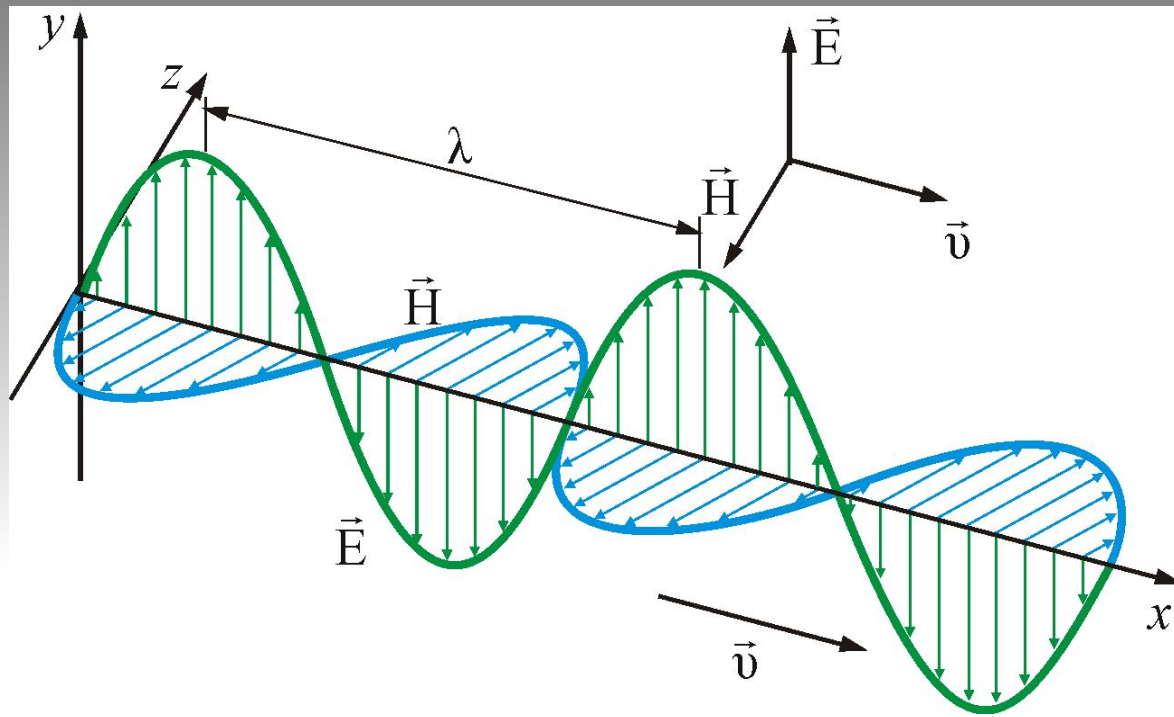
Электромагнитная волна – это система порождающих друг друга и распространяющихся в пространстве переменных электрического и магнитных полей.

Так как и электрические и магнитные поля могут существовать в вакууме, должно быть возможно распространение электромагнитных волн в вакууме.

ЭМВ распространяются в пространстве, удаляясь от вибратора во все стороны.



В любой точке векторы напряженности
электрического и магнитного полей взаимно
 \vec{E} \vec{H}
перпендикулярны и перпендикулярны направлению распространения
 \vec{v}



Поля изменяют свое направление в пространстве: в одних точках вектор \mathbf{H} направлен к плоскости страницы, в других – от нее; аналогично ведет себя и вектор \mathbf{E} . Электрическое и магнитное поля находятся в фазе, т.е. они достигают максимума и обращаются в нуль в одних и тех же точках.

Электромагнитные волны представляют собой поперечные волны и, в этом, аналогичны другим типам волн. Однако в ЭМВ происходят *колебания полей*, а не *вещества*, как в случае распространения волн на воде или в натянутом шнуре.

Основные характеристики электромагнитных волн.

- Напряжение электрического поля
- Колебания электромагнитных волн
- Длина волны
- Скорость волны
- Период волны
- Частота колебаний



Скорость распространения электромагнитных волн.

По известной частоте электромагнитных колебаний в контуре и измеренному значению длины электромагнитной волны Герц определил скорость распространения электромагнитной волны: она равна произведению частоты колебаний на длину волны.

