Задание:

- Изучить теорию;
- написать краткий конспект;
- Разобрать и записать примеры решения задач;
- По вопросам обращаться 072-1098278 или hvastov@rambler.ru
- Фотоотчёт конспекта прислать в течении 3 дней со дня получения задания на **hvastov@rambler.ru**

Тема: Электромагнитное поле и электромагнитные волны. Скорость электромагнитных волн. Принципы радиосвязи и телевидения. Свет как электромагнитная волна.

План

1. Основные положения электромагнитной теории Максвелла и опытное доказательство Герцем существования электромагнитных волн**.**
2. Электромагнитная волна и её характеристики, вихревое поле, шкала электромагнитных волн.
3. Радиосвязь, радиолокация;
4. давать определение понятий: радиосвязь, радиолокация, амплитудная модуляция, детектирование;
5. Принципы радиосвязи и телевидения.
6. Геометрическая оптика. Прямолинейное распространение света.
7. Скорость света и описание методов её измерения;
8. Принцип Гюйгенса, законы отражения и преломления света, границы их применимости;
9. Определение показателя преломления среды.

Глоссарий по теме

Вихревым электрическим полем называется поле, силовые линии которого нигде не начинаются и не заканчиваются, представляют собой замкнутые линии.

Электромагнитное поле – особая форма материи, осуществляющая электромагнитное взаимодействие.

Электромагнитные волны – это электромагнитные колебания, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью.

Точечный источник излучения – это источник, размеры которого много меньше расстояния, на котором оценивается его действие, и он посылает электромагнитные волны по всем направлениям с одинаковой интенсивностью.

Плотностью потока электромагнитного излучения называют отношение электромагнитной энергии ΔW, переносимой волной за время Δt через перпендикулярную лучам поверхность площадью S, к произведению площади на время Δt.

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

Радиотелефонная связь – передача речи и музыки с помощью электромагнитных волн.

Модуляция – изменение высокочастотных колебаний с помощью электрических колебаний низкой частоты.

Амплитудная модуляция – изменение по амплитуде высокочастотных колебаний с помощью электрических колебаний низкой частоты.

Детектирование – процесс преобразования модулированных колебаний высокой частоты в низкочастотные колебания.

Радиолокация - обнаружение и точное определение местонахождения объектов с помощью радиоволн.

Оптика – раздел физики, изучающий световые явления, выясняющий физическую природу и свойства света, закономерности его излучения и взаимодействия с веществом.

Геометрическая оптика – раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и законы его отражения от зеркальных поверхностей на основе представления о световых лучах.

Волоконная оптика - раздел оптики, который изучает систему передачи света и изображений с помощью световодов.

Световой луч – линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

Свет – это электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом.

Скорость света – абсолютная величина скорости распространения электромагнитных волн в вакууме.

Преломление света – явление изменения направления распространения света при прохождении через границу раздела сред с разными оптическими свойствами.

Закон прямолинейного распространения света: в однородной оптической среде свет распространяется прямолинейно.

Закон отражения света: луч падающий, луч отражённый и нормаль к отражающей поверхности в точке падения лежат в одной плоскости, причём угол падения равен углу отражения.

Отражение света - явление изменения направления распространения света на границе двух сред, при котором свет остается в первой среде.

Угол падения – угол между падающим лучом и нормалью к отражающей поверхности в точке падения.

Угол отражения – угол между нормалью к отражающей поверхности и отражённым лучом.

Плоская волна – волна, у которой поверхности равной фазы (волновые поверхности) и соответственно фронт волны имеет форму плоскости.

Основное содержание материала

Часто вы слышите от заботливых мам: «Не клади телефон под подушку! Не сиди долго за компьютером. Не находись долго около микроволновки! Не носи телефон в кармане! Вредно для здоровья, опасно для жизни, есть риск заболеть раковыми заболеваниями, действуют электромагнитные волны».

Вселенная-это океан электромагнитных излучений. Человек живет в нем, не замечая волн, проникающих в окружающее пространство. Включив лампочку или греясь у камина, человек заставляет источник этих волн работать, не задумываясь об их свойствах. Открытие природы электромагнитного излучения, позволило человечеству в течение XX века освоить и ввести в эксплуатацию различные его виды.

Сегодня мы поговорим об электромагнитных волнах, что это? Каковы его характеристики?

Когда мы слышим слово "волна", что вы себе представляете? Волны на море, на реке, волна в ванной комнате, и т.д. это механические волны. Механика переводится как движение. Мы их видим и способны определить его характеристики. Вспомним, какие величины характеризуют механические волны.

