

Лекция.

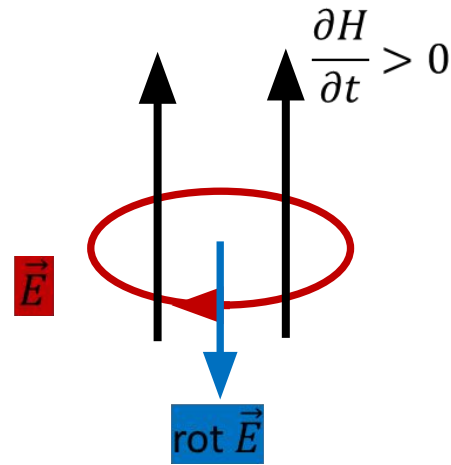
Электромагнитные поля и волны.

Основные положения электромагнитной теории Максвелла



Джеймс Клерк Максвелл
предсказал существование
электромагнитных волн в
1864 г.

1.Изменение напряженности магнитного поля в какой-либо точке пространства вызывает появление в смежных точках вихревого электрического поля, силовые линии которого охватывают линии магнитного поля и расположены в перпендикулярных линиям плоскостях:



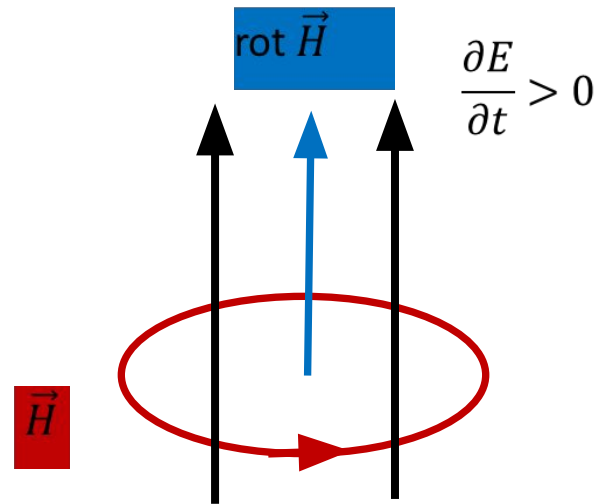
$$\frac{\partial E}{\partial x} = \mu\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t} - \text{градиент напряженности характеризует конфигурацию поля в пространстве.}$$

Чтобы определить направление линий напряженности электрического поля, вводят характеристику электрического поля $\text{rot} \vec{E}$, расположен в центре поля, перпендикулярно плоскости его силовых линий. Применяя правило буравчика, определяют направление линий \vec{E} .

$$\text{rot} \vec{E} = -\mu\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t}$$

“-” означает, что он направлен в сторону, обратную причине его вызвавшей (если скорость изменения напряженности H возрастает, то против линий, если скорость убывает - сонаправлен с линиями H).

2) Изменение напряженности электрического поля в какой-либо точке пространства вызывает появление в смежных точках вихревого магнитного поля, силовые линии которого охватывают линии электрического поля и расположены в перпендикулярных линиям E плоскостях:



$$\frac{\partial H}{\partial x} = \epsilon \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\text{rot } H = \epsilon \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

Электромагнитное поле — вид материи посредством которого осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.

Электромагнитное поле распространяется посредством **электромагнитной волны**, которая представляет собой совокупность взаимно индуцирующих друг друга электрических и магнитных полей.

