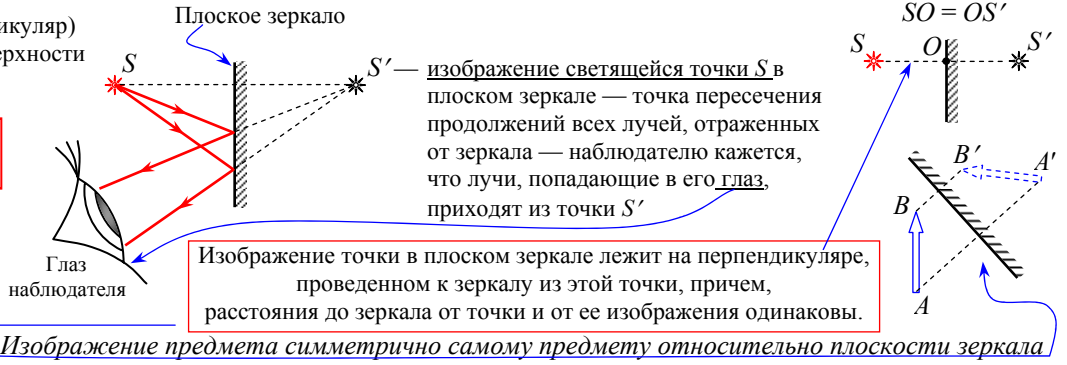
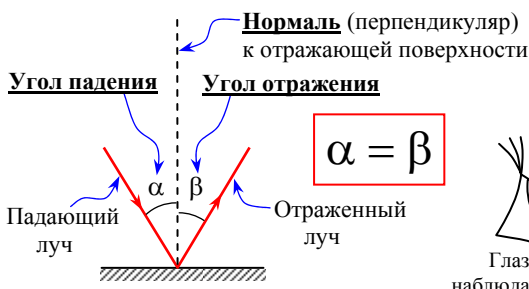


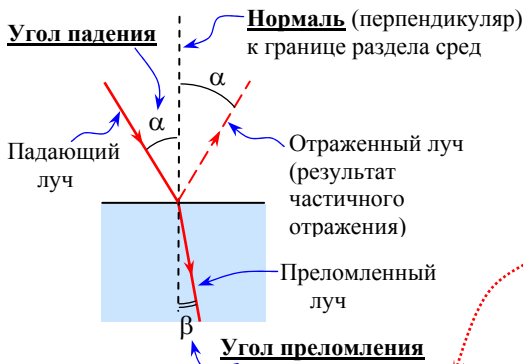
Х. Оптика

1. Закон отражения Луч падающий и луч отраженный лежат в одной плоскости с нормалью, проведенной к отражающей поверхности в точке падения луча. При этом **угол падения равен углу отражения**.



2. Закон преломления

При переходе из одной прозрачной среды в другую световой луч частично отражается от границы раздела сред, а частично проходит в следующую среду, причем, в новой среде направление луча может измениться. Такой луч, изменивший свое направление при переходе в новую среду, называется ПРЕЛОМЛЕННЫМ лучом.



Луч падающий и луч преломленный лежат в одной плоскости с нормалью, проведенной к границе раздела сред в точке падения луча. При этом **отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред при данной частоте излучения**.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{v_{\text{света } 1}}{v_{\text{света } 2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

абсолютный показатель преломления второй среды
абсолютный показатель преломления первой среды

Относительный показатель преломления (показатель преломления второй среды относительно первой)

Отношение скорости света в первой среде к скорости света во второй

Абсолютный показатель преломления – показатель преломления среды относительно вакуума:

$$n_{\text{среды}} = \frac{c}{v_{\text{света в среде}}}$$

Скорость света в вакууме $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с
 $v_{\text{света в воздухе}} \approx c$, т. е. $n_{\text{воздуха}} \approx 1$

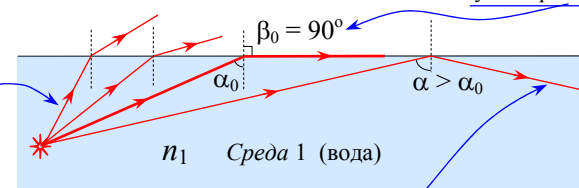
$n_2 > n_1 ; \alpha > \beta$	$n_2 < n_1 ; \alpha < \beta$
<p>Среда 1 (воздух) n_1</p> <p>Среда 2 (вода) n_2</p>	<p>Среда 1 (стекло) n_1</p> <p>Среда 2 (воздух) n_2</p>
<p>При переходе луча в оптически более плотную среду ($n_2 > n_1$) луч приближается к нормали</p>	<p>При переходе луча в оптически менее плотную среду ($n_2 < n_1$) луч отдаляется от нормали</p>

