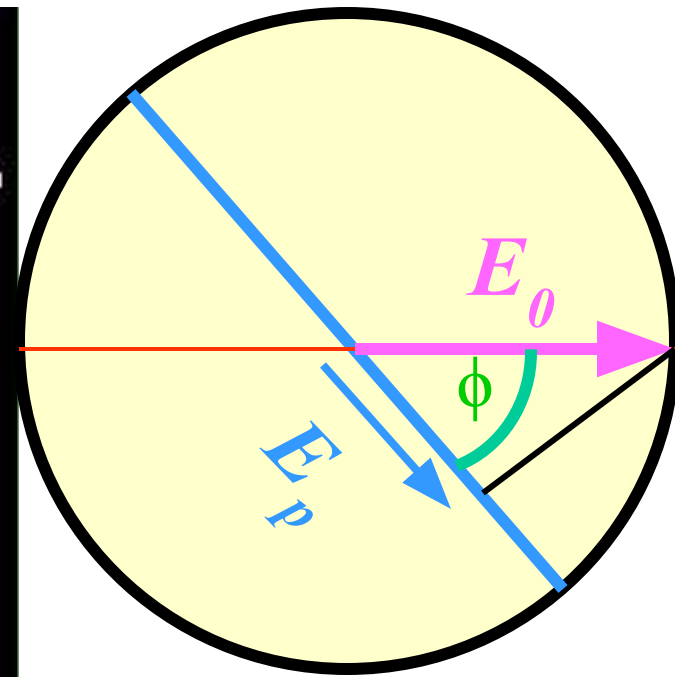
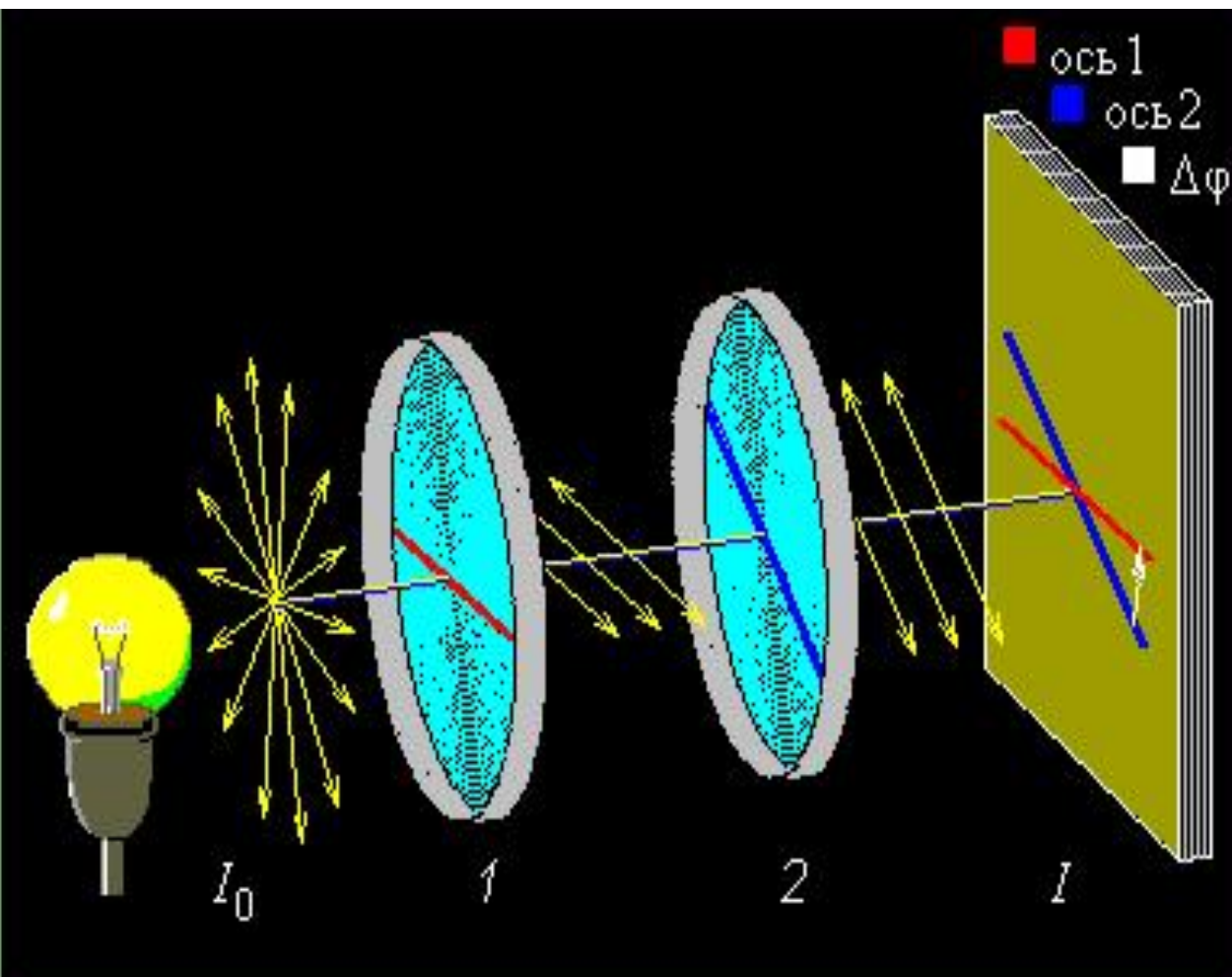


Жарықтың изотропты ортада таралуы

Поляризатор и анализатор

$$I_p = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$$



$$E_p = E_0 \cos \varphi$$



Жарықты поляризацияланған электромагниттік толқын ретінде қарастыру екі орта шекарасындағы жарықтың таралуын дұрыс қарастыруға мүмкіндік береді. Шағылу, сыну бұрышын, шағылу және сыну коэффициентін анықтау үшін кернеулік пен индукцияға шекаралық шарттар керек.

