

# ЗАМЕТКИ ПО КУРСУ «МАГНИТООПТИКА»

---

**Автор заметок:** Хоружий Кирилл

**От:** 17 февраля 2022 г.

## Содержание

## Лекция №2

**Классическая электродинамика.** Знаем, что

$$m\dot{\mathbf{v}} = e\mathbf{E} + \frac{e}{c}[\mathbf{v} \times \mathbf{H}], \quad \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 e^{-i\omega t},$$

тогда в нулевом приближении

$$H = 0, \quad m\omega \mathbf{v}_0 = e\mathbf{E}, \quad \mathbf{p} = e\mathbf{r}, \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_{(0)} = 1 - 4\pi \frac{Ne^2}{m\omega^2}.$$

Стоит уточнить, что под  $\mathbf{H}$  понимается постоянное внешнее магнитное поле, а  $\mathbf{E}$  – поле волны.

В первом приближении

$$m\mathbf{v}_1 = \frac{e}{c}[\mathbf{v}_0 \times \mathbf{H}], \quad \Rightarrow \quad m\mathbf{v}_1 = \frac{e^2}{c} \frac{1}{m\omega} [\mathbf{E} \times \mathbf{H}].$$

Интегрируя, находим

$$\mathbf{r}_1 = \frac{-e^2 i}{cm^2 \omega^3} [\mathbf{E} \times \mathbf{H}], \quad \Rightarrow \quad \mathbf{p}_1 = -\frac{Ne^3 i}{m^2 c \omega^3} [\mathbf{E} \times \mathbf{H}].$$

Собирая всё вместе, находим

$$\mathbf{D} = \left(1 - \frac{4\pi e^2 N}{m\omega^2}\right) \mathbf{E} - \frac{4\pi Ne^3 i}{m^2 c \omega^3} [\mathbf{E} \times \mathbf{H}].$$

Таким образом пришли к тензору на  $\hat{\varepsilon}$ :

$$\hat{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{(0)} & ig_z & -ig_y \\ -ig_z & \varepsilon_0 & ig_x \\ ig_y & -ig_x & \omega_{(0)} \end{pmatrix},$$

иначе можем записать в виде

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{(0)} \delta_{ij} - i\epsilon_{ijk} g_k,$$

где  $\mathbf{g}$  – вектор гирации:

$$\mathbf{g} = f\mathbf{H}, \quad f = \frac{4\pi Ne^3}{m^2 c \omega^3},$$

где  $f$  указан для свободного электрона. В изотропном магнитном материале  $\mathbf{M} = \chi\mathbf{H}$ . В общем виде  $\mathbf{g} = \hat{f}\mathbf{M}$ :

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{(0)} - i\epsilon_{ijk} f_{kl} M_l.$$

**Дисперсия.** Вообще есть дисперсия,  $\mathbf{D} = \mathbf{D}(\omega)$ , работает причинность, есть некоторый нелокальный отклик, а тогда  $\varepsilon = \varepsilon(\omega, \mathbf{k})$ .

Можем разложить

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{(0)} + \chi_{ijk}^{(2)} E_k + \chi_{ijkl}^{(3)} E_k E_l + \chi_{ijk}^{(2m)} B_k + \chi_{ijkl}^{(3m)} B_k B_l + \dots$$

где  $\chi_{ijk}^{(2)} E_k$  – эффект Поккельса,  $\chi_{ijkl}^{(3)} E_k E_l$  – эффект Керра.

**ДЗ** (Эффект Каттона-Муттона). Вывести квадратичную поправку к  $\hat{\varepsilon}$ :  $v = v_0 + v_1 + v_2$ . Дедлайн – неделя.