При переходе луча в оптически менее плотную среду ($n_2 < n_1$) может произойти ПОЛНОЕ ОТРАЖЕНИЕ луча от границы раздела сред, если угол падения слишком велик: $\alpha \geq \alpha_0$

Среда 2 (воздух) $n_2 < n_1 \Rightarrow \alpha < \beta$

α_0 – **угол полного внутреннего отражения**

при угле падения $\alpha = \alpha_0$
угол преломления $\beta = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$



При углах падения меньших, чем α_0 , луч отражается от границы раздела сред лишь частично (с ростом α доля отраженной энергии растет)

При $\alpha \geq \alpha_0$ луч полностью отражается от границы раздела сред и не выходит во вторую среду

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

если луч выходит в воздух или вакуум из среды с показателем преломления n

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2 = \dots = \text{const}$$

произведение показателя преломления среды на синус угла между лучом и нормалью в этой среде остается неизменным при переходе из одной среды в другую

4. Линза — прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.

Линза считается **тонкой**, если ее толщина AB мала по сравнению с радиусами R_1 и R_2 сферических поверхностей, ограничивающих линзу, а также по сравнению с расстояниями d и f от линзы до предмета и от линзы до изображения.

Линза называется **собирающей**, если лучи, падающие на нее параллельно друг другу, после преломления сходятся.

Линза называется **рассеивающей**, если лучи, падающие на нее параллельно друг другу, после преломления расходятся.

Фокусом линзы называется точка, в которой после преломления пересекаются лучи, упавшие на линзу параллельно ее главной оптической оси (или продолжения преломленных лучей, если линза рассеивающая).

Оптическая сила линзы измеряется в диоптриях: 1 дптр = 1/м = 1 м⁻¹

$$D = \frac{1}{F} = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{среды}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{\pm R_1} + \frac{1}{\pm R_2} \right)$$

$F > 0$

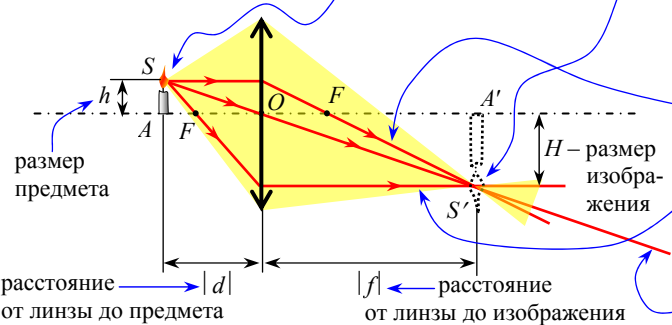
Фокусное расстояние линзы – расстояние от линзы до фокуса. В СИ измеряется в метрах.

$F < 0$



5. Изображение

точки S в линзе — это такая точка S' , в которой лучи, вышедшие из точки S , пересекаются после преломления в линзе.



Чтобы построить изображение S' точки S , надо знать ход двух лучей, вышедших из S и преломленных в линзе (где пересекутся эти лучи, там пересекутся и все остальные). Всегда известен ход следующих лучей:

- **луч, падающий на линзу параллельно главной оптической оси**, преломившись, проходит через фокус (если линза собирающая) или идет так, что его продолжение проходит через фокус (если линза рассеивающая)
 - **луч, падающий на собирающую линзу, по прямой, проходящей через фокус** (луч, падающий на рассеивающую линзу вдоль прямой, проходящей через фокус, расположенный с другой стороны линзы) преломившись, идет параллельно главной оптической оси
 - **луч, проходящий через оптический центр тонкой линзы**, после преломления практически не отклоняется от прямой, вдоль которой он упал на линзу.
- Если показатель преломления среды одинаков с обеих сторон линзы, то оптический центр (точка O на рисунке) — пересечение главной оптической оси с плоскостью тонкой линзы.

$$\frac{1}{\pm |d|} + \frac{1}{\pm |f|} = \frac{1}{\pm |F|}$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|}$$

Формула тонкой линзы **Линейное** (поперечное) **увеличение** — отношение размера изображения (H) к размеру предмета (h), когда предмет — отрезок, перпендикулярный главной оптической оси.

Расстановка знаков в формуле тонкой линзы: **Перед фокусным расстоянием $|F|$:** «+» — если линза **собирающая**, «-» — если линза **рассеивающая**.

