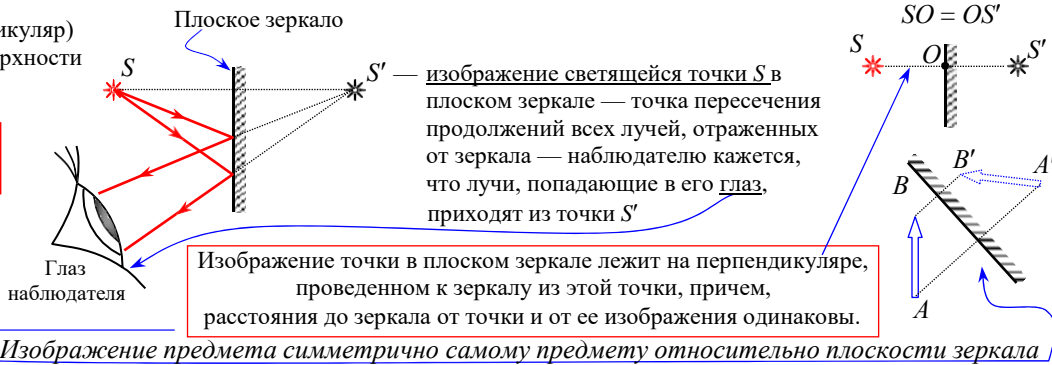
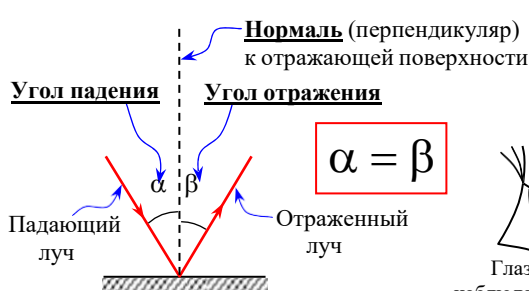


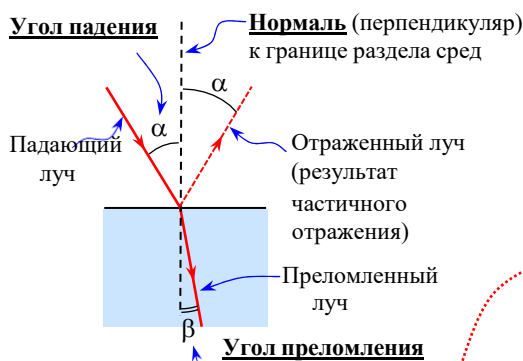
I. Оптика

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.**

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

Относительный показатель преломления
(показатель преломления второй среды относительно первой)

Отношение скорости света в первой среде к скорости света во второй

абсолютный показатель преломления второй среды

абсолютный показатель преломления первой среды

Абсолютный показатель преломления – показатель преломления среды относительно вакуума:

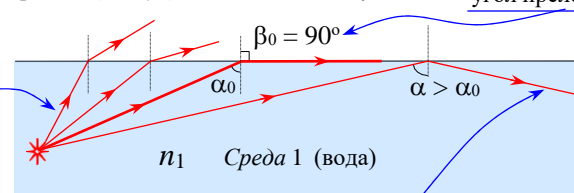
$$n_{\text{среды}} = \frac{c}{v_{\text{света в среде}}}$$

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

$n_2 > n_1$; $\alpha > \beta$	$n_2 < n_1$; $\alpha < \beta$
При переходе луча в оптически более плотную среду ($n_2 > n_1$) луч приближается к нормали	При переходе луча в оптически менее плотную среду ($n_2 < n_1$) луч отдаляется от нормали

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) $n_2 < n_1 \Rightarrow \alpha < \beta$



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

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

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

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

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:
 $1 \text{ дптр} = 1/\text{м} = 1 \text{ м}^{-1}$

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

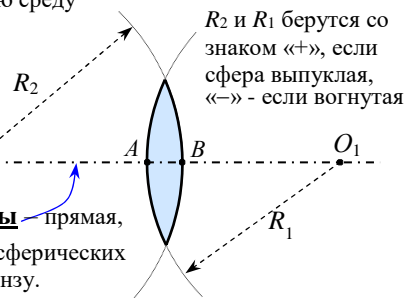
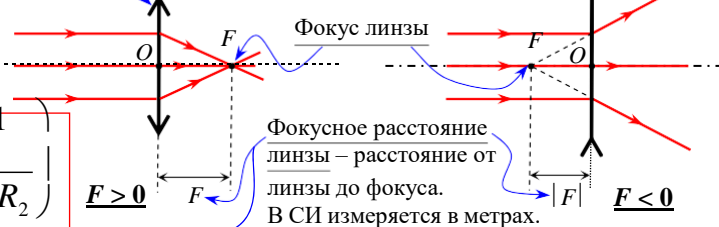
$F > 0$

$F < 0$

Главная оптическая ось линзы — прямая, проходящая через центры O_1 и O_2 сферических поверхностей, ограничивающих линзу.

