

Дисциплина: Физика

Тема :

Электромагнитные волны.

Электромагнитные волны.

1. Уравнение электромагнитной волны.
2. Шкала электромагнитных волн.
3. Энергия электромагнитных волн.
4. Эффект Доплера для электромагнитных волн.

1. Уравнение электромагнитной волны.

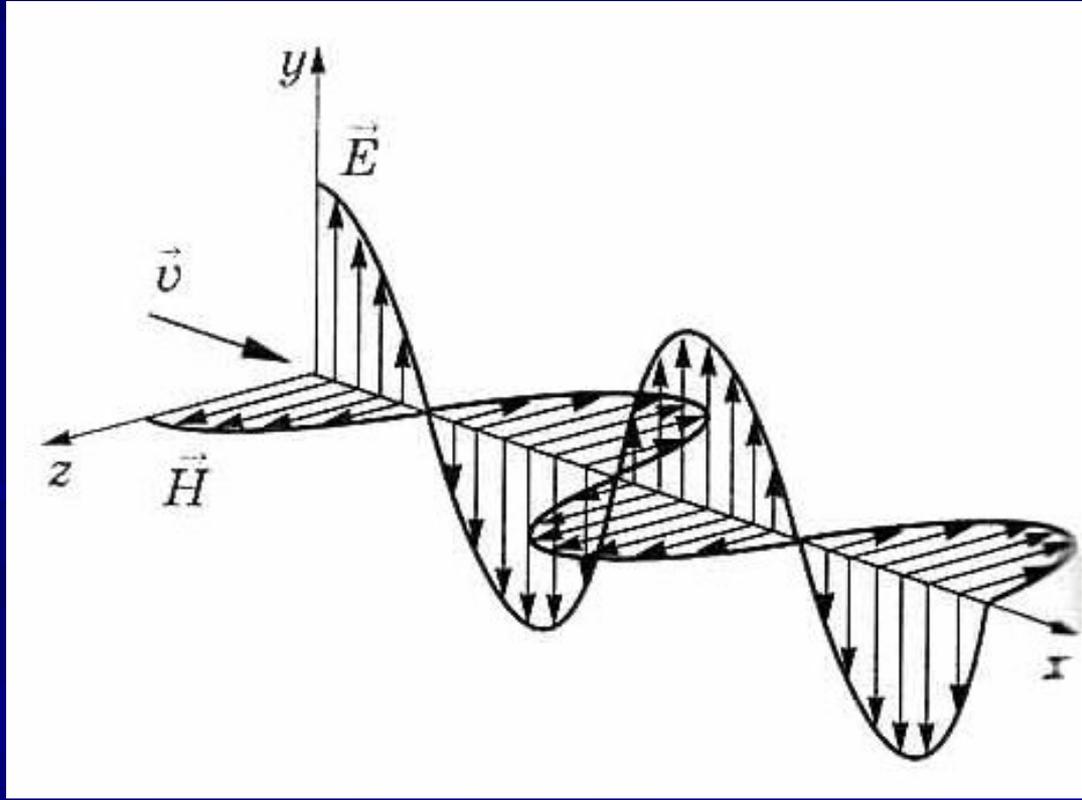
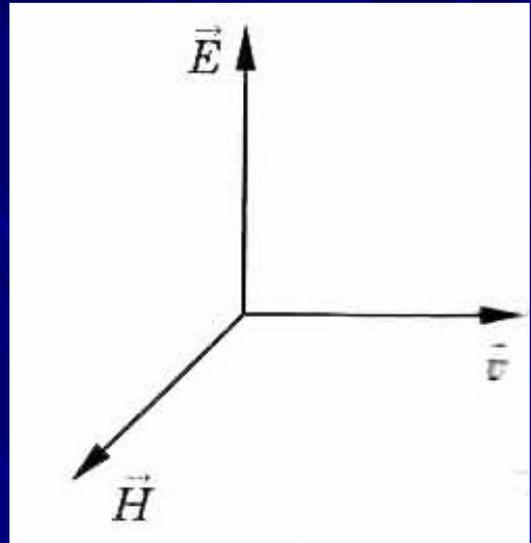
Электромагнитные волны — переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью.

