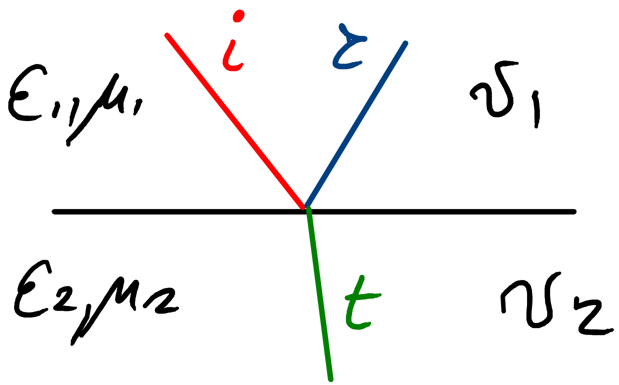
2.4. Отражение и преломление света на границе раздела 2х диэл.

Рассм. 2 диэл. с $\varepsilon_1 \mu_1$ и $\varepsilon_2 \mu_2$ и э/м волну (гарм. и плоскую), падающую на границу раздела.



Гр. усл.: $D_{2n} = D_{1n}$; $E_{1\tau} = E_{2\tau}$

$(B_{2n} = B_{1n}$; $H_{1\tau} = H_{2\tau})$

падающая $\vec{E}_i = \vec{E}_i^0 \cos(\omega_i t - \vec{k}_i \vec{r})$

отраженная $\vec{E}_r = \vec{E}_r^0 \cos(\omega_r t - \vec{k}_r \vec{r})$

преломленная $\vec{E}_t = \vec{E}_t^0 \cos(\omega_t \cdot t - \vec{k}_t \vec{r})$

Волн. числа:

$k_i = \omega_i / v_1$

$k_r = \omega_r / v_1$

$k_t = \omega_t / v_2$

Фаз. ск. волн: $v_1 = \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_0 \mu_1 \mu_0}} = \dfrac{c}{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}}$; $v_2 = \dfrac{c}{\sqrt{\varepsilon_2 \mu_2}}$;

Рассм. усл. для E_τ:

$$E_{i\tau}^0 \cos(\omega_i t - \vec{k}_i \vec{r}) + E_{r\tau}^0 \cos(\omega_r t - \vec{k}_r \vec{r}) = E_{t\tau}^0 \cos(\omega_t t - \vec{k}_t \vec{r})$$

Т.к равенство справедливо $\forall t$ и независимо $\forall \vec{r}$

$\Rightarrow$ независимо выполняется:

1) $\omega_i t = \omega_r t = \omega_t t \Rightarrow$

2) $\underline{\vec{k}_i \vec{r} = \vec{k}_r \vec{r} = \vec{k}_t \vec{r}}$

$\omega_i = \underline{\omega_r = \omega_t}$

частота э/м волны при отр. и преломл. не изм

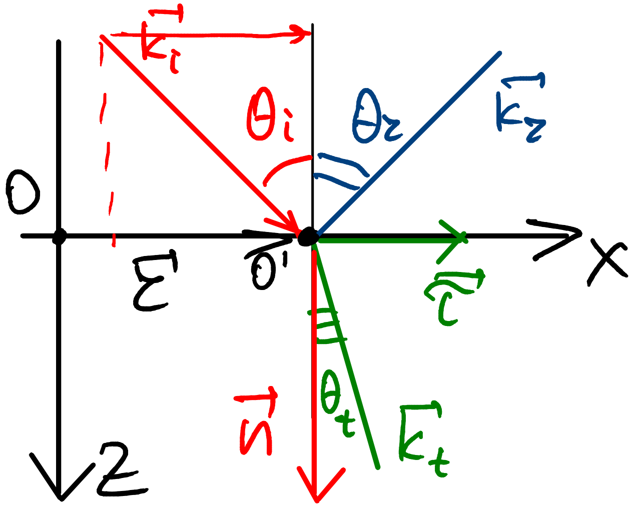
Выберем начало отсчёта т.ч. $\vec{k}_i \vec{r} = 0 \Rightarrow \vec{k}_r \vec{r} = 0$ и $\vec{k}_t \vec{r} = 0$

т.е. $\vec{k}_{i,r,t} \perp \vec{r} \Rightarrow$

Все 3 луча: падающий, отраж. и преломл. лежат в одной плоскости

Луч — линия, перпендикулярная к волн. поверхности

луч — вдоль в-ра $\vec{k}$



СК: OX и OZ – в плоскости, где находятся лучи
OX – вдоль гр. раздела
OZ – $\perp$ OX и вдоль напр. распр. света