До этого Максвелл рассчитал что скорость распространения волны в вакууме должна быть равной примерно 300 000 км/с. Число, полученное Герцем, оказалось примерно равным 300 000 км/с, как и предсказывал Максвелл.

Таким образом, опыты Герца явились экспериментальным подтверждением гипотезы Максвелла о существовании электромагнитных волн.

Для электромагнитных волн, как и для механических, справедливы соотношения между длиной волны λ , её скоростью c , периодом T и частотой ν колебаний:

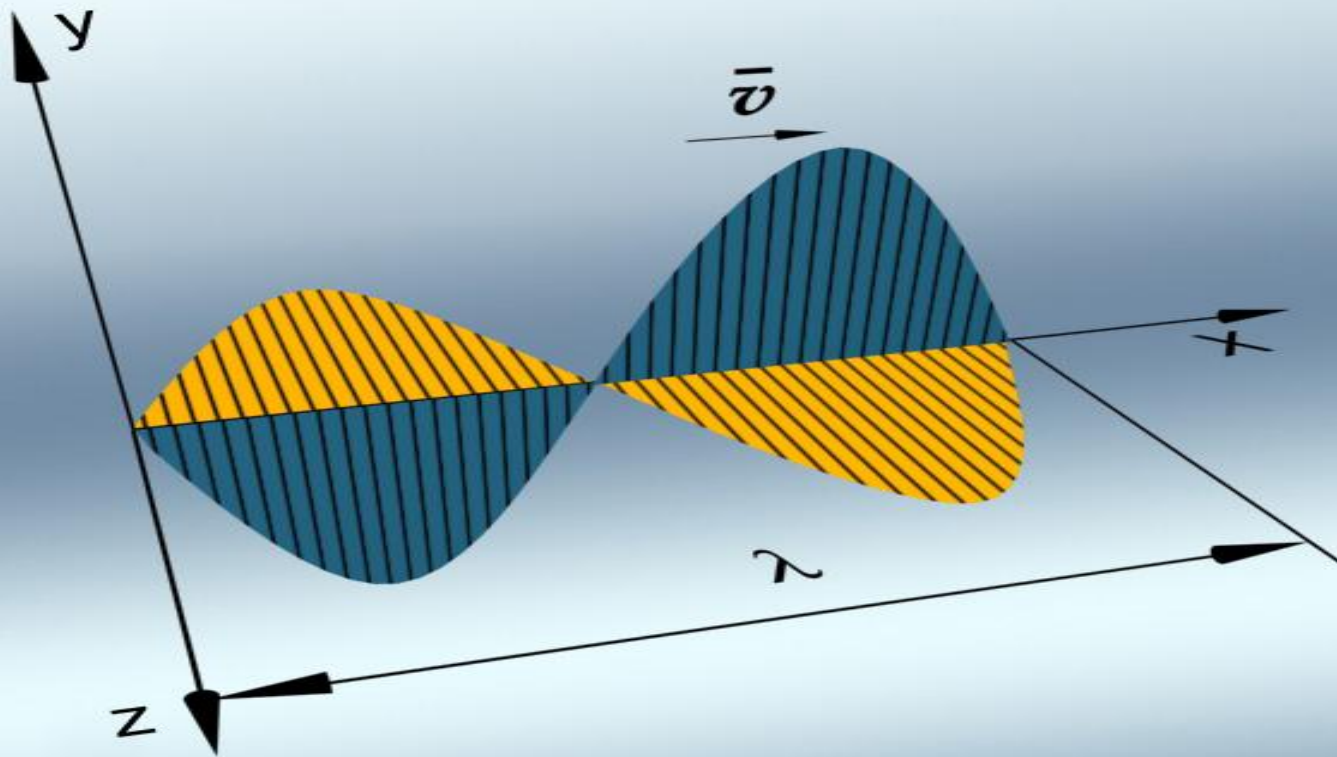
$$\lambda = c T = \frac{c}{\nu}$$

Свойства электромагнитных волн

Свойства электромагнитных волн во многом сходны со свойствами механических волн.

На границе раздела двух сред электромагнитные волны частично отражаются, частично проходят во вторую среду.

От поверхности диэлектрика волны отражаются слабо, от поверхности металлов отражаются почти без потерь.

