

## Лекция 7.

### Единство световых и электромагнитных явлений.

#### 1. Основные понятия и определения.

Физическая оптика рассматривает световые волны, как частный случай широкого диапазона электромагнитных волн. Наиболее ярким доказательством электромагнитной природы света является одинаковая скорость распространения в вакууме электромагнитных колебаний всех видов света, радиосигналов, рентгеновских лучей, гамма излучения и т.п. В электромагнитной волне одновременно присутствуют переменные электрические и магнитные поля, которые непрерывно связаны между собой. Изменение электрического поля в силу магнитной индукции вызывает переменное магнитное поле, которое в свою очередь образует переменное электрическое поле. Электромагнитное поле передается в пространстве от одной точки к другой. Электромагнитные волны характеризуются колебаниями двух векторов: электрической напряженности  $E$  и магнитной напряженности  $H$ . оба вектора колеблются во взаимно перпендикулярных плоскостях и в одинаковых фазах как показано ниже на рис. 7.1.

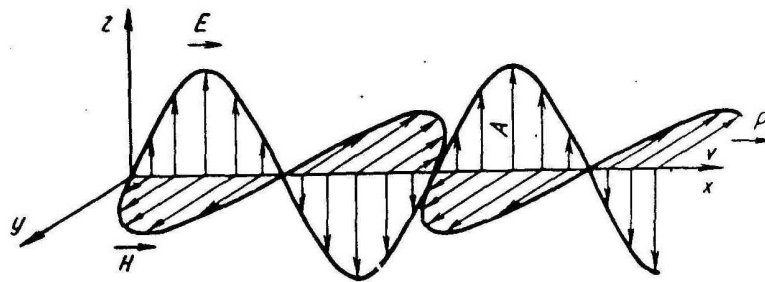


Рис.7.1.

Направление движения потока энергии электромагнитной волны определяется направлением вектора Умова-Пойтинга  $\vec{P}$  расположенного перпендикулярно к векторам  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ , как показано на рис. 7.1. Направление вектора  $\vec{P}$  в оптических однородных средах является направлением распространения света. Распространение световой волны с амплитудой  $A$  и периодом колебаний  $T$  принято характеризовать уравнением вектора электрической напряженности  $E$ . Если величина вектора  $E$  в некоторой точке в данный момент времени  $t$ :

$$E = A \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad (7.1)$$

то на расстоянии  $x$  от этой точки величина вектора электрической напряженности будет:

$$E = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{V} \right) \quad (7.2)$$

где  $V$  – фазовая скорость волны. Если обозначить:

$$\frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{V} \right) = \varphi, \quad (7.3)$$

то:

$$E = A \sin \varphi \quad (7.4)$$

где  $\varphi$  – фаза колебаний.

Скорость распространения света  $c$  в вакууме связана с длиной волны  $\lambda_0$  в вакууме рана:

$$c = \lambda_0 \cdot \nu \quad (7.5)$$

где  $\nu$  – частота колебаний.

Скорость  $V$  распространения света в среде с показателем преломления  $n$  связана соотношением:

$$n = \frac{c}{V} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad (7.6)$$

Таким образом длина волны электромагнитного излучения в среде показатель преломления которой равен  $n$  равна:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad (7.7)$$

Связь между скоростью  $V$  распространения световых электромагнитных волн в среде со скоростью света в вакууме  $c$  магнитной  $\mu$  и диэлектрической  $\varepsilon$  проницаемости среды выражаем формулой Максвелла:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} \quad (7.8)$$

Для вакуума  $\mu = \varepsilon = 1$ , то  $V = c$ . В диэлектриках  $\mu = 1$ , следовательно  $V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$ . Таким образом величина абсолютного показателя преломления среды:

$$n = \frac{c}{V} = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}.$$

Анализ законов распространения электромагнитного поля сформулированного Максвеллом и дальнейшие исследования показали тесную связь между оптическими и электромагнитными явлениями и привели к следующим наиболее важным выводам:

1. Электромагнитное поле распространяется со скоростью света и световые волны можно рассматривать как частный случай электромагнитных волн.

2. Векторы напряжения  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  электрического и магнитного полей в волне расположены перпендикулярно друг к другу и к направлению распространения волны. Установлено, что световые волны *поперечные*, то есть колебательные напряжения  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в них происходят перпендикулярно к направлению распространения волны. Поперечность колебаний является общим свойством всех электромагнитных волн.

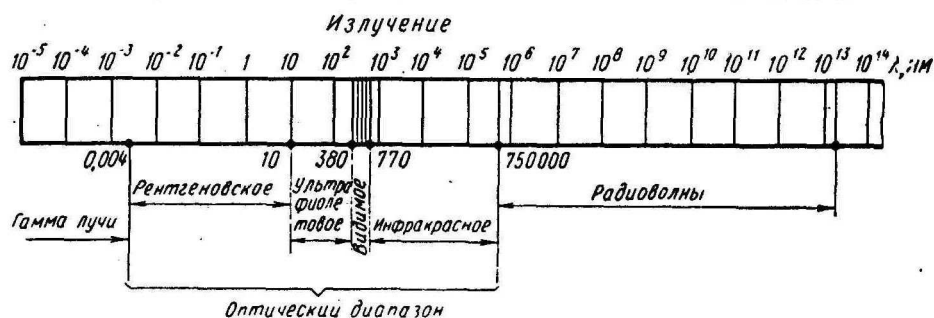
3. Связь между оптическими, электрическими и магнитными константами вещества определяется формулой (7.8) Максвелла.

4. В каждый момент времени и в каждой точке пространства существует определенная и однозначная зависимость между величинами векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ .

5. Величина плотности потока энергии пропорциональна квадрату амплитуды электрического поля.

## 2. Шкала (спектр) электромагнитных волн.

Природа электромагнитных волн одинакова, но с изменением длины волны  $\lambda$  их свойства качественно изменяются. Шкала или спектр электромагнитных волн состоит из радиоволн, оптических излучений (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное), рентгеновского, гамма излучений, что показано в виде условной схемы „шкала электромагнитных волн” на рис. 7.2. На этой шкале указана длина волны  $\lambda$  в *нм* и соответствующая частота колебаний  $\nu$  в *Гц*. Длину световых волн измеряют в *нм* либо в *мкм*, либо ангстремах (*А*).



Электромагнитные колебания, излучаемые каким-либо физическим телом, в оптическом диапазоне длин волн являются *оптическим излучением* или *светом*. Видимые лучи света или *видимая область спектра* занимает на шкале узкий участок в интервале  $380$ - $780$  *нм*. За пределами видимой области спектра расположены невидимые электромагнитные излучения с более короткой длиной волны  $\lambda$  – *ультрафиолетовое* и с более длинной – *инфракрасное*.

Инфракрасное излучение в общем спектре занимает область с диапазоном длин волн от  $0,78$  до  $750$  *мкм*. Инфракрасные лучи оказывают тепловое воздействие на вещества.

Невидимые ультрафиолетовые лучи оказывают главным образом химическое действие, они вызывают свечение некоторых веществ (флюоресценцию и фосфоресценцию), фотоэффект. Область ультрафиолетовых лучей охватывает диапазон  $380$ - $10$  *нм*.

Рентгеновские лучи отличаются большой проникающей способностью. На шкале электромагнитных волн рентгеновское излучение занимает участок  $10$ - $0,004$  *нм*.

Наиболее коротковолновым является гамма излучение, занимающее область от  $0,004$  *нм* и ниже.

Исследования показали, что границы, изложенные на шкале электромагнитных волн, являются условными.