O – в плоскости гр. раздела

Ед. в-ра: $\vec{\tau} \uparrow\uparrow Ox$; $\vec{n} \uparrow\uparrow Oz$

радиус-вр точки падения света — $\vec{r} = r \cdot \vec{\tau}$

$$\Rightarrow \cancel{2}(\vec{k}_i \vec{\tau}) = \cancel{2}(\vec{k}_r \vec{\tau}) = \cancel{2}(\vec{k}_t \vec{\tau})$$

$$\Rightarrow k_i \sin\theta_i = k_r \sin\theta_r = k_t \sin\theta_t$$

$$\frac{\cancel{\omega_i}}{v_1}\sin\theta_i = \frac{\cancel{\omega_r}}{v_1}\sin\theta_r = \frac{\cancel{\omega_t}}{v_2}\sin\theta_t$$

$$\sqrt{\varepsilon_1\mu_1}\,\frac{\sin\theta_i}{\cancel{c}} = \sqrt{\varepsilon_1\mu_1}\,\frac{\sin\theta_r}{\cancel{c}} = \sqrt{\varepsilon_2\mu_2}\,\frac{\sin\theta_t}{\cancel{c}}$$

$\Rightarrow$ 1) $\sin\theta_i = \sin\theta_r$; $\underline{0<\theta<\pi}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\theta_i = \theta_r}$

Зак. отражения света

2) $$\frac{\sin\theta_i}{v_1} = \frac{\sin\theta_t}{v_2}$$

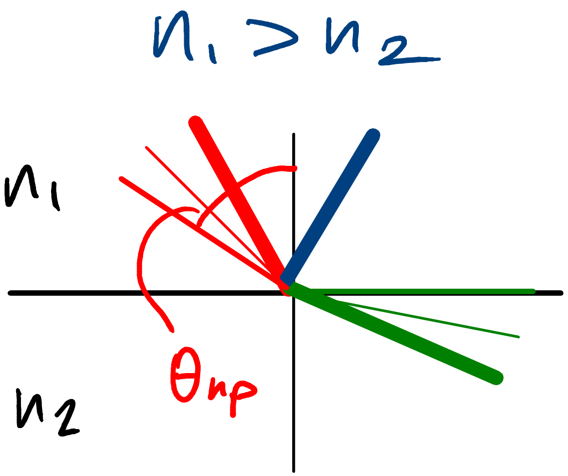
$$\boxed{\frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_t} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}}$$

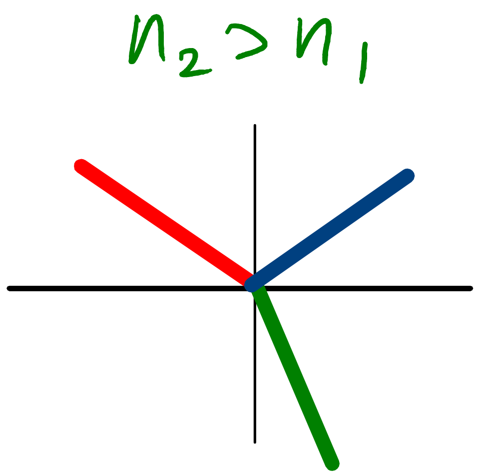
Зак. преломления света. (Снел)

n_{21} – отн. показат. преломления

Отн. вакуума: $\boxed{n = \frac{c}{v}}$ (абс) показатель преломления

$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$; $\qquad \underline{n = \sqrt{\varepsilon\mu}}$





при $n_1 > n_2$

$\exists\ \theta_i = \theta_{пр}$;

при кот. $\theta_t = \frac{\pi}{2}$;

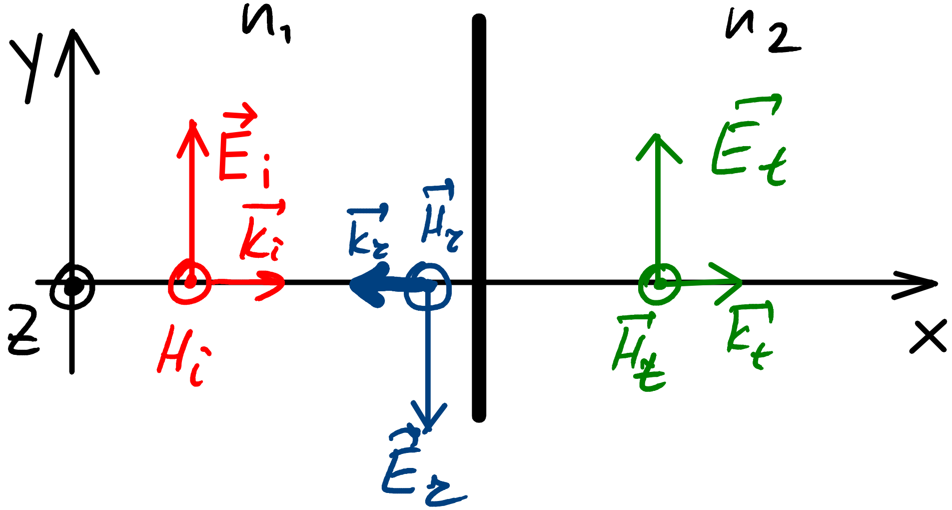
$\sin\theta_{пр} = \frac{n_2}{n_1} = \underline{n_{21}}$