Уравнение электромагнитной волны

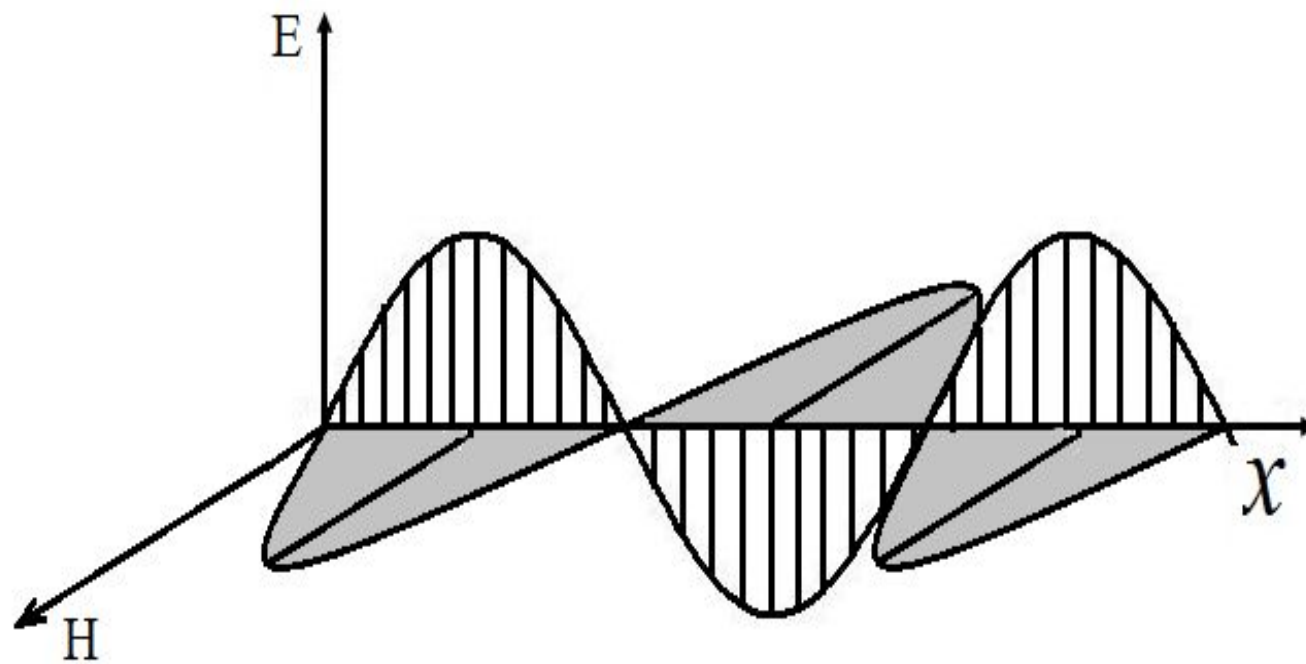
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial x} &= \mu\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t} \\ \frac{\partial H}{\partial x} &= \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \end{aligned} \right\}$$

Система уравнений описывает электромагнитное поле и называется уравнениями Максвелла для электромагнитной волны.

Решение:

$$\left. \begin{aligned} E &= E_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \\ H &= H_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \end{aligned} \right\} \text{ — уравнение электромагнитной волны.}$$

График э/м волны



Энергия электромагнитной волны

$$W = W_{\text{эл}} + W_{\text{маг}}$$

Удобнее использовать объемную плотность:

$$\omega = \frac{W}{\Delta V}$$

$$\omega = \omega_{\text{эл}} + \omega_{\text{маг}} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}$$

Т.к. E и H колеблются в одной фазе, то

$$\omega_{\text{эл}} = \omega_{\text{маг}},$$

$$\omega = \varepsilon\varepsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2 = \sqrt{\varepsilon\varepsilon_0 \mu\mu_0} EH$$

Плотность потока энергии электромагнитной волны определяется:

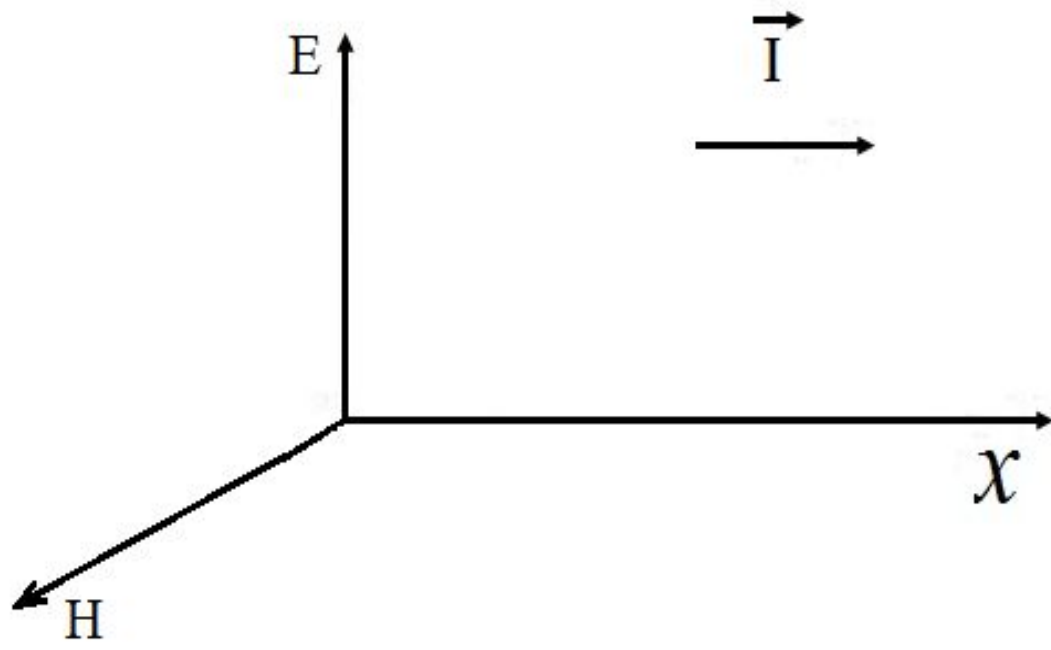
$$I = \omega v = v \sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0} E H$$

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}, c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}}$$

$$I = E H = E_0 H_0 \sin^2 \left(\omega_0 t - \frac{x}{v} \right),$$

Так определяется векторное произведение, следовательно I - вектор:

$\vec{I} = \vec{E} \times \vec{H}$ - вектор Умова — Пойтинга, направлен в сторону распространения волны.



Шкала электромагнитных волн

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

Электромагнитные волны, длины волн которых отличаются на несколько порядков, имеют качественно различные свойства: по мере перехода к малым длинам волн волновые свойства (интерференция и дифракция) проявляются слабее, а корпускулярные (фотоэффект) — сильнее.



Шкала электромагнитных волн

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

- 1) низкие частоты – возбуждаются электрическими токами;
- 2) радиоволны – создаются в колебательных контурах;
- 3) ИК – волны, инфракрасные лучи излучаются нагретыми телами в результате атомных переходов с одного энергетического уровня на другой;
- 4) видимое излучение – Излучаются в результате атомных переходов с одного энергетического уровня на другой;
- 5) УФ – излучение, ультрафиолетовые лучи получают с помощью тлеющего разряда, обычно в парах ртути. Излучаются в результате атомных переходов с одного энергетического уровня на другой;
- 6) Рентгеновское излучение возникает при внутриатомных процессах;
- 7) Гамма излучение имеет ядерное происхождение.

В медицине шкала электромагнитных волн:

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| 1) низкие частоты (НЧ) | до 20 Гц |
| 2) звуковые частоты (ЗЧ) | от 20 Гц до 20 кГц |
| 3) ультразвуковые частоты (УЗЧ) | от 20 кГц до 200 кГц |
| 4) высокие (ВЧ) | от 200 кГц до 30 МГц |
| 5) ультравысокие частоты (УВЧ) | от 30 МГц до 300 МГц |
| 6) сверхвысокие частоты (СВЧ) | свыше 300 МГц |

Действие электромагнитного поля на ткани организма (УВЧ-терапия, СВЧ-терапия, индуктотермия).

www.studmedlib.ru

Медицинская и биологическая физика // Ремизов А.Н. -
4-е изд., испр. и перераб. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. —
Глава 19.