Электр және магнит өрісінің тангенциалдық кернеуліктері екі орта жағында бір біріне тең.

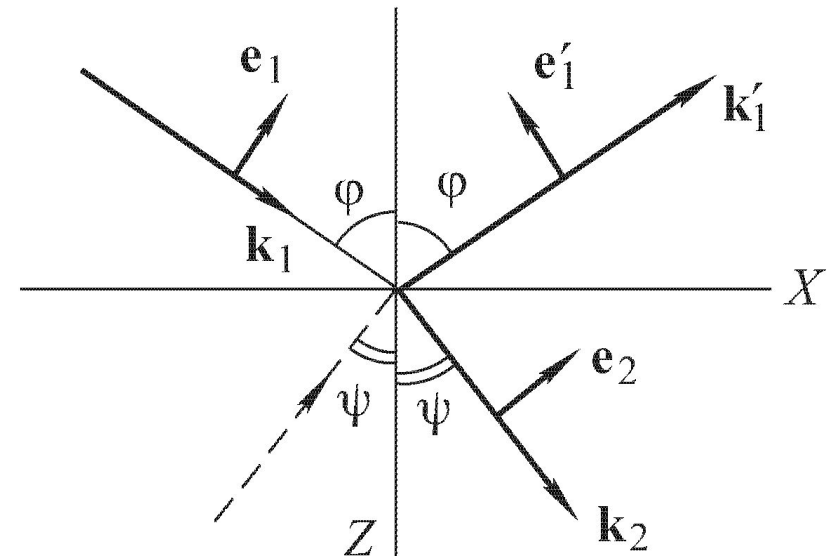
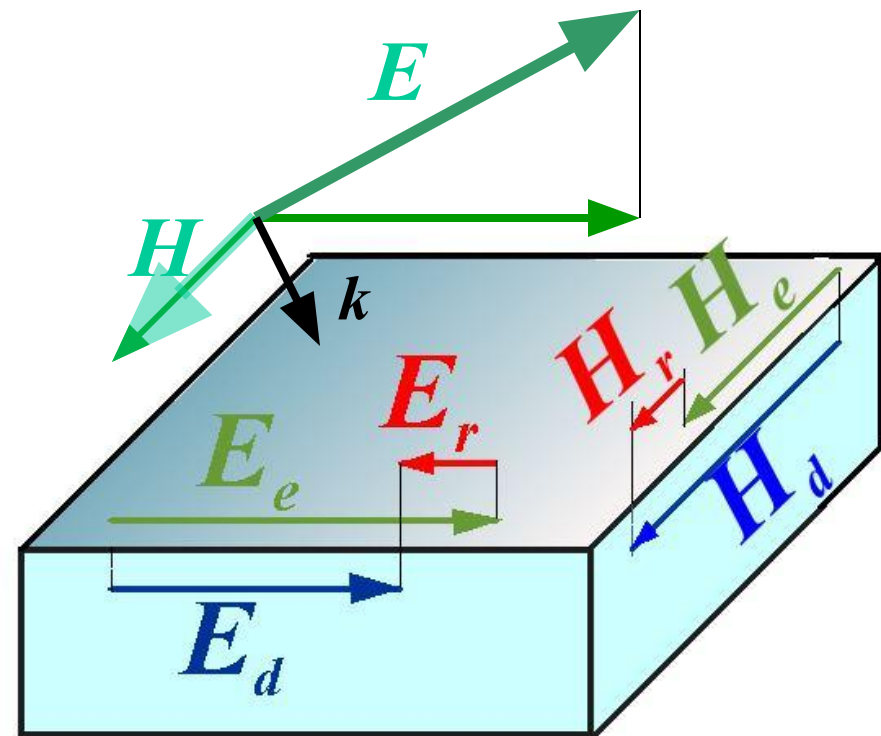
$$H_{\tau}^{(1)} = H_{\tau}^{(2)}$$

$$E_{\tau}^{(1)} = E_{\tau}^{(2)}$$

Электр және магнит өрісінің нормаль индукциялары екі орта жағында бір біріне тең.