преломленного луча — нет

происх. явл. полного

внутр. отражения

Рассм. нормальное падение э/м волны на гр. раздела $2^х$ сред. $\theta_i = 0$; $\theta_r = \theta_t = 0$



Гр. усл. для τ-комп.

$$E_{iy} + E_{ry} = E_{ty}$$

$$H_{iz} + H_{rz} = H_{tz}$$

Связь $\overset{\text{комп}}{}$ в э/м волне: $\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0}\,E = \sqrt{\mu\mu_0}\,H$

Если магн. св-ва сред одинаковы (диа, пара $\mu \approx 1$)

$n = \sqrt{\varepsilon}$ $\Rightarrow$ $n\sqrt{\varepsilon_0}\,E = \sqrt{\mu_0}\,H \Rightarrow H = n\sqrt{\dfrac{\varepsilon_0}{\mu_0}}\,E$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \Rightarrow \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} = c \cdot \varepsilon_0 \Rightarrow \underline{H = n \cdot \varepsilon_0 c \cdot E}$$

Т.о. имеем сист:
$$\begin{cases} E_{iy} + E_{ry} = E_{ty} \\ \cancel{\varepsilon_0 c}\,(n_1 E_{iy} - n_1 E_{ry}) = \cancel{\varepsilon_0 c}\, E_{ty} \cdot n_2 \end{cases}$$

$$2n_1 E_{iy} = (n_1 + n_2) E_{ty} \Rightarrow$$

$$(n_2 - n_1) E_{iy} + (n_1 + n_2) E_{ry} = 0 \Rightarrow$$

$$\boxed{\begin{aligned} \vec{E}_t &= \frac{2n_1}{n_1+n_2} \vec{E}_i \\ \vec{E}_r &= \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \vec{E}_i \end{aligned}}$$

1) $\vec{E}_t \uparrow\uparrow \vec{E}_i$

2) $\underline{n_1 > n_2} \Rightarrow \vec{E}_r \uparrow\uparrow \vec{E}_i$ переход из более плотн. оптически в менее плотн.

$n_1 < n_2$. волна переходит из менее плотн. опт. среды в более плотн. $\Rightarrow$ $\vec{E}_r \uparrow\downarrow \vec{E}_i$ — в противофазе.

При отражении от более оптически плотной среды фаза волны скачком изм. на π

Рассм. интенсивность $I = \langle S \rangle = \langle [\vec{E}\vec{H}] \rangle =$

$= \langle E \cdot H \rangle = n \varepsilon_0 c \langle E^2 \rangle \sim n \cdot E^2$

коэфф. отражения $\rho = \frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2$

коэфф. пропускания $\tau = \frac{I_t}{I_i} = \frac{4 n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2}$

$\rho + \tau = 1$,

@ воздух-стекло ; $n_1 = 1$; $n_2 = 1{,}5$

$\Rightarrow \rho = 0{,}04$

2.5. Геометрическая оптика

Центральное понятие – (световой) луч.

Лучи не вз-ют др. с др.

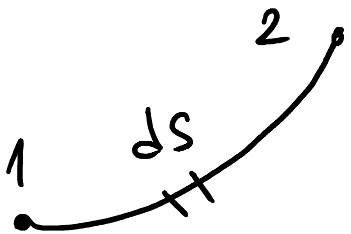
на границе 2^x сред – отраж. / преломл.

по соотв. зак.

Пучок – совокупность лучей

$\forall$ опт. сист. преобр. пучки света.