Период – это время, за которое совершается одно колебание. Период обозначается буквой Т, измеряется в секундах. Определяется по формуле:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$$

Частота – это число колебаний в единицу времени. Частота - обозначается буквой ν (ню), измеряется в герцах Гц и определяется по формуле:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$$

Амплитуда – это наибольшее отклонение от положения равновесия. Амплитуда – обозначается буквой А, измеряется в метрах.

Длина волны - это кратчайшее расстояние между точками, колеблющимися в одинаковых фазах. Обозначается буквой лямбда λ, измеряется в метрах м,

$$\lambda = \frac{\upsilon}{\nu} = \upsilon \cdot T$$

Скорость - υ, м/с

$$\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

Механические волны имеют много общего с электромагнитными волнами, но есть и существенные различия. Они распространяются в твердой, жидкой, газообразной среде, можем ли мы обнаружить их нашими чувствами? Да, в твердых средах-это могут быть землетрясения, колебания струн музыкальных инструментов. В жидкости - волны в море, в газах-это распространение звуков. С электромагнитными волнами не все так просто. Мы не чувствуем и не осознаем, сколько электромагнитных волн пронизывает наше пространство. Радиоволны, телевизионные волны, солнечный свет, Wi-Fi, излучение мобильного телефона и многое другое являются примерами электромагнитного излучения. Если бы мы могли видеть их, мы не смогли бы видеть друг друга за столькими электромагнитными волнами. Электромагнитные волны играют огромную роль в жизни современного человека - с их помощью мы передаем информацию, общаемся, обмениваемся данными, изучаем окружающий мир и многое другое. Сегодня мы должны понять понятие электромагнитных волн, выяснить, как получить электромагнитные волны и какими свойствами они обладают.

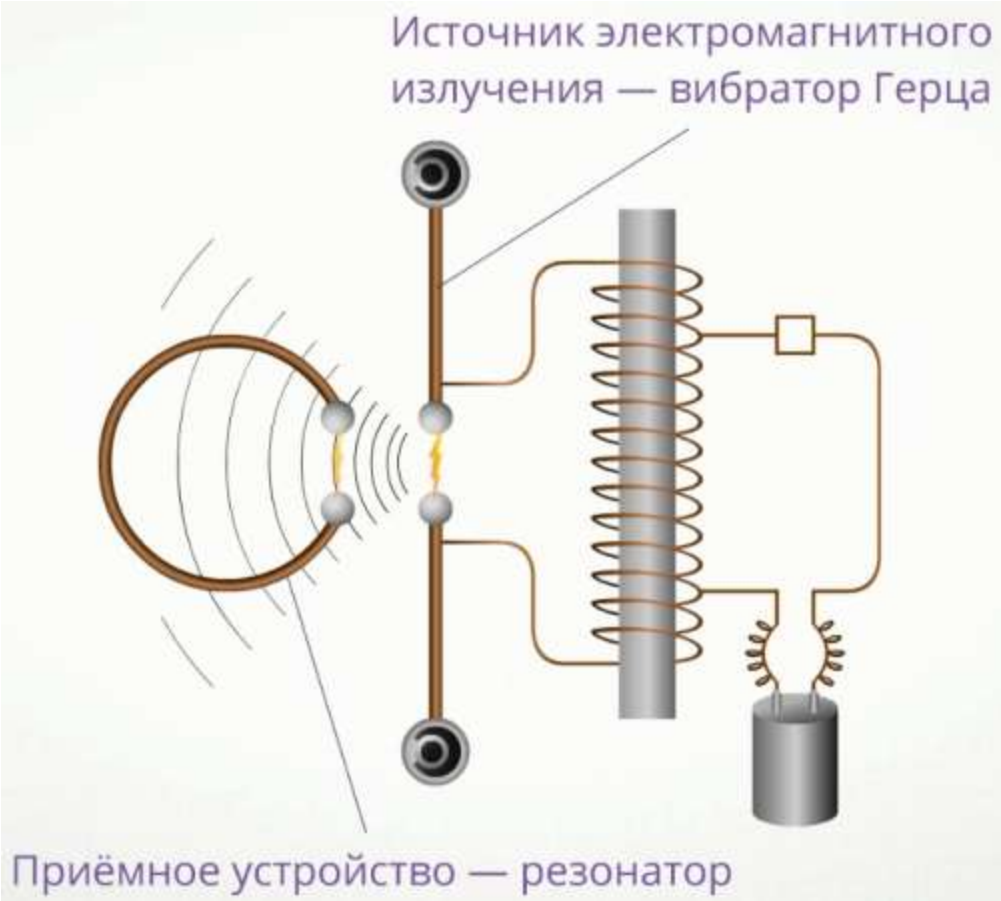
Какова история открытия электромагнитных волн? В 1820 году Эрстед обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку, что привело к возникновению новой области физики - электромагнетизма. В 1831 году Фарадей открыл явление электромагнитной индукции: переменное магнитное поле создает переменный электрический ток. В 1864 году Максвелл предположил, что при изменении электрического поля возникает вихревое магнитное поле. В 1887 году Герц экспериментально подтвердил гипотезу Максвелла о существовании электромагнитного поля.