$$B_n^{(1)} = B_n^{(2)}$$

$$D_n^{(1)} = D_n^{(2)}$$

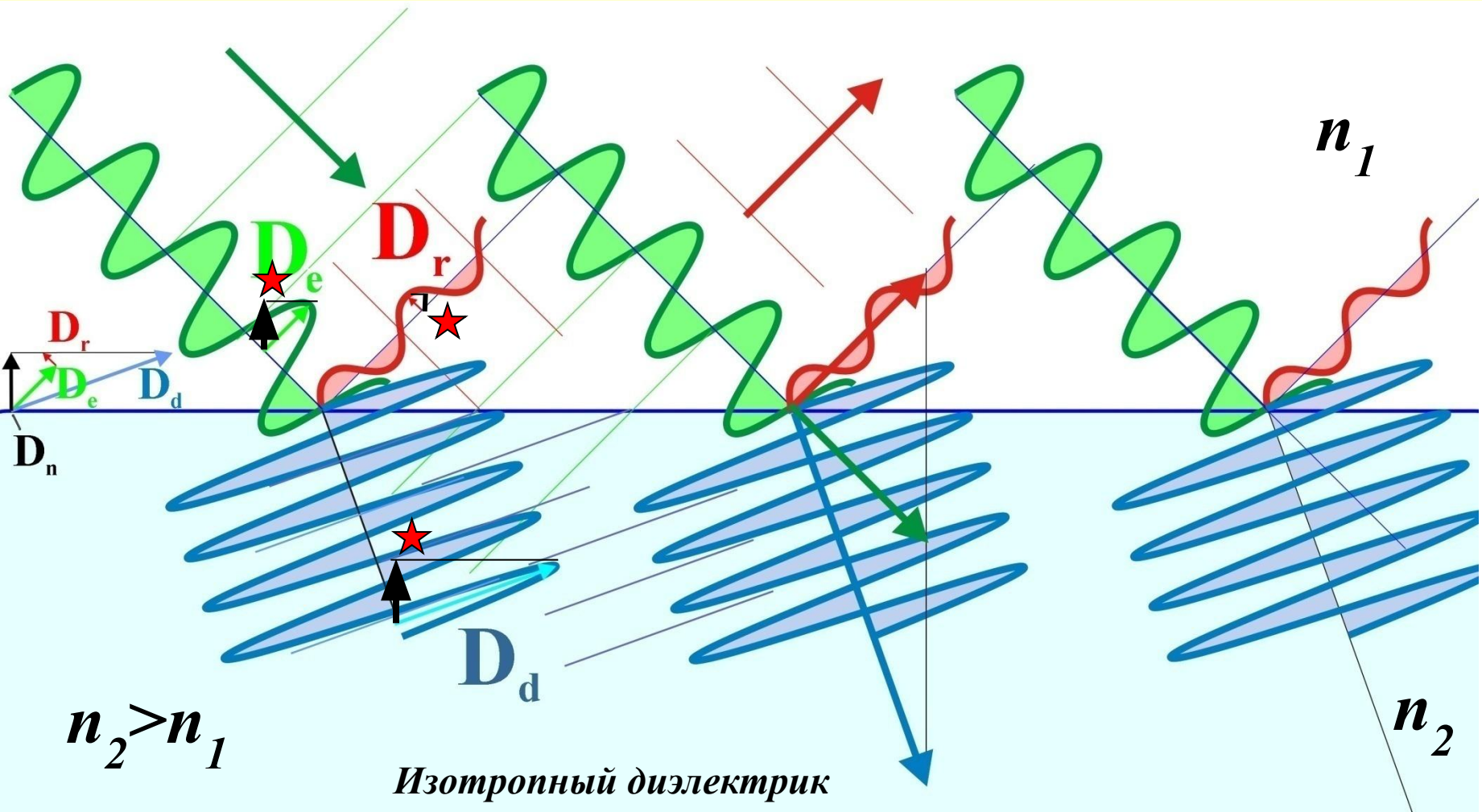


Диэлектр шекарасындағы ЭТ шағылып және сынып шекаралық шарттарды қанағаттандырады. Электр индукция векторлары шекараның екі жағында тең.

$$D_{nd} = D_{ne} + D_{nr}$$

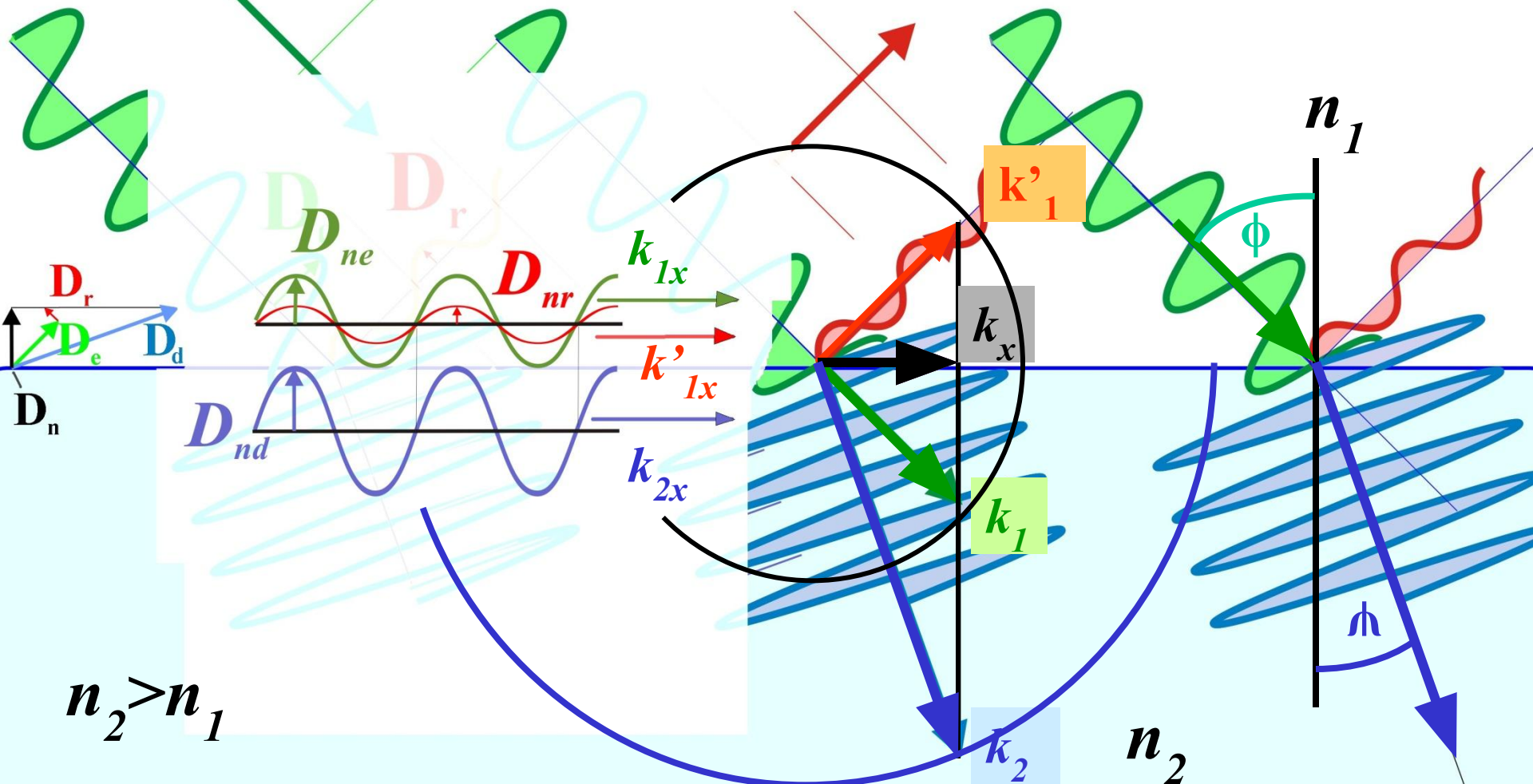


Өткен толқынның индукциясы түскен толқынның индукциясынан үлкен. Алайда энергияның сақталу заңы орындалады.



