ОПТИКА

Скиданов Р.В.

Введение

Световым полем называют электромагнитное поле в **оптическом диапазоне** частот. Оптические частоты чрезвычайно велики (порядка 10^{14}-10^{15}), а разность частот между границами оптического диапазона очень мала по сравнению с их величинами, поэтому принято измерять оптический диапазон в длинах волн.

1. В оптическом диапазоне выполняются законы геометрической оптики,

2. В оптическом диапазоне свет очень слабо взаимодействует с веществом.

Оптический диапазон состоит из следующих видов излучения:

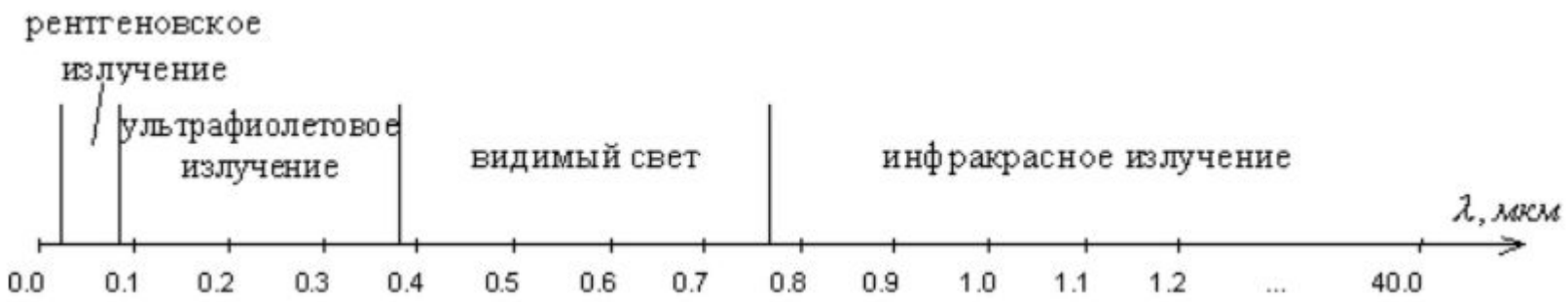
рентгеновское,

ультрафиолетовое (УФ),

видимое,

инфракрасное (ИК).

Если во времена Ньютона в оптический диапазон входило только видимое излучение, то с техническим прогрессом диапазон существенно расширился, причем рентгеновское излучение включено в оптический диапазон совсем недавно – примерно 20 лет назад.



Уравнения Максвелла

Уравнения Максвелла явились итогом интенсивных исследований электричества, магнетизма и световых явлений, проводимых в первой половине XIX века. В то время, когда стало ясно, что свет и электромагнитное поле – это одно и то же, появился и универсальный математический аппарат, связывающий между собой функции изменения во времени и пространстве электрического и магнитного полей. Электромагнитное поле по своей природе векторное, то есть все его изменения, происходящие во времени, имеют определенную ориентацию в пространстве. Основными величинами, определяющими электромагнитное поле, являются вектор электрической напряженности поля и вектор магнитной напряженности поля .
Эти векторы являются функциями времени и координат в пространстве, описываемых радиус-вектором :

$\mathbf{E} = \mathbf{E}(\mathbf{r},t), [\mathbf{E}] = вольт/м$	вектор электрической напряженности поля
$\mathbf{H} = \mathbf{H}(\mathbf{r},t), [\mathbf{H}] = А/м$	вектор магнитной напряженности поля
$\mathbf{D} = \mathbf{D}(\mathbf{r},t), [\mathbf{D}] = кл/м^2$	вектор электрической индукции
$\mathbf{B} = \mathbf{B}(\mathbf{r},t), [\mathbf{B}] = вебер/м^2$	вектор магнитной индукции
$\rho = \rho(\mathbf{r},t), [\rho] = кл/м^3$	объемная плотность заряда
$\mathbf{J} = \mathbf{J}(\mathbf{r},t), [\mathbf{J}] = А/м^2$	поверхностная плотность тока
$\varepsilon = \varepsilon(\mathbf{r}), \mu = \mu(\mathbf{r})$	электрическая и магнитная проницаемость

Уравнения Максвелла

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{B}}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \dot{\mathbf{D}} + \mathbf{J}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

уравнения Максвелла

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}$$

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$$

материальные уравнения

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{B}}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \dot{\mathbf{D}}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

уравнения Максвелла в вакууме

$$\mathbf{rotE} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\mathbf{rotH} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J}$$

$$div\mathbf{D} = \rho$$

$$div\mathbf{B} = 0$$

уравнения Максвелла в классических обозначениях

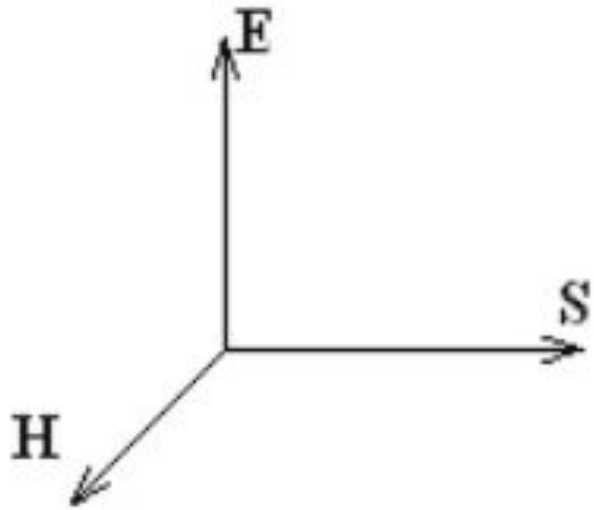
Для вакуума из уравнений Максвелла можно получить следующее важное соотношение:

$$\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} = \frac{1}{c}$$

с –скорость света в вакууме, ε_0 и μ_0 - электрическая и магнитная постоянные в вакууме

Уравнения Максвелла

Электрическая проницаемость для разных сред может принимать различные значения,
а магнитная проницаемость для оптических частот во всех средах практически не отличается от μ_0. Для линейных сред ε и μ не зависят от **E** и **H**, то есть электрическая и
магнитная постоянны сивности света.



Взаимное расположение векторов электрической **E**
и магнитной напряженности **H** *и направления распространения света* **S**

Математическое описание электромагнитных волн

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{B}} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\frac{\mu \partial \mathbf{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = -\mu\left(\nabla \times \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}\right) = -\mu\left(\frac{\partial}{\partial t}(\nabla \times \mathbf{H})\right) = -\mu\left(\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\right)\right) = -\mu\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2}(\varepsilon \mathbf{E})\right) = -\varepsilon\mu\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla \cdot (\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = -\varepsilon\mu\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \xrightarrow{\nabla \mathbf{D} = 0} \nabla^2 \mathbf{E} = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \mathbf{E} - \varepsilon\mu\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = 0 \qquad \nabla^2 \mathbf{H} = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E_x = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \qquad \nabla^2 H_x = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 H_x}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E_y = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} \qquad \nabla^2 H_y = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 H_y}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E_z = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 E_z}{\partial t^2} \qquad \nabla^2 H_z = \varepsilon\mu\frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}$$