Для подтверждения гипотезы Максвелла о существовании электромагнитного поля необходимо было экспериментально открыть электромагнитные волны. Это сделал немецкий физик Генрих Герц, который использовал устройство, названное в его честь вибратором Герца-открытый колебательный контур.

Генрих Герц

(1857–1894)

Простейшая система, в которой возникают электромагнитные колебания, называется колебательным контуром.

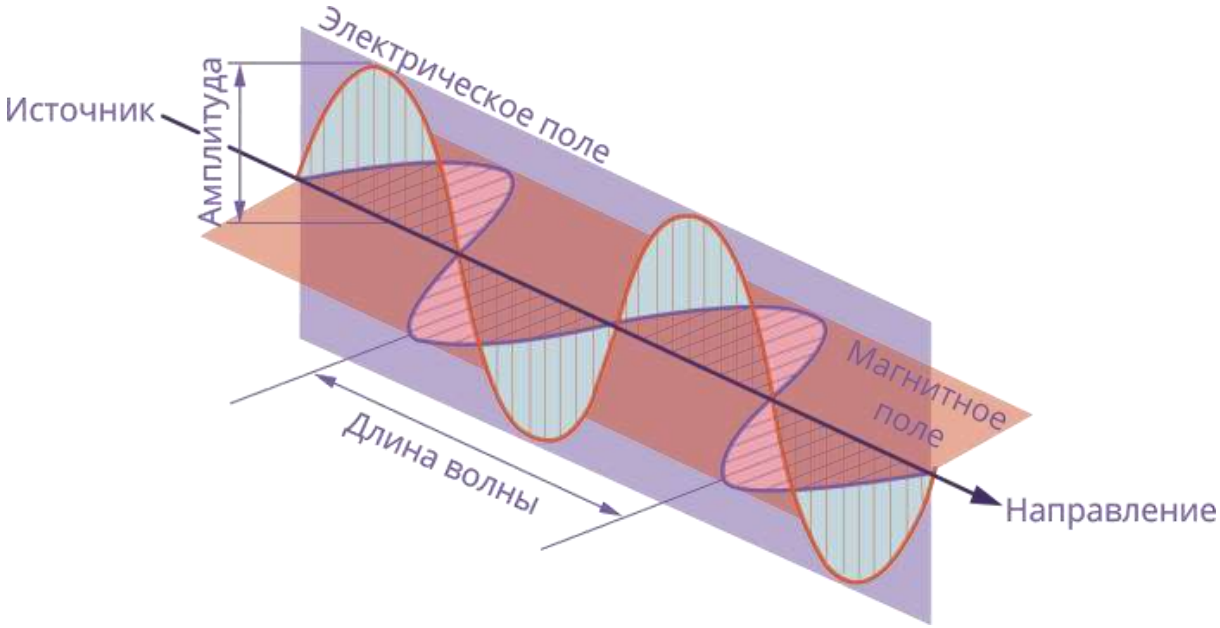


Для того, чтобы иметь колебания в цепи, необходимо зарядить конденсатор. В результате периодической перезарядки конденсатора в цепи возникают колебания. Между обкладками конденсатора возникает переменное электрическое поле. А вокруг него переменное магнитное поле, вихрь и вихрь переменного электрического поля и др. Таким образом, в пространстве электромагнитное поле распространяется в виде электромагнитных волн. Генри Герц измерил частоту ν гармонических колебаний в цепи и длину λ электромагнитной волны и определил скорость электромагнитной волны:

$$\upsilon = \lambda \cdot \nu$$

Значение скорости электромагнитной волны, полученное в эксперименте Герца, совпало со значением скорости электромагнитной волны по гипотезе Максвелла с = 299 792 458 м = 300 000 км/с. Чтобы сделать излучение более интенсивным, необходимо увеличить циклическую частоту. По формуле: $\omega=1/\sqrt{(L \cdot C)}$ частота зависит от индуктивности катушки и емкости конденсатора. Так, необходимо уменьшить индуктивность L и электрическую емкость C. для этого необходимо уменьшить количество витков катушки и раздвинуть обкладки конденсатора. Закрытый колебательный контур превращается в открытый – прямой проводник. Проводник был разрезан, оставляя зазор, чтобы поставить шары и зарядить до высокой разности потенциалов. В результате между шариками проскакивала искра. Возбуждая в вибраторе с помощью источника высокого напряжения, серии импульсов быстроизменяющегося тока, Герц получал электромагнитные волны высокой частоты. Электромагнитные волны регистрировались Герцем с помощью приемного вибратора (резонатора), который является тем же устройством, что и излучающий вибратор

Итак, процесс взаимного порождения электрического поля переменным магнитным полем и изменение магнитного поля электрическое поле может продолжать распространяться, захватывая новые области пространства. Переменные электрическое и магнитное поля, распространяющиеся в пространстве и генерирующие друг друга, называются **электромагнитной волной**.