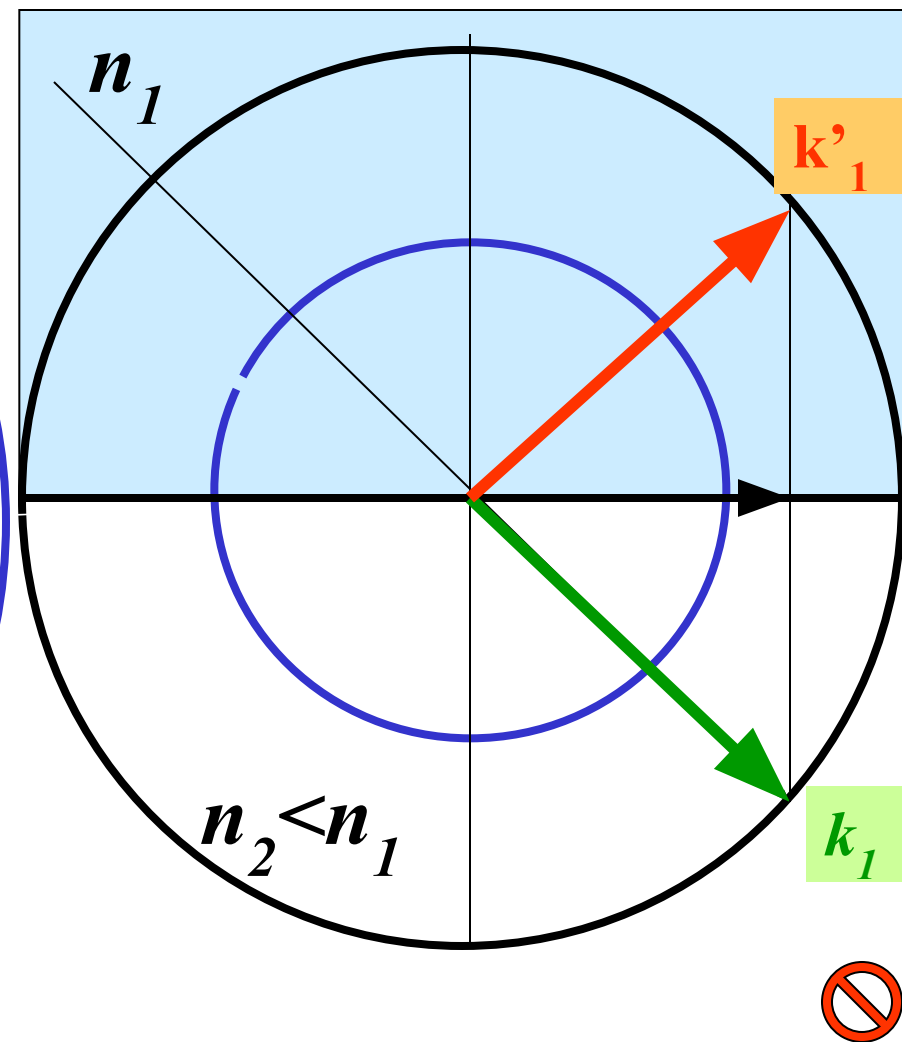
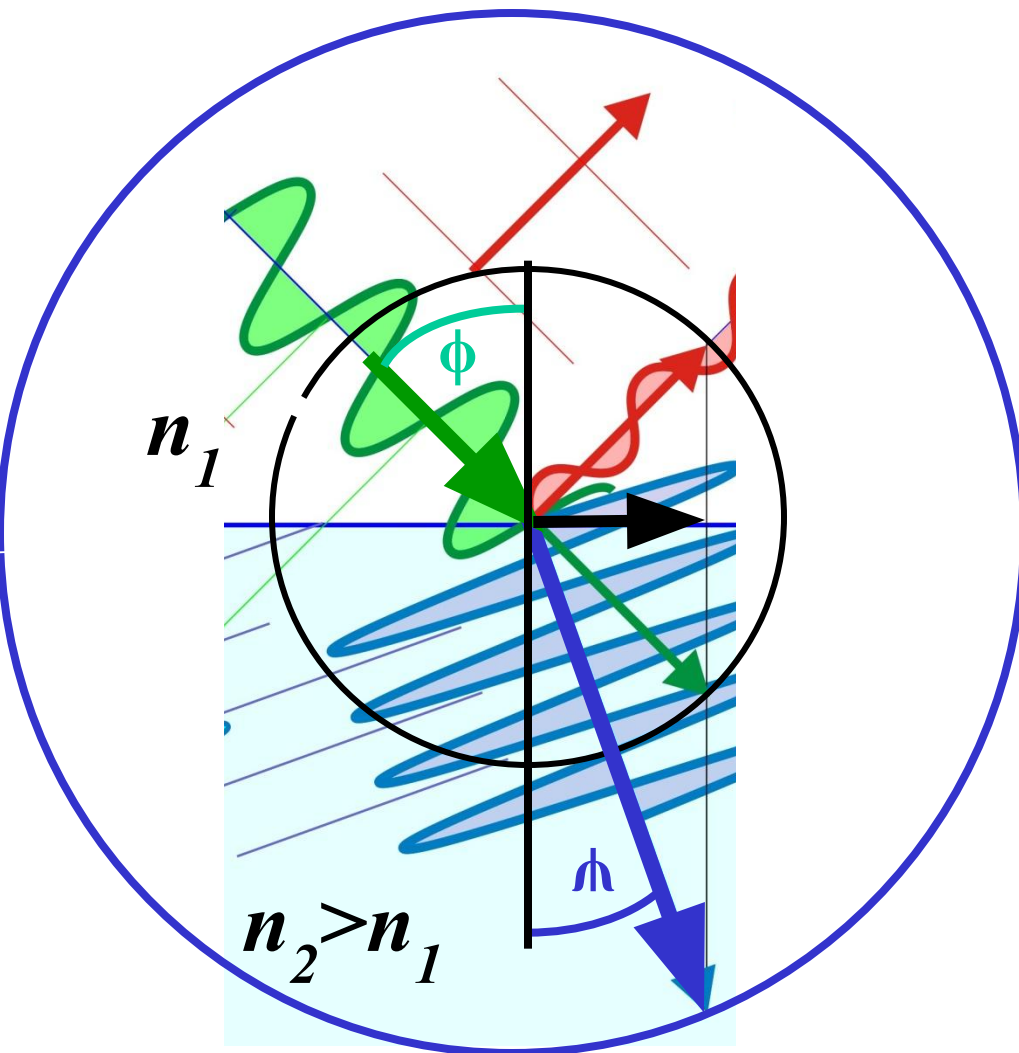
Шекаралық шарттар жазық толқын фронтының әр нүктесінде және барлық уақытта бірдей болу үшін электрлік индукцияның үш құраушысы таралады: D_{ne} , D_{nr} , D_{nd} толқындық векторлар келесі түрде болады: $k_{1x} = k'_{1x} = k_{2x} = k_x$