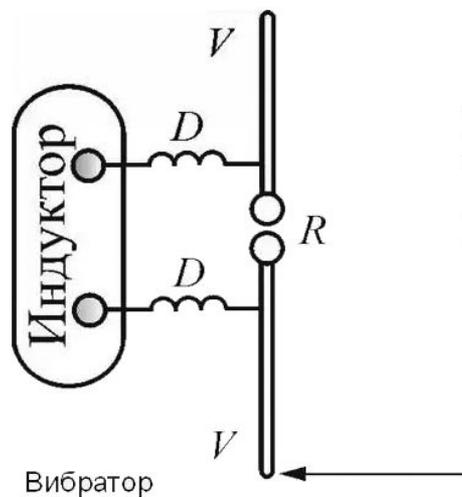
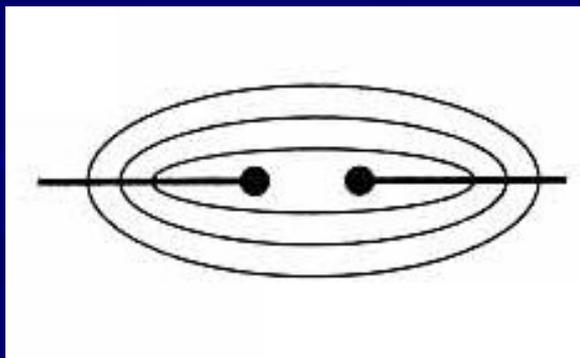
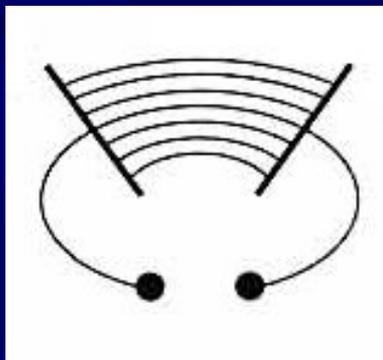
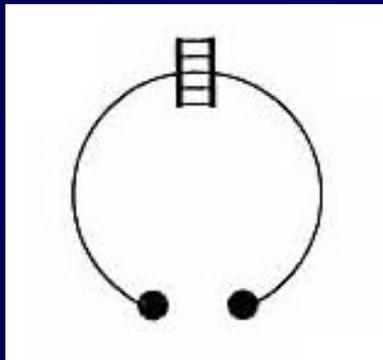
$$\oint_L \vec{E} \, d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \, d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H} \, d\vec{l} = - \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \, d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} \, d\vec{S} = \int_V \rho \, dV$$

$$\oint_S \vec{B} \, d\vec{S} = 0$$





R – разрядник;
 T – газоразрядная трубка;
 D – дроссели.

$r \leq \lambda$ – ближняя зона



$$\oint_L \vec{E} \, d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \, d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H} \, d\vec{l} = - \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \, d\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{D} \, d\vec{S} = \int_V \rho \, dV$$

$$\oint_S \vec{B} \, d\vec{S} = 0$$

$$\Delta \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\Delta \vec{H} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

Фазовая скорость распространения электромагнитных волн в вакууме:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Фазовая скорость распространения электромагнитных волн в среде:

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

Связь между мгновенными значениями напряженностей электрического (E) и магнитного (H) полей электромагнитной волны:

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

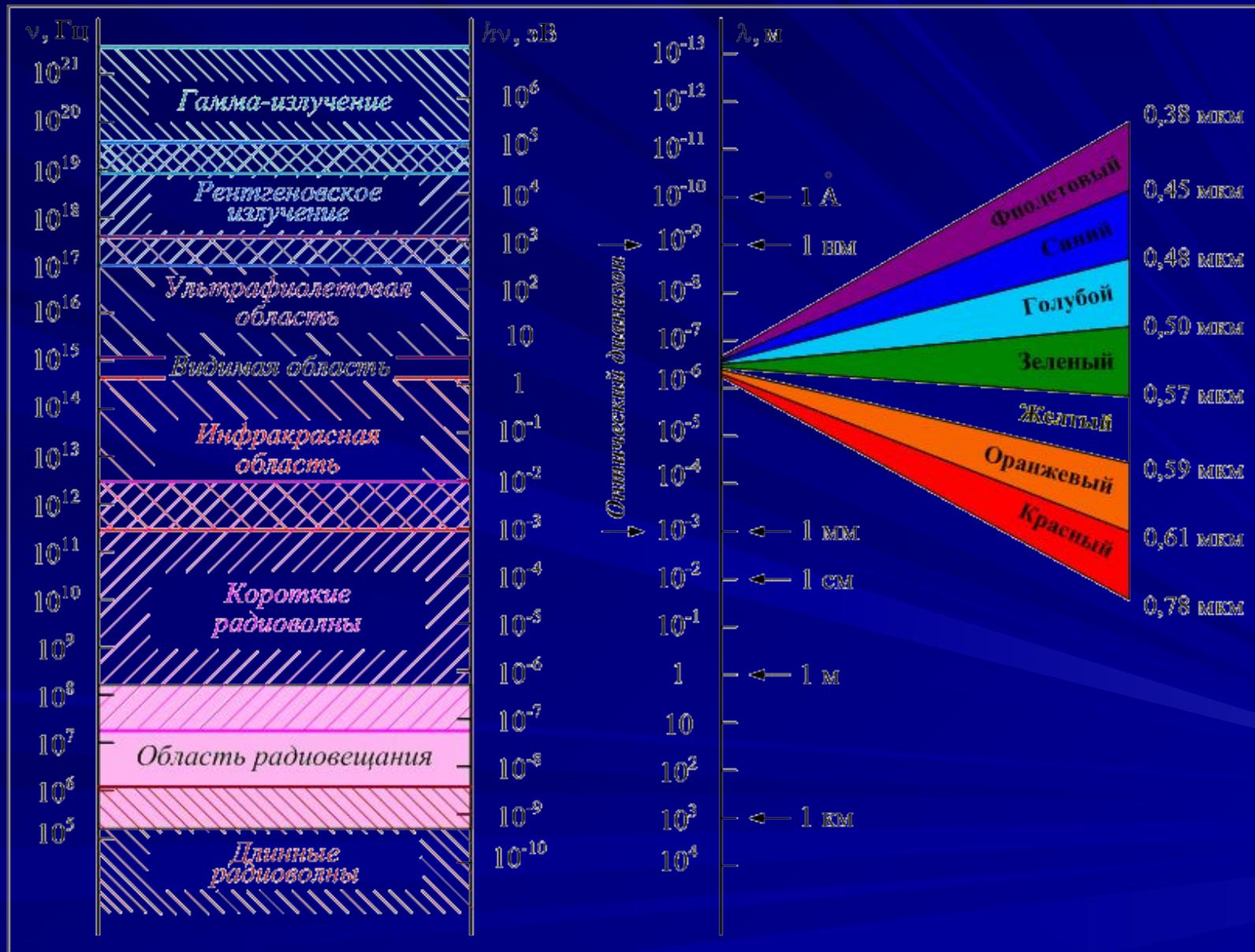
$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega \cdot t - kx + \varphi)$$

$$\vec{H} = \vec{H}_0 \cos(\omega \cdot t - kx + \varphi)$$

2. Шкала электромагнитных волн.



3. Энергия электромагнитных волн.

Объемная плотность энергии электрического поля:

$$w_{\text{эл}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$$

Объемная плотность энергии магнитного поля:

$$w_{\text{м}} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$$

Объемная плотность энергии электромагнитного поля:

$$w = w_{\text{эл}} + w_{\text{м}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$$

$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H$$

$$w = 2w_{\text{эл}} = \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \sqrt{\varepsilon \mu} E H$$

Плотность потока электромагнитной энергии – вектор Умова – Пойнтинга:

$$\vec{S} = [\vec{E} \vec{H}]$$

Модуль плотности потока энергии:

$$S = \omega v = EH$$

Среднее значение вектора Умова – Пойнтинга:

$$\langle S \rangle = \frac{1}{2} E_0 H_0$$

Мгновенное значение модуля вектора Умова – Пойнтинга:

$$S = E_0 H_0 \cos^2(\omega \cdot t - kx)$$

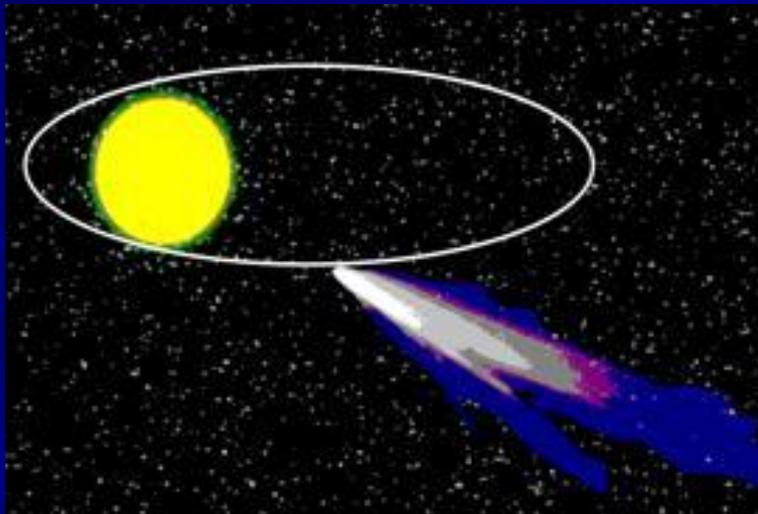
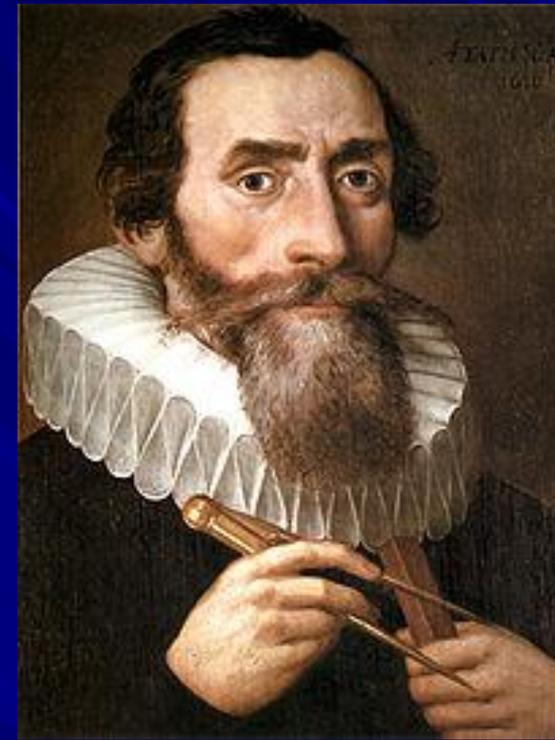
Интенсивность электромагнитной волны:

$$I = \langle S \rangle$$

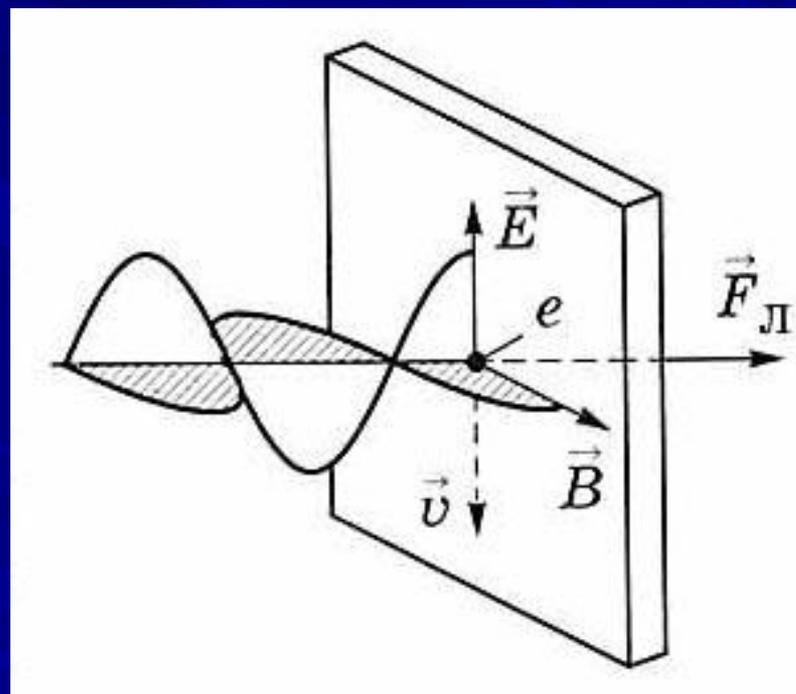
Давление света:

$$p = \frac{S}{v}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho)$$

В XVII веке **И. Кеплер** для объяснения поведения хвостов комет при пролете их вблизи Солнца - гипотеза о существовании **светового давления**.



В 1873 г. Д.-К. Максвелл предложил теорию давления света в рамках своей классической электродинамики.



В 1899 г. **П.Н. Лебедев** впервые экспериментально исследовал **световое давление**



4. Эффект Доплера для электромагнитных волн.



Эффект Доплера в общем случае:

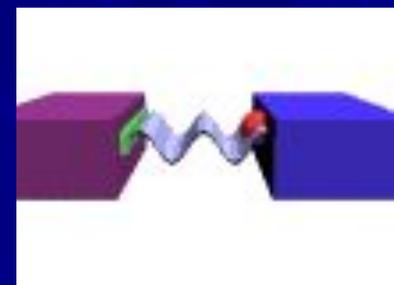
$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - (v/c)^2}}{1 + (v/c) \cos \vartheta}$$

Продольный эффект Доплера: $\vartheta = 0$

$$\nu = \nu_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Поперечный эффект Доплера: $\vartheta = \pi/2$

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - (v/c)}}{\sqrt{1 + (v/c)}}$$



5. «Красное смещение» в астрофизике.

6. Излучение диполя.

САМОСТОЯТЕЛЬНО

Литература:

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высш. шк., 2004. 478 с.

2. Савельев И.В. Курс общей физики: В 5 кн. - М.: Астрель: АСТ, 2003.

3. www.phyzika.ru

4. www.physico.ru

5. www.physics.ru

6. www.6.ru

7. www.7.ru