Электромагнитное поле-особая форма материи, осуществляющая электромагнитное взаимодействие. И это поле имеет совершенно иную природу, чем электростатическое. Линии натяжения не имеют начала и конца, они замкнуты. Отсюда и название вихревого поля. Вихревое электрическое поле-это поле, силовые линии которого не начинаются и не заканчиваются нигде, а являются замкнутыми линиями.

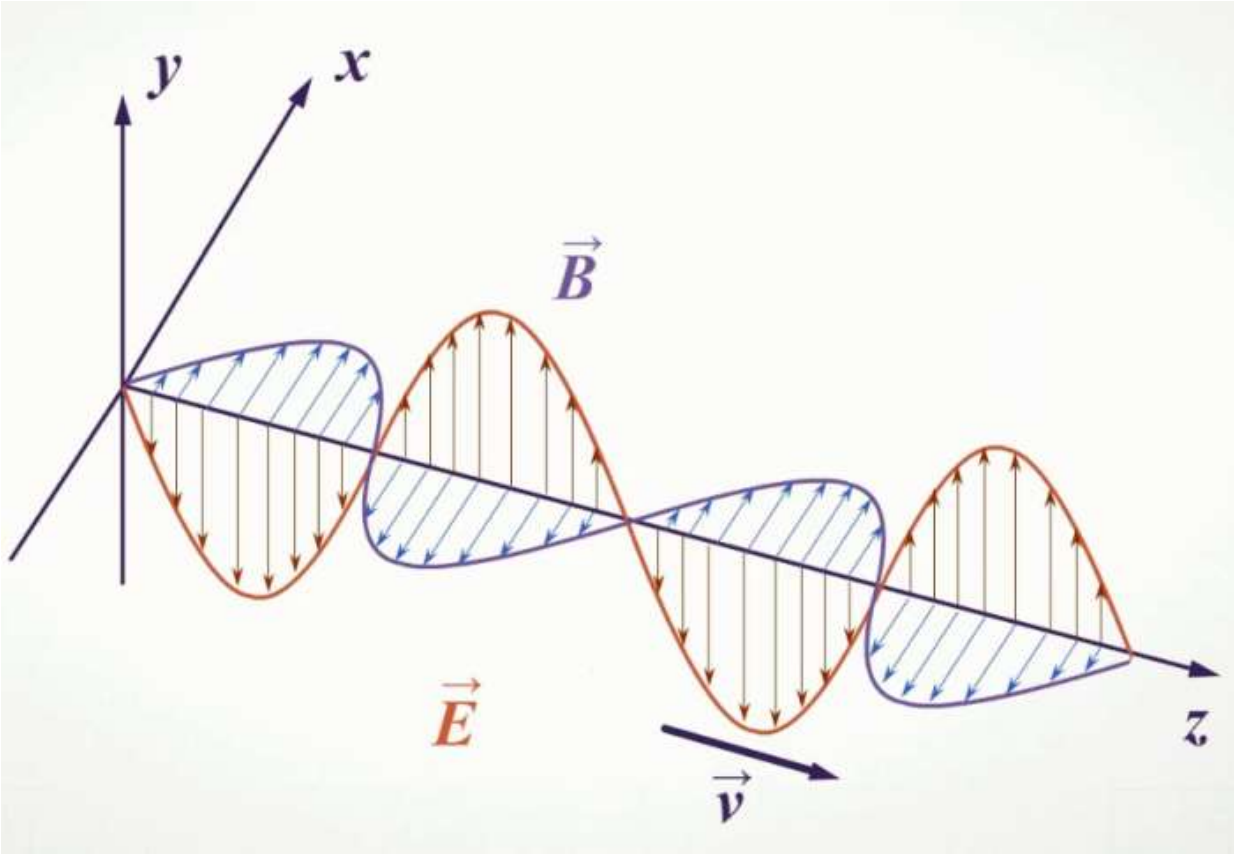
Чем быстрее меняется магнитная индукция, тем больше напряженность электрического поля. Сила, действующая на заряд со стороны вихревого электрического поля, равна:

$$\overline{F} = q\overline{E}$$

Но, в отличие от электростатического поля, работа вихревого электрического поля на замкнутой линии не равна нулю. Так как при перемещении заряда вдоль замкнутой линии напряженности электрического поля работа на всех участках пути имеет один и тот же знак, потому, что сила и перемещение совпадают по направлению.