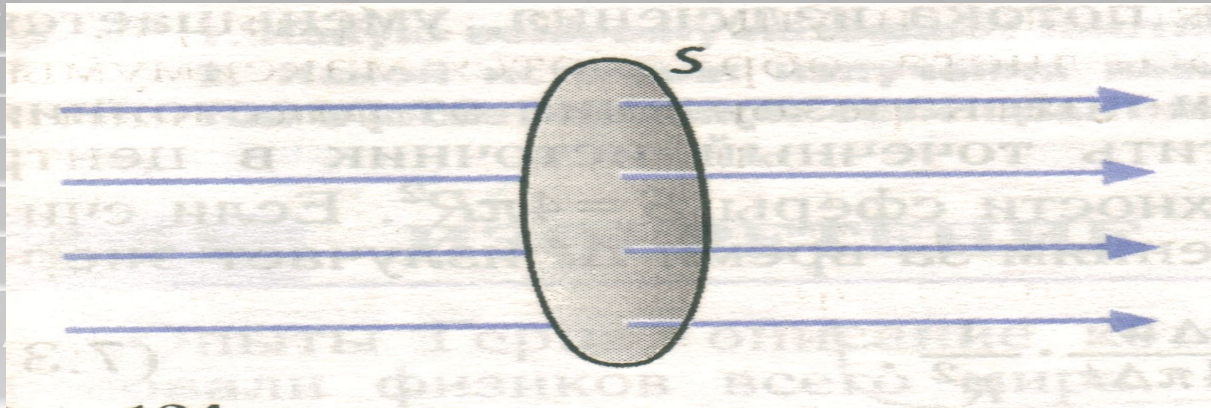


Излученные электромагнитные волны несут с собой энергию.

Энергетические характеристики излучения играют важную роль, так как определяют воздействия источников излучения на его приемники.

Одной из главных характеристик излучения является плотность потока электромагнитного излучения.

Рассмотрим поверхность площадью S ,
через которую эл/м волны переносят
энергию.

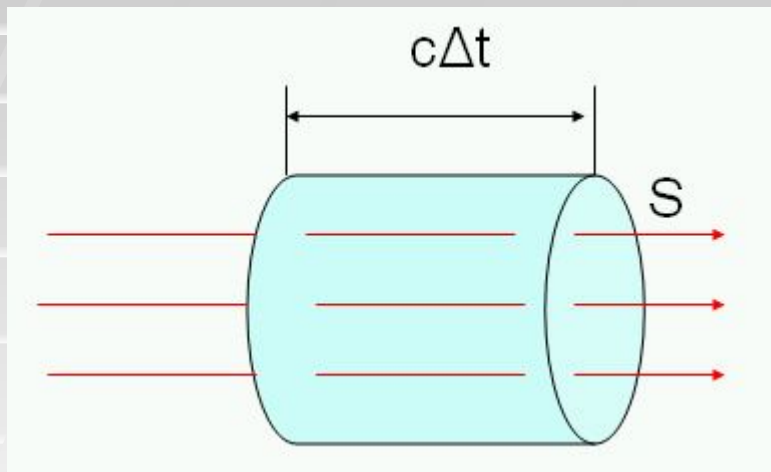


Лучи указывают распространение эл/м волн.

Они перпендикулярны поверхностям, во всех
точках которых колебания происходят в
одинаковых фазах, эти поверхности называются
волновыми.

Лучи- линии, перпендикулярные поверхностям (волновые), во всех точках которых колебания происходят в одинаковых фазах.

Плотность потока электромагнитного излучения I - отношение электромагнитной энергии ΔW , проходящей за время Δt через перпендикулярную лучам поверхность площадью S , к произведению площади на время.



$$I = \frac{\Delta W}{S\Delta t}$$

$$I = \frac{\Delta W}{S \Delta t}$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Мощность