Перед расстоянием $|f|$ от линзы до изображения: «+» — если **изображение действительное**, т. е. лучи от точечного источника после преломления в линзе сходятся;

«-» — если **изображение мнимое**, т. е. лучи от точечного источника после преломления в линзе расходятся. В этом случае изображением считается точка пересечения продолжений преломленных лучей S' (именно в этой точке видится источник света глазу, в который попадают преломленные лучи)

Перед расстоянием $|d|$ от линзы до предмета: «+» — если **предмет действительный**, т. е. лучи от точечного источника падают на линзу расходящимся конусом;

«-» — если **предмет мнимый**, т. е. лучи от точечного источника падают на линзу сходящимся конусом (это возможно, например, если лучи предварительно прошли через собирающую линзу). В этом случае предметом считается точка пересечения продолжений лучей, упавших на линзу.

6. Возможные случаи расположения предмета:

6.1. $d \rightarrow \infty$ (т. е. $d \gg |F|$) В этом случае лучи от точечного источника идут практически параллельно друг другу.
 $f = F$ — изображение точечного источника находится в **фокальной плоскости**.

6.2. $d \in (2F; \infty)$
 $f \in (F; 2F)$
 Изображение: **действительное** ($f > 0$), **перевернутое**, **уменьшенное** ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$)
 (фотография)

6.3. $d = 2F$; $f = 2F$
 Изображение: **действительное** ($f > 0$), **перевернутое**, **уменьшенное** ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$)
 Размер изображения равен размеру предмета ($d = f, \Gamma = 1$)

6.4. $d \in (F; 2F)$
 $f \in (2F; \infty)$
 Изображение: **действительное** ($f > 0$), **перевернутое**, **увеличенное** ($|d| < |f| \Rightarrow \Gamma > 1$)
 (кино, диафильм)

6.5. $d = F$; $f \rightarrow \infty$ — лучи от источника, лежащего в фокальной плоскости, преломившись, идут параллельно.

6.6. $d \in (0; F)$
 $f \in (-\infty; 0)$
 Изображение: **мнимое** ($f < 0$), **прямое**, **увеличенное** ($|d| < |f| \Rightarrow \Gamma > 1$)
 (лупа)

6.7. Рассеивающая линза:
 Изображение: **мнимое** ($f < 0$), **прямое**, **уменьшенное** ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$)

Для собирающей линзы:
 график зависимости f от d с кривыми для действительных и мнимых изображений.

7. Интерференция

— наложение волн, при котором эти волны в одних точках усиливают друг друга, а в других — ослабляют друг друга, так, что интенсивность результирующей волны не равна сумме интенсивностей складывающихся волн ($I \neq I_1 + I_2$) **Наблюдать интерференцию можно только при наложении когерентных волн.**

Когерентными называются волны, разность фаз ($\varphi_2 - \varphi_1$) которых в точке наложения не меняется с течением времени.

Фаза гармонической (мономатической) волны: $\varphi = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda_{\text{вак}}} r_{\text{опт}} + \varphi_0$. Для когерентных волн: $\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda_{\text{вак}}} \Delta_{\text{опт}}$ **оптическая разность хода волн от источника до точки наложения**

Чтобы волны были когерентны, необходимо: $\omega_1 = \omega_2$ **если $\varphi_{02} = \varphi_{01}$**
 $r_{\text{опт}1} = r_{\text{опт}2}$ **оптическая длина пути волны от источника до точки наложения волн: $r_{\text{опт}} = r_1 n_1 + r_2 n_2 + \dots$**
Длина накладываются световых волн в вакууме

Разность хода этих волн: $\Delta = r_1 - r_2 = d \cdot x / L$ **Ширина интерференционной полосы: $h = \lambda \cdot L / d$ (расстояние между соседними максимумами)**
Условие максимума: $\Delta_{\text{опт}} = m \cdot \lambda_{\text{вак}}$
Условие минимума: $\Delta_{\text{опт}} = \frac{\lambda_{\text{вак}}}{2} \cdot (2m - 1)$
 $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ **если $\varphi_{02} = \varphi_{01}$**
номер (порядок) интерференционного максимума
номер (порядок) интерференционного минимума

8. Дифракция

— отклонение от прямолинейного распространения волн при огибании препятствия (прохождении отверстий). В результате дифракции света возникает картина чередования светлых и темных полос, причем свет может попасть в зону геометрической тени. **Дифракционная решетка** — пластинка с чередующимися прозрачными и непрозрачными полосками ($\sim 10^2$ на 1 мм)

лазер \rightarrow $\alpha_2, \alpha_1, \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$
максимумы первого порядка ($k = 1$)
центральный максимум ($k = 0$)
максимумы второго порядка ($k = 2$)

$d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$
период решетки
 $d = (10^{-3} / N)$ м
число штрихов на 1 мм