

ОПТИКА

Скиданов Р.В.

Введение

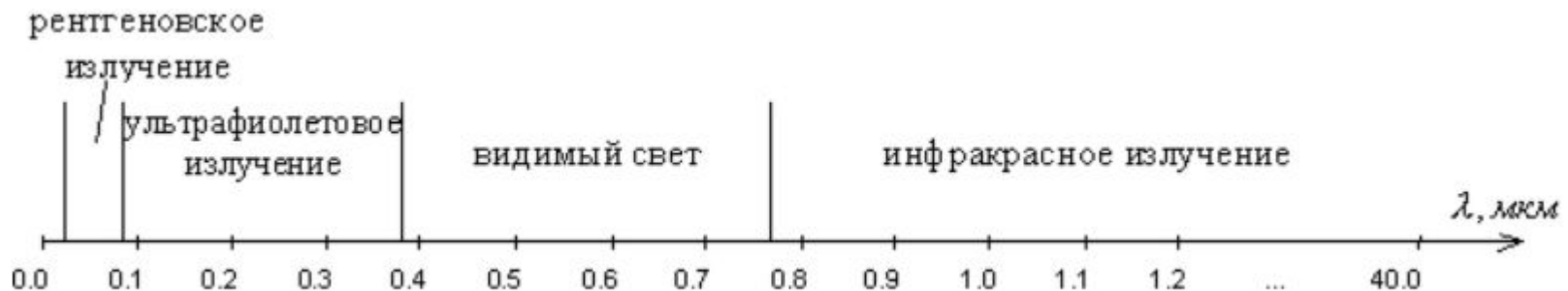
Световым полем называют электромагнитное поле в **оптическом диапазоне** частот. Оптические частоты чрезвычайно велики (порядка 10^{14} - 10^{15}), а разность частот между границами оптического диапазона очень мала по сравнению с их величинами, поэтому принято измерять оптический диапазон в длинах волн.

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](#) :

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

Уравнения Максвелла

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Для вакуума из уравнений Максвелла можно получить следующее важное соотношение: $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ — скорость света в вакууме, ε_0 и μ_0 — электрическая и магнитная постоянные в вакууме

$$\text{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\text{rot} \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J}$$

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

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

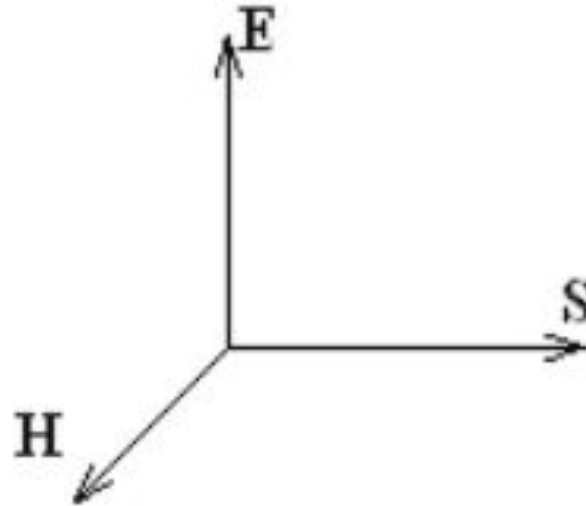
уравнения Максвелла
в классических
обозначениях

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 постоянные

свойности света.



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

Математическое описание электромагнитных волн

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

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

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

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

$$\nabla^2 E_x = \epsilon \mu \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \quad \nabla^2 H_x = \epsilon \mu \frac{\partial^2 H_x}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E_y = \epsilon \mu \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} \quad \nabla^2 H_y = \epsilon \mu \frac{\partial^2 H_y}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E_z = \epsilon \mu \frac{\partial^2 E_z}{\partial t^2} \quad \nabla^2 H_z = \epsilon \mu \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}$$