Плотность потока
электромагнитного
излучения

$$[I] = \frac{Вт}{м^2}$$

Мощность
электромагнитного
излучения, проходящая
через единицу площади

Интенсивность
волны

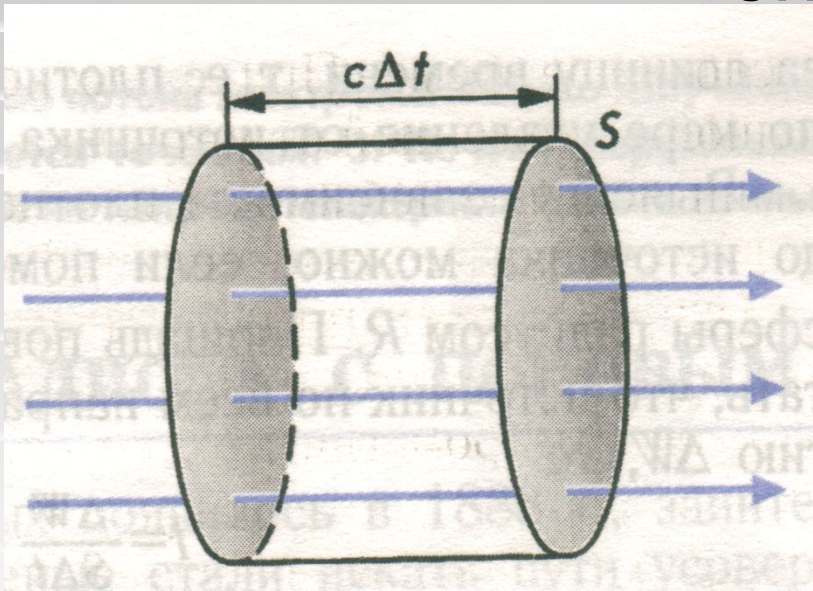
Фактически – это мощность эл/м излучения, то есть энергия в единицу времени, проходящего через единицу площади поверхности.

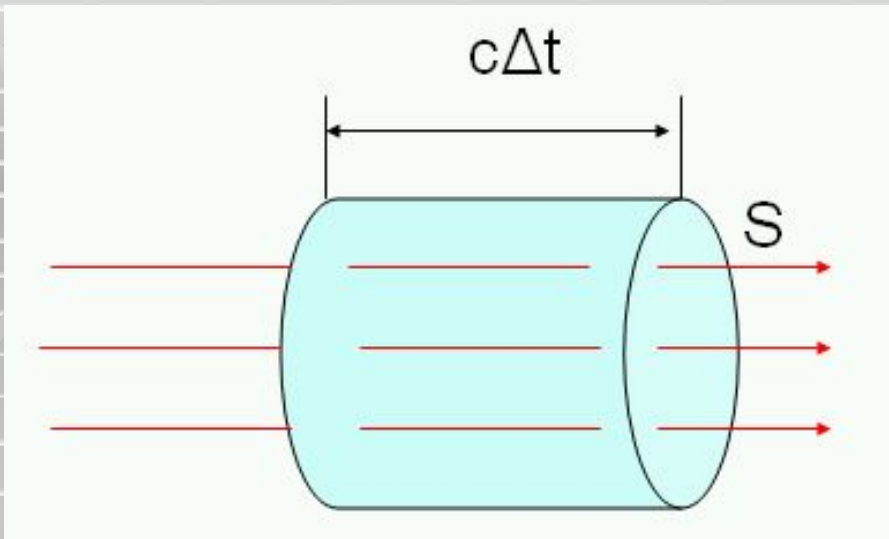
В системе СИ плотность потока выражают BT/m^2 .

Иногда эту величину называют – интенсивность волны.

Выразите плотность потока эл/м излучения через плотность эл/м энергии и скорость ее распространения, если:

ω - плотность эл/м энергии





$$V = Sc\Delta t$$

$$\Delta W = wc\Delta t S$$

Плотность энергии

$$I = \frac{wc\Delta t S}{S\Delta t} = wc$$

Зависимость плотности потока излучения от расстояния до источника

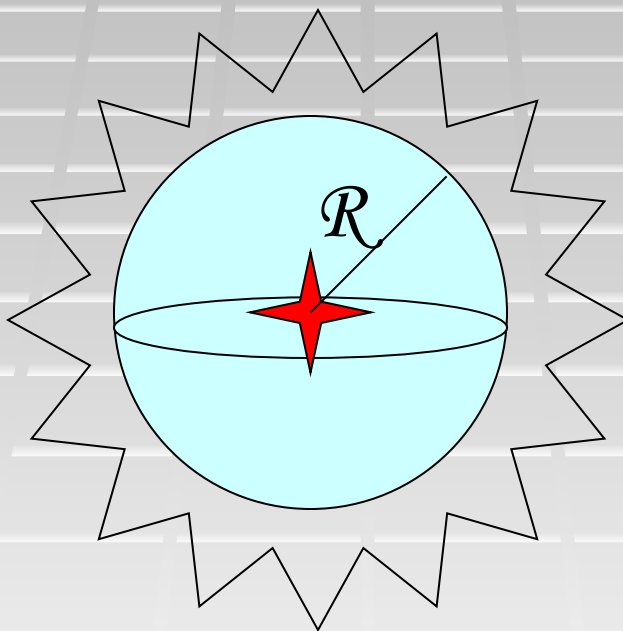
Энергия, которую несут с собой эл/м волны, с течением времени распределяется по все большей и большей поверхности (сфере).

Поэтому плотность потока излучения уменьшается по мере удаления от источника.

Зависимость плотности потока излучения
от расстояния до источника

Точечный источник- источник, размеры которого много меньше расстояния, на котором оценивают его действие.

$$S = 4\pi R^2$$



$$I = \frac{\Delta W}{4\pi\Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}$$

Плотность потока излучения от точечного источника убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до источника.

Зависимость плотности потока излучения

от частоты

$$w = w_{\text{э}} + w_{\text{м}} \quad w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$$

$$w_{\text{э}} \sim E^2 \quad E \sim a \sim \omega^2$$

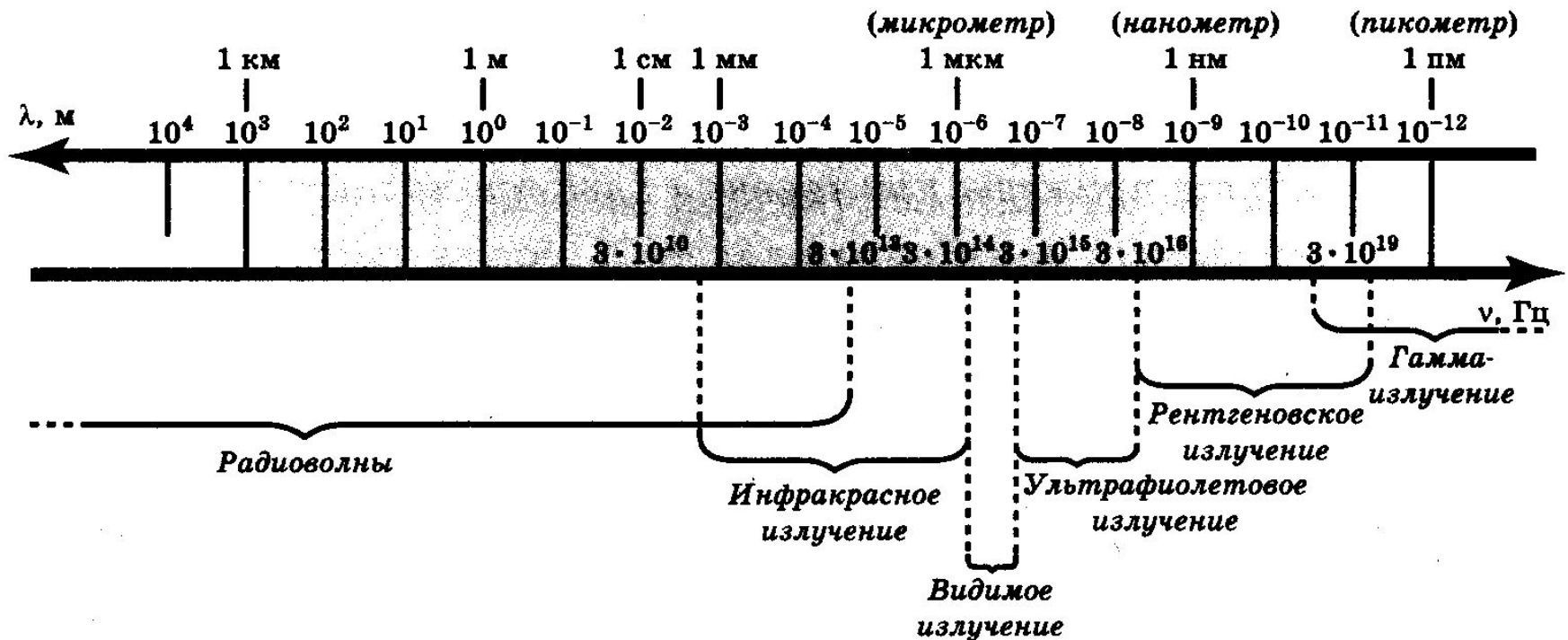
$$w_{\text{м}} \sim B^2 \quad B \sim a \sim \omega^2$$