$$D_{ne} \cdot e^{i(\omega t - k_{1x}x)} + D_{nr} \cdot e^{i(\omega t - k'_{1x}x)} = D_{nd} \cdot e^{i(\omega t - k_{2x}x)}$$



Поскольку $k_{1x} = k'_{1x} = k_{2x} =$

$$k_1^x \cdot \sin \varphi = k_2 \cdot \sin \psi = \frac{\cancel{v}}{\cancel{c}} \cdot n_1 \cdot \sin \varphi = \frac{\cancel{v}}{\cancel{c}} \cdot n_2 \cdot \sin \psi$$



Формулы Френеля 1

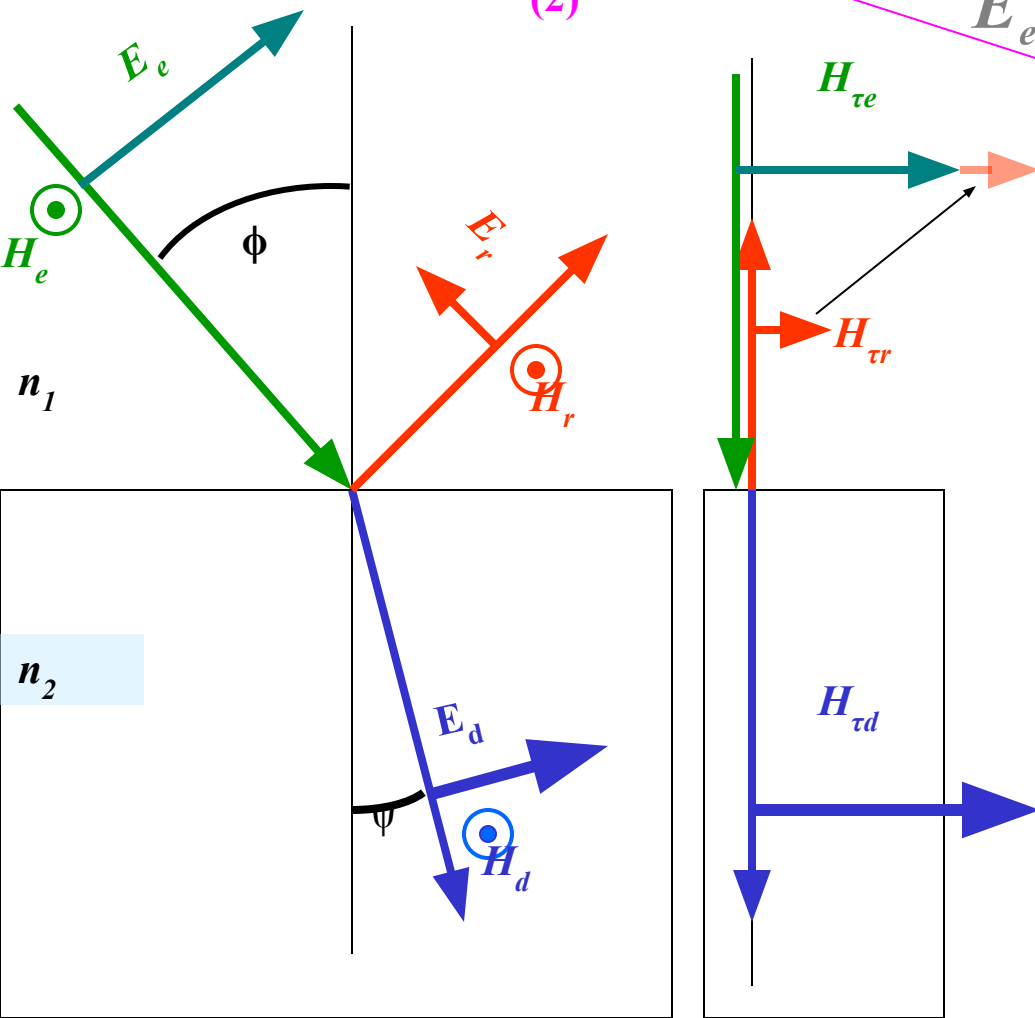
$$\frac{\varepsilon \cdot E^2}{2} = \frac{\mu \cdot H^2}{2} \quad (1)$$

Граничные условия для тангенциальных составляющих напряжённости поля ЭМ волны поляризованной в плоскости падения излучения.