Принцип Ферма. Свет распространяется по такому пути, для прохождения которого требуется мин. время



участок ds свет проходит за $dt = \frac{ds}{v} = n\frac{ds}{c}$

$\Rightarrow$ время $\tau_{12} = \frac{1}{c}\int_1^2 n\,ds = \frac{L}{c}$

$L = \int n\,ds$ – оптическая длина пути

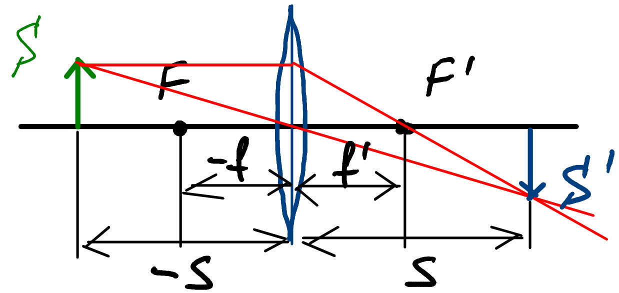
$\underline{n\,ds = dL}$ $\qquad n = const \Rightarrow \underline{L = n \cdot S}$

S – геом. длина пути.

Линза – один из осн. опт. приборов – сист. из $2^х$ сферич. преломл. пов-стей

Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{S'} - \frac{1}{S} = \frac{1}{f'}$$



Фокусное расстояние:

$$\frac{1}{f'} = (n - n_0)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

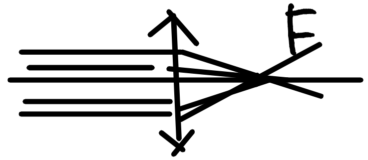
линза   среда

правило знаков:

отрезки по ходу лучей – с "+"

— " — против — " — с "–"

Фокус:



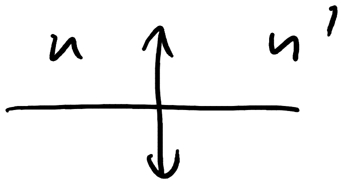
Опт. сила линзы:

$D = \frac{1}{f'}$; $[D]$ = дптр $= \frac{1}{м}$.

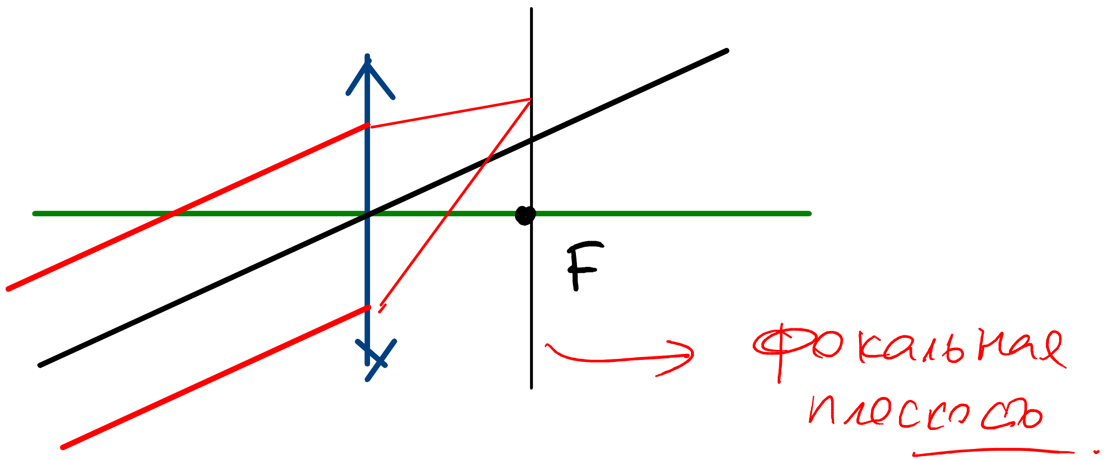
$D > 0$ — линза собирающая;

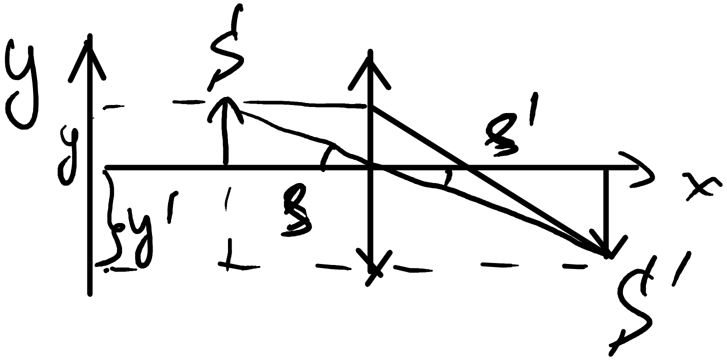
$D < 0$ — рассеивающая.

Линза разделяет 2 среды с n и n'



$\Rightarrow f \neq f'$; $\boxed{\frac{f'}{f} = -\frac{n'}{n}}$





линейное увеличение:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$