Согласно теории Максвелла, электромагнитная волна переносит энергию. Энергия электромагнитного поля волны в данный момент времени меняется периодически в пространстве с изменением векторов $\vec{E}$ и $\vec{B}$ Электрическое и магнитное поля в электромагнитной волне перпендикулярны друг к другу, причем каждое из них перпендикулярно к направлению распространения волны:

$$\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v}$$



Таким образом, электромагнитная волна является поперечной волной. Электромагнитная волна излучается колеблющимися зарядами, при этом важно, чтобы заряды двигались с ускорением. Электромагнитная волна, как и механическая, характеризуется периодом и частотой колебаний, длиной волны и скоростью распространения. Период T – это время одного колебания. Частота ν – это число колебаний за одну секунду. Длина волны λ — это расстояние, на которое распространяется электромагнитная волна за время одного периода. В вакууме для электромагнитной волны период T и частота ν и длина волны λ связаны соотношениями:

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

Герц не только открыл электромагнитные волны, но и показал, что они ведут себя подобно другим волнам. Они поглощаются, отражаются, преломляются, наблюдаются явления интерференции и дифракции волн. Вычисленная на основании гипотезы Максвелла скорость электромагнитной волны совпала с наблюдаемой в опытах скоростью света. Это совпадение позволило предположить, что свет является одним из видов электромагнитных волн.

Свойства электромагнитных волн:

Отражение электромагнитных волн: волны хорошо отражаются от металлического листа, причем угол падения равен углу отражения;

Поглощение волн: электромагнитные волны частично поглощаются при переходе через диэлектрик;

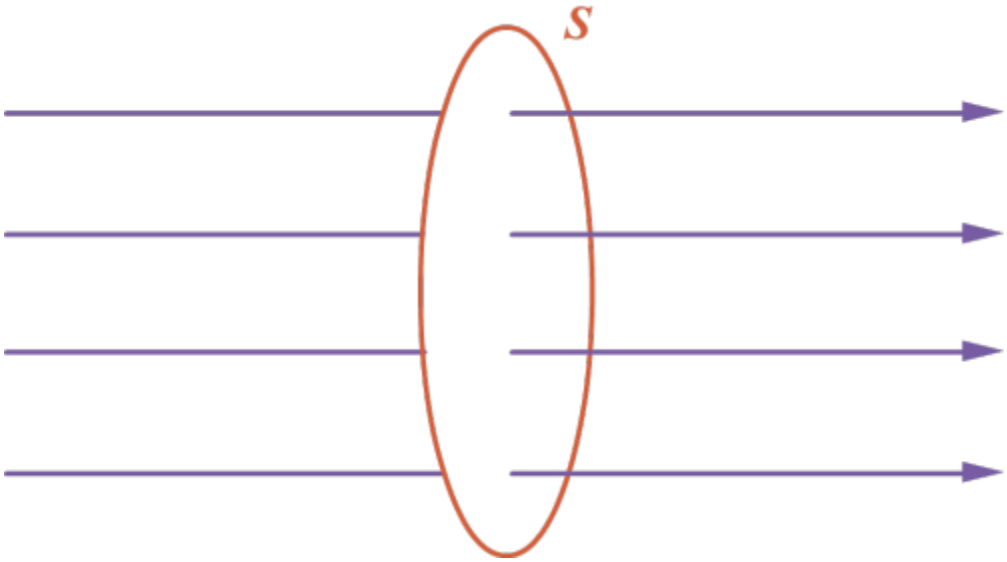
Преломление волн: электромагнитные волны меняют свое направление при переходе из воздуха в диэлектрик;

Интерференция волн: сложение волн от когерентных источников;

Дифракция волн: отгибание волнами препятствий.

Фронтом волны называется геометрическое место точек, до которых дошли возмущения в данный момент времени. Поверхность равной фазы называется **волновой** поверхностью. **Плоской** волной называется волна, у которой волновая поверхность - плоскость. Линия, перпендикулярная волновой поверхности, называется лучом. Электромагнитная волна, как мы уже сказали, переносит энергию. Луч указывает направление, в котором волна переносит энергию. Тогда для плоской электромагнитной волны скорость, которой перпендикулярна поверхности площадью s, то можно ввести понятие плотность потока излучения. **Плотностью** потока электромагнитного излучения называют отношение электромагнитной энергии ΔW, переносимой волной за время Δt через перпендикулярную лучам поверхность площадью S, к произведению площади на время Δt.