для диэлектрика

$$\mu = 1 \Rightarrow \sqrt{\varepsilon} \cdot E = H = nE \quad (2)$$

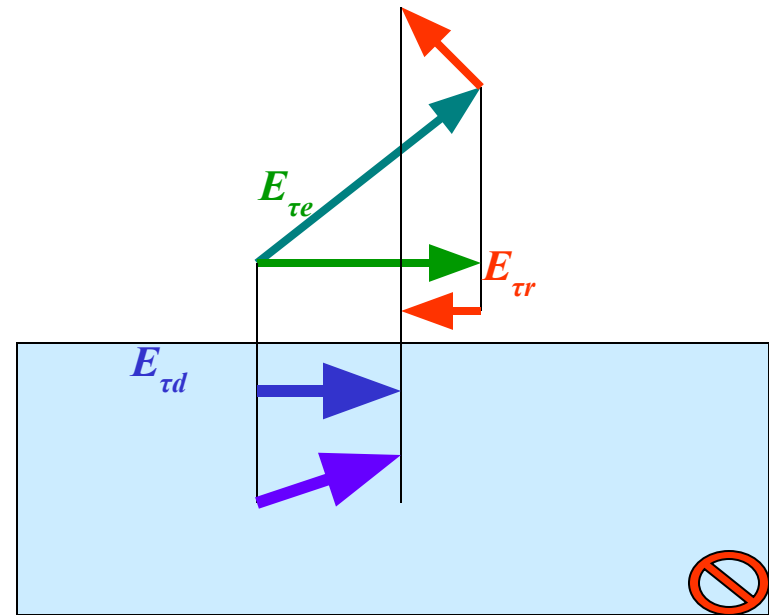
$$H_{\tau e} + H_{\tau r} = H_{\tau d}; \quad E_{\tau e} + E_{\tau r} = E_{\tau d}$$



$$E_e \cos \phi - E_r \cos \phi = E_d \cos \psi \quad (3)$$

$$E_e n_1 + E_r n_1 = E_d n_2 \quad (4)$$

$$\frac{E_e \cos \phi - E_r \cos \phi}{E_e n_1 + E_r n_1} = \frac{\cos \psi}{n_2} \quad (5)$$



$$n_2 E_e \cos \varphi - n_2 E_r \cos \varphi = E_e n_1 \cos \psi + E_r n_1 \cos \psi \quad (1) \quad \text{Формулы Френеля 2}$$

$$n_2 E_e \cos \varphi - E_e n_1 \cos \psi = n_2 E_r \cos \varphi + E_r n_1 \cos \psi \quad n_1 \cdot \sin \varphi = n_2 \cdot \sin \psi$$

$$\frac{n_2 \cos \varphi - n_1 \cos \psi}{n_2 \cos \varphi + n_1 \cos \psi} = \frac{E_r}{E_e} = \frac{E_{r\parallel}}{E_{e\parallel}} = r_{\parallel} \quad (2) \quad \begin{array}{l} \text{Коэффициент} \\ \text{отражения} \\ \text{амплитуды} \end{array} \quad r_{\parallel} = \frac{E_{r\parallel}}{E_{e\parallel}} = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \psi)}{\operatorname{tg}(\varphi + \psi)} \quad (3)$$

$$\frac{E_e \cos \varphi - E_d \cos \psi}{E_d n_2 - E_e n_1} = \frac{\cos \varphi}{n_1} \quad (4) \quad \begin{array}{l} \text{Граничные условия с } E_r \text{ в правой части} \\ \text{Амплитудный коэффициент пропускания ЭМ} \\ \text{волны поляризованной в плоскости падения} \end{array}$$

$$\frac{2n_1 \cos \varphi}{n_2 \cos \varphi + n_1 \cos \psi} = \frac{2 \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{\cos(\varphi - \psi) \sin(\varphi + \psi)} = \frac{E_d}{E_e} = \frac{E_{d\parallel}}{E_{e\parallel}} = d_{\parallel} \quad (5)$$

Запись в комплексной показательной форме, r – координата вдоль луча

$$\check{E}_{r\parallel} = \check{r}_{\parallel} * \check{E}_{e\parallel}$$

$$(r_{\parallel} \cdot E_o) \cdot e^{i(\omega t - k_1 r)} = r_{\parallel} \cdot e^{i \cdot 0} \cdot E_o \cdot e^{i(\omega t - k_1 r)} \quad (6)$$

$$\overset{\sqcap}{E}_{d\parallel} = \overset{\sqcap}{d}_{\parallel} \cdot \overset{\sqcap}{E}_{e\parallel} \quad (d_{\parallel} \cdot E_o) \cdot e^{i(\omega t - k_2 r)} = d_{\parallel} \cdot e^{i \cdot (k_1 - k_2) r} \cdot E_o \cdot e^{i(\omega t - k_1 r)} \quad (7)$$

$$\overset{\sqcap}{d}_{\parallel} = d_{\parallel} \cdot e^{i(k_1 - k_2) r} \quad (8) \quad r - \text{координата вдоль луча}$$



