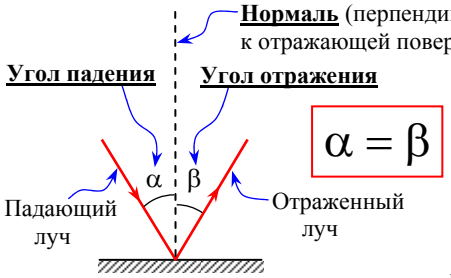
http://vk.com/ege100ballov

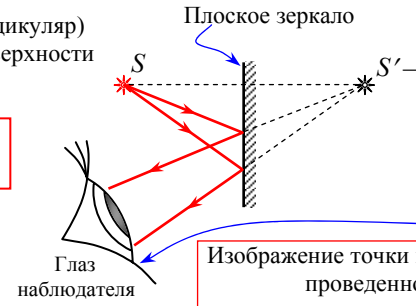
X. Оптика

1. Закон отражения

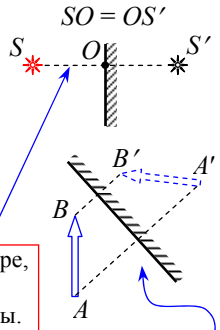
Луч падающий и луч отраженный лежат в одной плоскости с нормалью, проведенной к отражающей поверхности в точке падения луча. При этом **угол падения равен углу отражения**.



$$\alpha = \beta$$



S' — изображение светящейся точки S в плоском зеркале — точка пересечения продолжений всех лучей, отраженных от зеркала — наблюдателю кажется, что лучи, попадающие в его глаз, приходят из точки S'

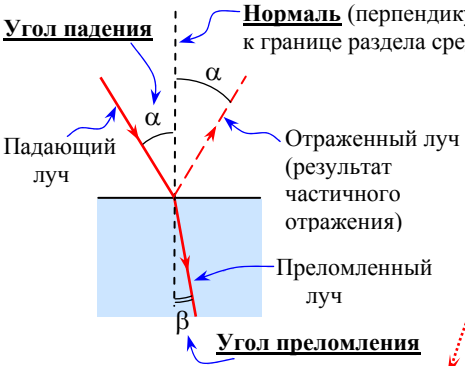


Изображение точки в плоском зеркале лежит на перпендикуляре, проведенном к зеркалу из этой точки, причем, расстояния до зеркала от точки и от ее изображения одинаковы.

Изображение предмета симметрично самому предмету относительно плоскости зеркала

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**. $\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\right)$

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

n_{21} — **относительный показатель преломления** (показатель преломления второй среды относительно первой)

$\frac{v_{\text{света 1}}}{v_{\text{света 2}}}$ — отношение скорости света в первой среде к скорости света во второй

n_2 — абсолютный показатель преломления второй среды

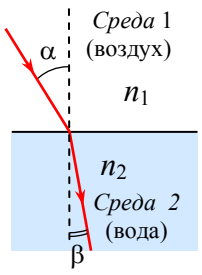
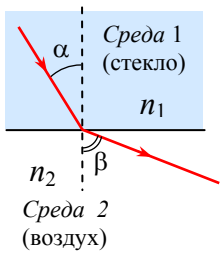
n_1 — абсолютный показатель преломления первой среды

Абсолютный показатель преломления – показатель преломления среды относительно вакуума:

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

Скорость света в вакууме $c \approx 3\cdot10^8$ м/с

$v_{\text{света в воздухе}} \approx c$, т. е. $n_{\text{воздуха}} \approx 1$

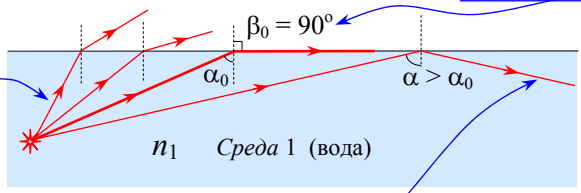
$n_2 > n_1$; $\alpha > \beta$	$n_2 < n_1$; $\alpha < \beta$
	
При переходе луча в оптически более плотную среду ($n_2 > n_1$) луч приближается к нормали	При переходе луча в оптически менее плотную среду ($n_2 < n_1$) луч отдаляется от нормали