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

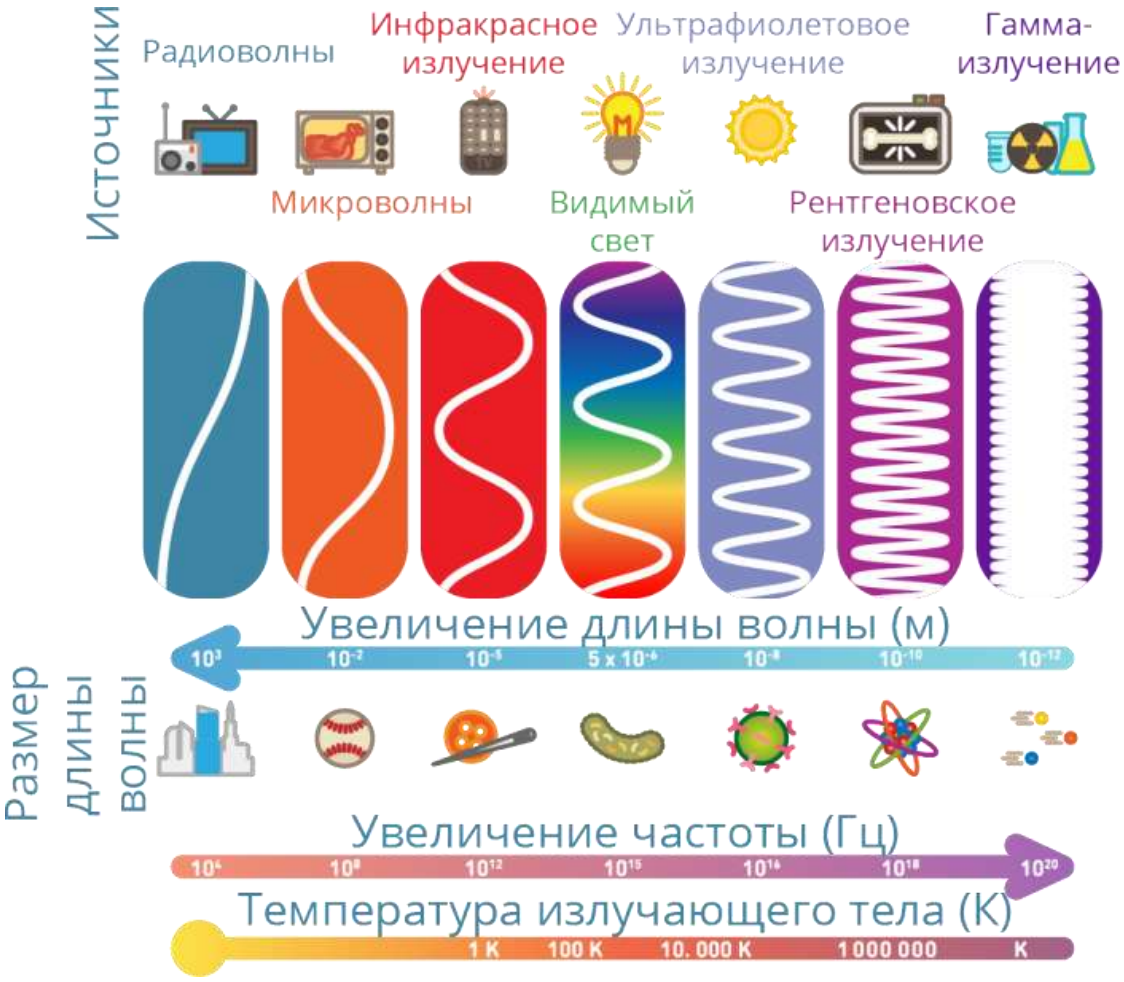


Иногда ее называют интенсивностью волны. Плотностью потока электромагнитного излучения пропорциональна четвертой степени циклической частоты.

$$I \sim \omega^4$$

Источники излучения электромагнитных волн разнообразны, но самым простым является точечный источник. **Точечный** источник излучения – это источник, размеры которого много меньше расстояния, на котором оценивается его действие, и он посылает электромагнитные волны по всем направлениям с одинаковой интенсивностью (например, звёзды).

Длина электромагнитных волн различна: от значений порядка 10^{13} м (низкочастотные колебания) до 10^{-10} м (γ-лучи). Свет составляет ничтожную часть широкого спектра электромагнитных волн. Принято выделять низкочастотное излучение, радиоволны, инфракрасное излучение, видимое излучение, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение, -излучение. Атомные ядра испускают самое коротковолновое -излучение. Особого различия между отдельными излучениями нет. Излучения различной длины волны отличаются друг от друга по способу их получения (излучение антенны, тепловое излучение, излучение при торможении быстрых электронов и др.) и методам регистрации. Электромагнитные волны обнаруживаются, в конечном счете, по их действию на заряженные частицы. В вакууме излучение любой длины волны распространяется со скоростью 300 000 км/с. Если мысленно разложить эти виды по возрастанию частоты или убыванию длины волны, то получится широкий непрерывный спектр – шкала электромагнитных излучений.