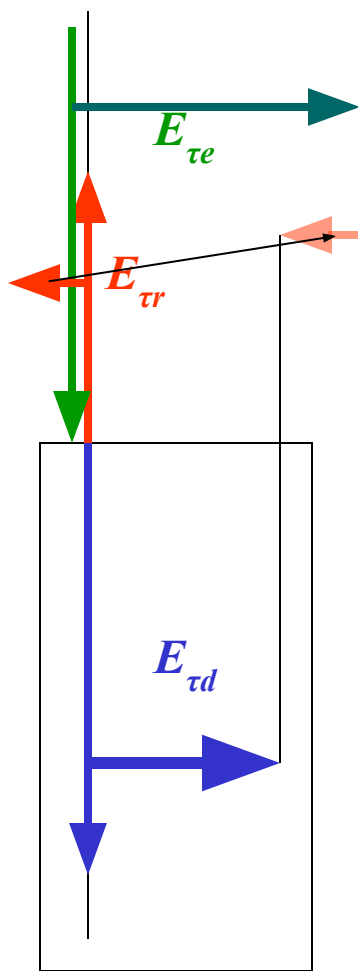
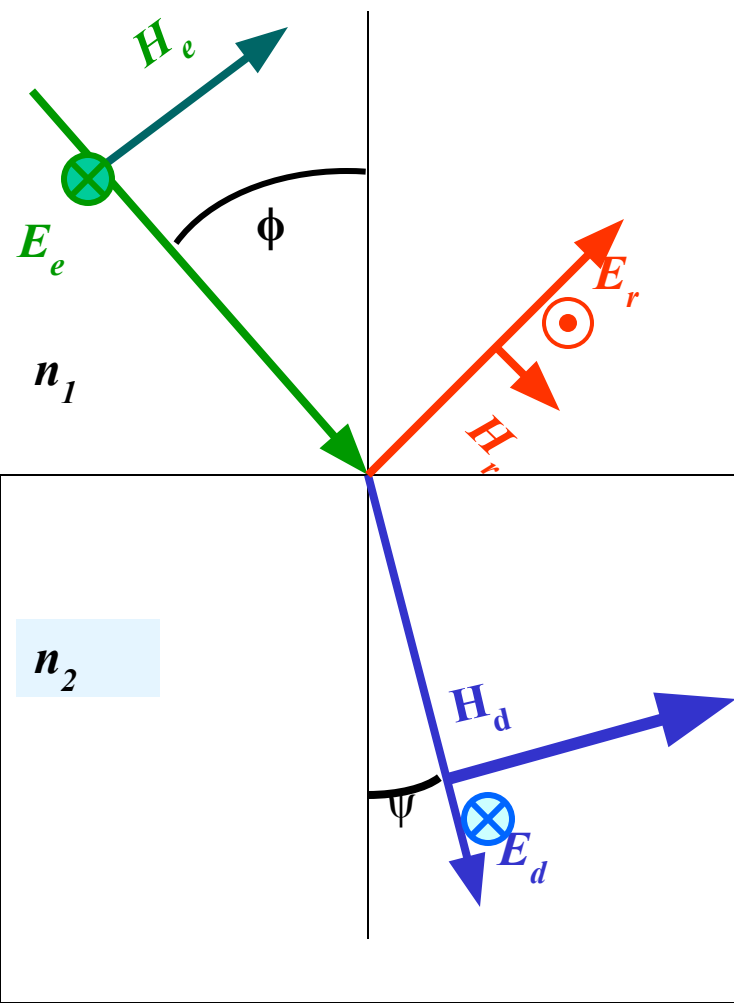
Граничные условия для тангенциальных составляющих напряжённости поля ЭМ волны поляризованной перпендикулярно плоскости падения излучения.

$$\mathbf{H}_{\tau e} + \mathbf{H}_{\tau r} = \mathbf{H}_{\tau d}; \quad \mathbf{E}_{\tau e} - \mathbf{E}_{\tau r} = \mathbf{E}_{\tau d}$$

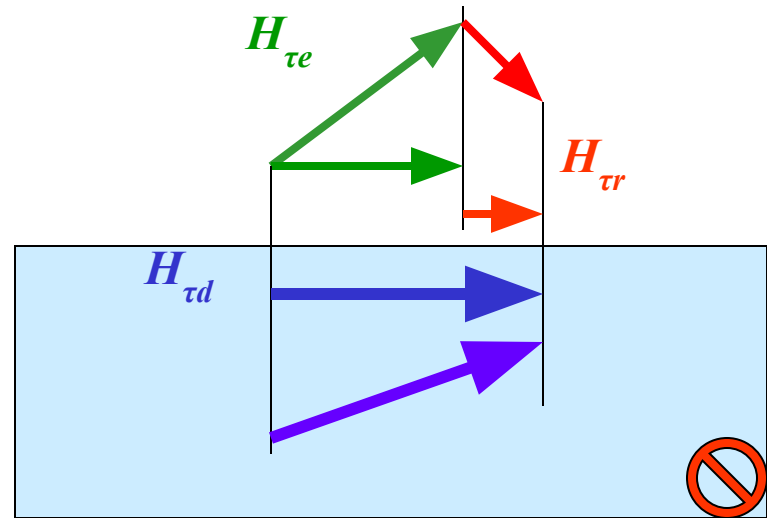
$$E_e - E_r = E_d \quad (2)$$

$$E_e \cdot n_1 \cdot \cos \varphi + E_r \cdot n_1 \cdot \cos \varphi = E_d \cdot n_2 \cdot \cos \psi \quad (1)$$

$$\frac{E_e n_1 \cos \varphi + E_r n_1 \cos \varphi}{E_e - E_r} = \frac{n_2 \cos \psi}{1} \quad (3)$$



Формулы Френеля 3



Волна поляризована перпендикулярно плоскости падения. Формулы Френеля 4

$$\frac{n_1 \cos \varphi - n_2 \cos \psi}{n_1 \cos \varphi + n_2 \cos \psi} = \frac{E_r}{E_e} = \frac{E_{r\perp}}{E_{e\perp}} = r_{\perp} \quad \text{Коэффициент отражения амплитуды} \quad r_{\perp} = \frac{E_{r\perp}}{E_{e\perp}} = -\frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)} \quad (2)$$

$$\boxed{r_{\perp}} = \frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)} \cdot e^{i\pi} \quad \text{Амплитудный коэффициент пропускания ЭМ волны поляризованной перпендикулярно плоскости падения} \quad (3)$$

$$\frac{2n_1 \cos \varphi}{n_1 \cos \varphi + n_2 \cos \psi} = \frac{2 \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{\sin(\varphi + \psi)} = \frac{E_d}{E_e} = \frac{E_{d\perp}}{E_{e\perp}} = d_{\perp} \quad (4)$$