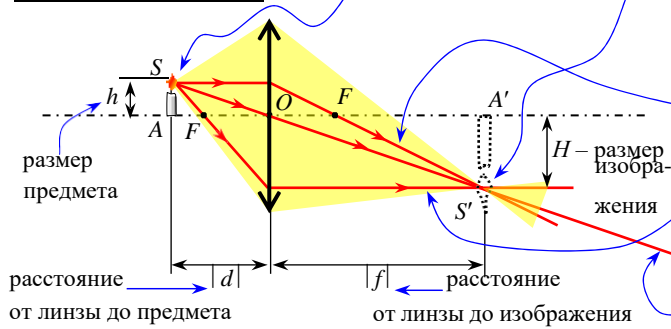
Обозначение тонкой собирающей линзы

Обозначение тонкой рассеивающей линзы



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 показателе 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

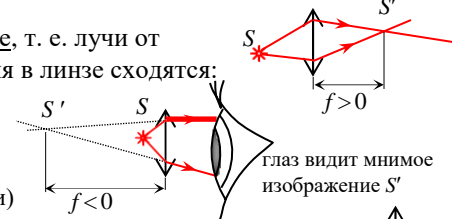
формуле тонкой линзы: **Перед фокусным расстоянием $|F|$:** «+» — если линза **собирающая**, «-» — если линза **рассеивающая**.

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

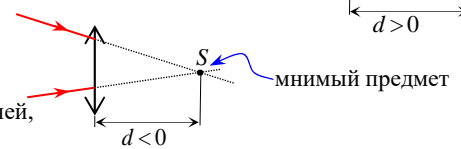
его нельзя получить на экране, как действительное изображение

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. $d = 2F$; $f = 2F$

Размер изображения равен размеру предмета ($d = f$, $\Gamma = 1$)

6.4. $d \in (F; 2F)$

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.

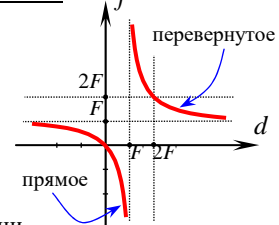
6.6. $d \in (0; F)$

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:



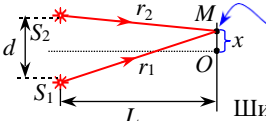
7. Интерференция

— 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 ($\phi_2 - \phi_1$) которых в точке наложения не меняется с течением времени.

Фаза гармонической (мономатической) волны: $\phi = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda_{\text{вак}}} r_{\text{опт}} + \phi_0$. Для когерентных волн:

Чтобы волны были когерентны, необходимо: $\omega_1 = \omega_2$



точка наложения волн от источников S_1 и S_2
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)

$r_{\text{опт}}$ — оптическая длина
пути волны от источника до точки наложения волн: $r_{\text{опт}} = r_1 n_1 + r_2 n_2 + \dots$

оптическая разность хода волн от источника до точки наложения
 $\Delta_{\text{опт}} = r_{1\text{опт}} - r_{2\text{опт}}$

Длина накладываются световых волн в вакууме

Условие максимума:

$$\Delta_{\text{опт}} = m \cdot \lambda_{\text{вак}}$$

$m = 0, 1, 2, 3, \dots$ если $\phi_{02} = \phi_{01}$

Условие минимума:

$$\Delta_{\text{опт}} = \frac{\lambda_{\text{вак}}}{2} \cdot (2m - 1)$$

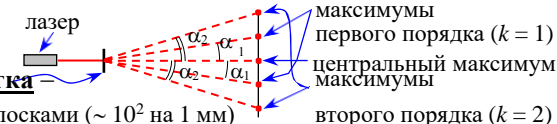
Номер (порядок) интерференционного минимума

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)



$$d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

период решетки

$$d = (10^{-3} / N) \text{ м}$$

число штрихов на 1 мм