$$I \sim w \sim (E^2 + B^2) \quad I \sim w^4$$

Плотность потока излучения пропорциональна четвертой степени частоты

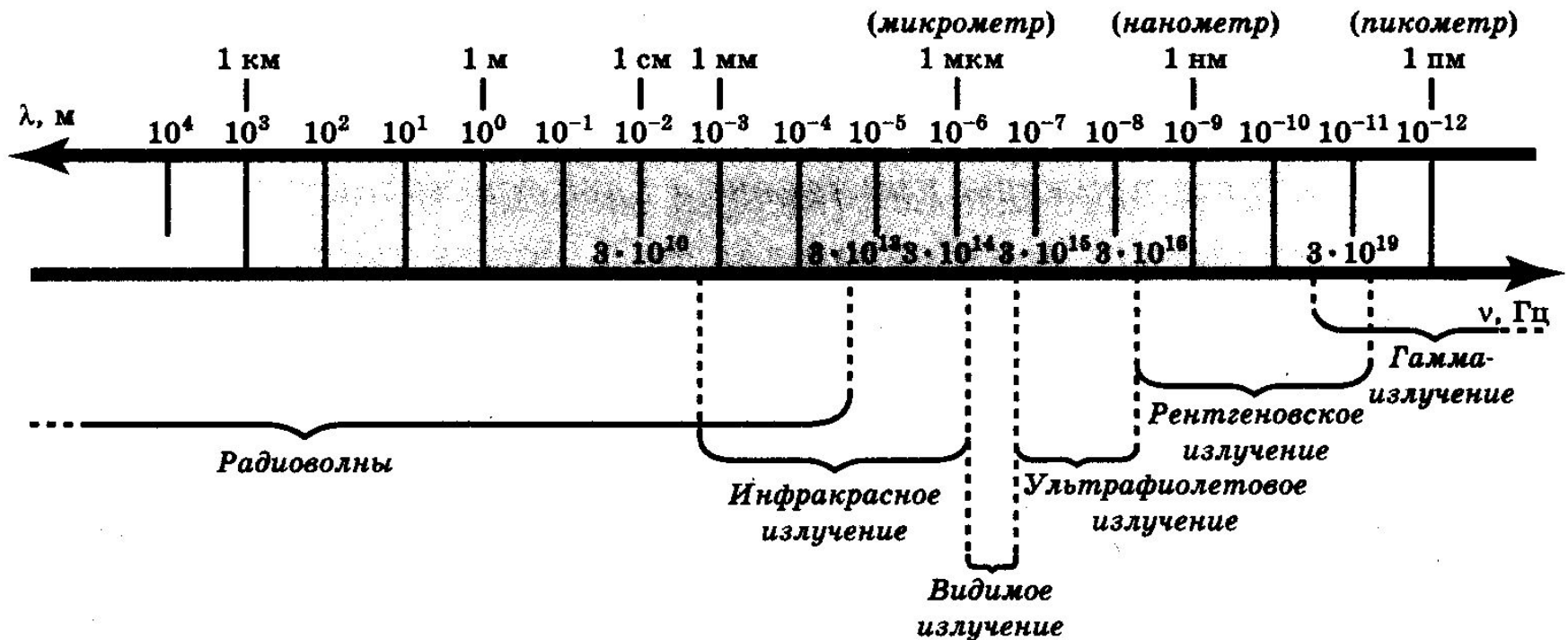
Диапазоны волн

Все электромагнитные волны разделены по частотам и длинам волн на шесть основных диапазонов.



Диапазоны волн

Все электромагнитные волны разделены по частотам и длинам волн на шесть основных диапазонов.



Электромагнитные волны разных частот отличаются друг от друга проникающей способностью, скоростью распространения в веществе, видимостью, цветностью и некоторыми другими свойствами.

Домашнее задание:

- §48-50
- Приготовить сообщение о биографии А.С.Попова