Запись в комплексной показательной форме $\check{E}_{r\perp} = \check{r}_{\perp} * \check{E}_{e\perp} \quad (5)$

$$\left(\frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)} \cdot E_0 \right) \cdot e^{i(\omega t + \pi - k_1 r)} = \frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)} \cdot e^{i \cdot \pi} \cdot E_o \cdot e^{i(\omega t - k_1 r)} \quad (6)$$

$$\boxed{E}_{d\perp} = d_{\perp} \cdot \boxed{E}_{e\perp} \quad (7) \quad d_{\perp} = d_{\perp} \cdot e^{i(k_1 - k_2)r} \quad (8)$$

$$(d_{\perp} \cdot E_o) \cdot e^{i(\omega t - k_2 r)} = d_{\perp} \cdot e^{i \cdot (k_1 - k_2)r} \cdot E_o \cdot e^{i(\omega t - k_1 r)} \quad (9)$$



$$r_{\perp} \equiv \frac{R_{\perp}}{\mathcal{E}_{\perp}} = \frac{n_1 \cos \varphi - n_2 \cos \psi}{n_1 \cos \varphi + n_2 \cos \psi}, \quad d_{\perp} \equiv \frac{D_{\perp}}{\mathcal{E}_{\perp}} = \frac{2n_1 \cos \varphi}{n_1 \cos \varphi + n_2 \cos \psi},$$

$$r_{\parallel} \equiv \frac{R_{\parallel}}{\mathcal{E}_{\parallel}} = \frac{n_2 \cos \varphi - n_1 \cos \psi}{n_2 \cos \varphi + n_1 \cos \psi}, \quad d_{\parallel} \equiv \frac{D_{\parallel}}{\mathcal{E}_{\parallel}} = \frac{2n_1 \cos \varphi}{n_2 \cos \varphi + n_1 \cos \psi}.$$

$$\frac{R_{\perp}}{\mathcal{E}_{\perp}} = -\frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)},$$

$$\frac{D_{\perp}}{\mathcal{E}_{\perp}} = \frac{2 \cos \varphi \sin \varphi}{\sin(\varphi + \psi)},$$

$$\frac{R_{\parallel}}{\mathcal{E}_{\parallel}} = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \psi)}{\operatorname{tg}(\varphi + \psi)},$$

$$\frac{D_{\parallel}}{\mathcal{E}_{\parallel}} = \frac{2 \cos \varphi \sin \varphi}{\sin(\varphi + \psi) \cos(\varphi - \psi)}.$$

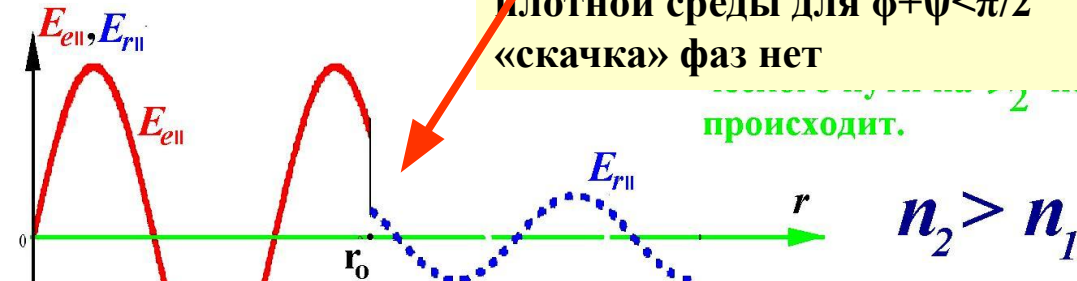
$$\frac{R_{\perp}}{\mathcal{E}_{\perp}} = -\frac{R_{\parallel}}{\mathcal{E}_{\parallel}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}.$$

$$\frac{R_{\perp}}{\mathcal{E}_{\perp}} = \frac{R_{\parallel}}{\mathcal{E}_{\parallel}} \rightarrow -1,$$

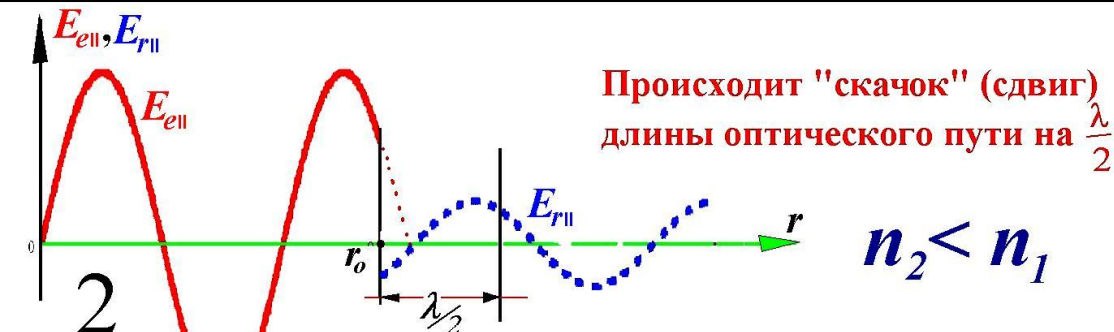
$$r_{\perp} = \frac{E_{r\perp}}{E_{e\perp}} = -\frac{\sin(\varphi - \psi)}{\sin(\varphi + \psi)} \quad r_{\parallel} = \frac{E_{r\parallel}}{E_{e\parallel}} = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \psi)}{\operatorname{tg}(\varphi + \psi)}$$

$$r_{\perp} = -\frac{\sin(\varphi - \pi/2)}{\sin(\varphi + \pi/2)} = \frac{\cos(\varphi)}{\cos(\varphi)} = 1$$

При отражении от более плотной среды для $\varphi + \psi < \pi/2$ «скачка» фаз нет



Распределение электрического поля вдоль траектории движения луча, в произвольный момент времени. Условия отражения такие же, луч падает из среды с показателем преломления меньшим, чем преломляющая среда. В точке r_0 луч "ломается" в результате отражения.



Распределение электрического поля вдоль траектории движения луча, в произвольный момент времени. Луч падает из среды с большим показателем преломления на среду с меньшим показателем преломления. В точке r_0 луч "ломается" в результате отражения.