Сегодня мы знаем, что к опасным видам излучения относятся: гамма-излучение, рентгеновские лучи и ультрафиолетовое излучение, остальные – безопасны. Распределение электромагнитных излучений по диапазонам условное и резкой границы между областями нет. Вся шкала электромагнитных волн является подтверждением того, что все излучения обладают одновременно квантовыми и волновыми свойствами.

В зависимости от своей частоты или длины волны электромагнитные волны имеют различное применение. Они несут людям пользу и вред. Бытовые обогревательные приборы, приборы для приготовления еды, телефоны, компьютеры, вышки сотовой связи и телебашни, электропровода излучают электромагнитные волны. Больше других источников электромагнитные волны у нас дома излучают мобильные телефоны, микроволновые печи, холодильники, электрические кухонные плиты. Самым мощным источником излучения являются линии электропередач, и строить жилые дома под ними, воспрещено. Антенны радиопередатчиков нельзя устанавливать на сооружениях, в которых живут люди. Эмбрионы и ткани, находящиеся в стадии роста, больше всего подвержены влиянию волн, воздействуют электромагнитное поле на центральную нервную систему и мышцы тела. Это влияние становится причиной бессонницы и дисфункций в неврологической области, нарушения частоты биений сердца и скачков давления. Но есть, и полезные свойства электромагнитных волн. Их используют в физиотерапевтическом лечении некоторых болезней так как они способствуют быстрому заживлению тканей, останавливает развитие воспалительных процессов. Мы сегодня исключить полностью общение с электромагнитными волнами не можем, но чтобы обезопасить себя дома, надо грамотно устанавливать бытовые устройства в комнатах.

Итак, свойства электромагнитных волн:

1. Электромагнитная волна представляет собой распространение в пространстве с течением времени переменных (вихревых) электрических и магнитных полей.

2. Электромагнитные волны излучаются зарядами, которые движутся с ускорением, например, при колебаниях. Причем, чем больше ускорение колеблющихся зарядов, тем больше интенсивность излучения волны.

3. Векторы $\vec{E}$ и $\vec{B}$ в электромагнитной волне перпендикулярны друг другу и перпендикулярны направлению распространения волны.

4.Электромагнитная волна является поперечной.

Разбор тренировочного задания

1. Определить, на какой частоте работает передатчик, если длина излучаемых им волн равна 200 м.

Дано: λ=200 м c=3·10^8 м/с ν -?	Решение: Частоту выражаем через длину волны и скорость. $\nu = \frac{c}{\lambda}$ $\nu = \frac{3 \cdot 10^8}{200} = 1{,}5 \cdot 10^6$Гц

Ответ: $1{,}5 \cdot 10^6$ Гц

2. Ёмкость конденсатора колебательного контура $2{,}8 \cdot 10^{-7}$Ф. Какова индуктивность катушки контура, если идет прием станции, работающей на длине волны 1000 метров?

Дано: **λ**= 1000 м c=3·10^8 м/с C = 2,8 · L- ?	Решение: Формула Томсона для периода колебаний: $T = 2\pi\sqrt{LC}$, отсюда $L = \frac{T^2}{C4\pi^2}$ Период колебаний выражаем через длину волны и скорость: $T = \frac{\lambda}{\upsilon} = \frac{\lambda}{c}$ $T = \frac{1000}{3 \cdot 10^8} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5}$с $L = \frac{(\frac{1}{3} \cdot 10^{-5})^2}{2{,}8 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 3{,}14^2} = 0{,}001 \cdot 10^{-3} = 1$ мкГн

Ответ: 1 мкГн

Применение электромагнитного излучения

Для осуществления радиотелефонной связи необходимы высокочастотные колебания, интенсивно излучаемые антенной. Для передачи звука эти высокочастотные колебания изменяют, т.е. модулируют, с помощью электрических колебаний низкой частоты.

В приемнике из модулированных колебаний высокой частоты выделяются низкочастотные колебания. Такой процесс преобразования сигнала называют детектированием.

Свойства электромагнитных волн: поглощение, отражение, преломление, поляризация.

Распространение радиоволн зависит от их длины волны.

Радиолокация - обнаружение и точное определение местонахождения объектов с помощью радиоволн.

Радиоволны используются для передачи не только звука, но и изображения (телевидение).

На передающей станции производится преобразование изображения в последовательность электрических сигналов, которые модулируют колебания, вырабатываемые генератором высокой частоты. Модулированная электромагнитная волна переносит информацию на большие расстояния. В приемнике высокочастотные модулированные колебания детектируются, а полученный сигнал преобразуется в видимое изображение.

Разбор тренировочного задания

1. Электромагнитные волны излучаются при ---------- движении заряженных частиц. Электромагнитные волны являются…

Решение: вспоминая определение электромагнитных волн, вписываем «ускоренном» и «поперечными».

Ответ: Электромагнитные волны излучаются при *ускоренном* движении заряженных частиц. Электромагнитные волны являются *поперечными.*

2.

L, Гн	C, Ф	T, с
2×10^{-6}	800×10^{-12}	?
Дано: C= $800\cdot10^{-12}$Ф; L- $2\cdot10^{-6}$ Гн; T-?	Решение: Формула Томсона для периода колебаний: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ $T = 2\cdot3{,}14\sqrt{2\cdot10^{-6}\cdot800\cdot10^{-12}} = 251\cdot10 -$	

Ответ: $251\cdot10^{-9}$ с.

Световые волны

Геометрическая оптика – раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах на основе представления о нем как о совокупности световых лучей. Световой луч – это линия, указывающая, в каком направлении свет переносит энергию.

В соответствии с двумя способами передачи энергии от источника к приёмнику в XVII в. возникли две противоречащие друг другу теории света: а) корпускулярная теория света Ньютона; б) волновая теория света Гюйгенса.

С установлением электромагнитной природы света в XIX в. и обнаружением квантовых свойств света в начале XX в. и волновая и корпускулярная теории света одержали победу. Выяснилось, что свет имеет двойственную природу. Астрономическим и лабораторным методами измерена скорость света в вакууме. По современным вычислениям скорость света равна 299 792 458 м/с или приближенно $3\times10^{8}\,\frac{м}{с}$.

Скорость распространения света в веществе всегда меньше, чем в вакууме.

В основе геометрической оптики лежат четыре закона: закон прямолинейного распространения света; закон независимости световых лучей; закон отражения света; закон преломления света. С помощью

принципа Гюйгенса можно вывести и объяснить законы распространения света.

Плоская поверхность, зеркально отражающая свет, называется плоским зеркалом.

Свойства плоского зеркала:

изображение предмета мнимое;

изображение симметричное предмету относительно зеркала;

размеры изображения равны размерам предмета.

При падении света на плоскую границу раздела, часть светового потока частично отражается, а часть преломляется.

Законы преломления: 1. Падающий луч, преломлённый луч и нормаль к границе раздела двух сред в точке падения луча лежат в одной плоскости. 2. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β – величина постоянная для данных сред и равная относительному показателю преломления второй среды относительно первой:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

где n – относительный показатель преломления второй среды относительно первой; n_1 и n_2 - абсолютные показатели преломления первой и второй сред.

Абсолютный показатель преломления среды n – это физическая величина, показывающая, во сколько раз скорость света c в вакууме больше, чем в среде $\boldsymbol{v}$:

$$n = \frac{c}{v}$$

Относительный показатель преломления второй среды относительно первой n_{21} – величина, показывающая во сколько скорость $\boldsymbol{\upsilon}_1$ распространения света в первой среде больше (меньше; равна) скорости $\boldsymbol{\upsilon}_2$ распространения света во второй:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Полное отражение – это явление отражения света, падающего из оптически более плотной среды на границу с оптически менее плотной средой под углом падения, большим некоторого предельного угла α_0.

Предельный угол полного отражения α_0 - угол падения луча, при котором преломлённый луч скользит вдоль границы раздела двух сред

Разбор тренировочного типового задания:

1. Вставьте в текст слова из выпадающего списка: «Свет при взаимодействии с веществом испытывает _____, преломление и _____. Скорость света _____ и измерена».

Варианты ответов: отражение, тяготение, поглощение, конечна, бесконечна, переменная.

Правильный вариант: отражение, поглощение, конечна.

2. Решите задачу и зачеркните неверные ответы. Найти показатель преломления рубина, если предельный угол полного отражения для рубина равен 34^0.

Варианты ответов:

0,18;

1,8;

34;

3,4

Правильный вариант: 0,18; 34; 3,4

Решение:

Предельный угол полного отражения: $\alpha_0 = 34^0$;

Угол преломления – 90^0 ($\sin 90^0 = 1$);

Вторая среда – воздух (n = 1)

Предельный угол на границе рубин – воздух равен:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

Отсюда показатель преломления рубина равен:

$$n = \frac{1}{\sin \alpha_0} = \frac{1}{\sin 34^\circ} = 1{,}8$$

Ответ: n = 1,8.