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: $\alpha \geq \alpha_0$

α_0 – **угол полного внутреннего отражения**

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

при угле падения $\alpha = \alpha_0$ угол преломления $\beta_0 = 90^\circ \Rightarrow \sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$



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

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

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

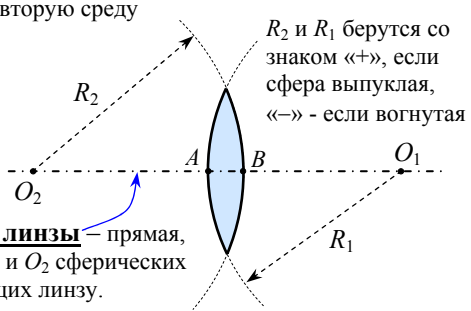
$$n_1\cdot\sin\alpha_1 = n_2\cdot\sin\alpha_2 = \ldots = \text{const}$$

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.



R_2 и R_1 берутся со знаком «+», если сфера выпуклая, «–» - если вогнутая

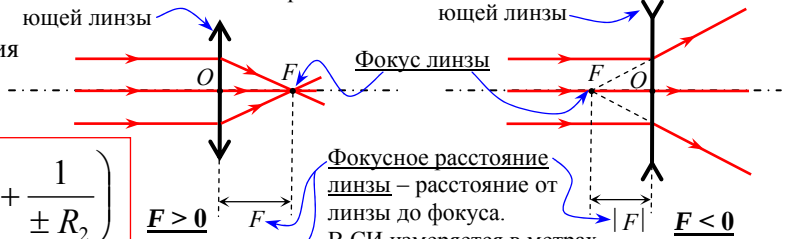
Главная оптическая ось линзы – прямая, проходящая через центры O_1 и O_2 сферических поверхностей, ограничивающих линзу.

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.

Обозначение тонкой собирающей линзы

Обозначение тонкой рассеивающей линзы



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).

F > 0 **F < 0**

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

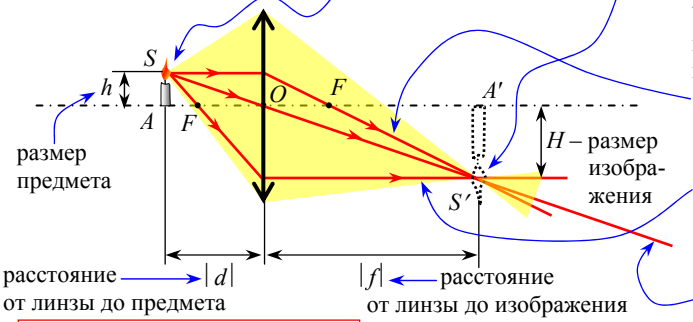
Оптическая сила линзы измеряется в диоптриях: 1 дптр = 1/м = 1м$^{-1}$

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

http://vk.com/ege100ballov

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.

Формула тонкой линзы

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

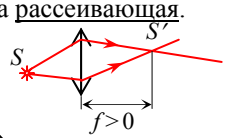
$$\Gamma=\frac{H}{h}=\frac{|f|}{|d|}$$

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

Расстановка знаков в формуле тонкой линзы:

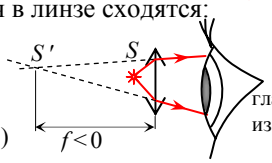
Перед фокусным расстоянием $|F|$: «+» — если линза собирающая, «–» — если линза рассеивающая.

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

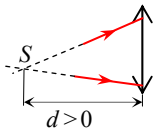


«–» — если изображение мнимое, т. е. лучи от точечного источника после преломления в линзе расходятся. В этом случае изображением считается точка пересечения продолжений преломленных лучей S' (именно в этой точке видится источник света глазу, в который попадают преломленные лучи)

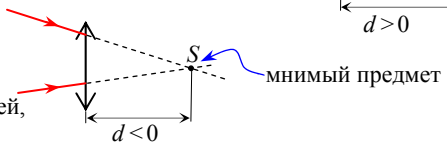
его нельзя получить на экране, как действительное изображение



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

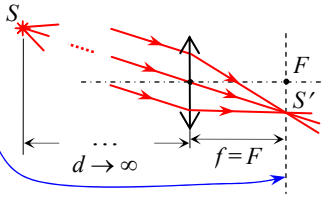


«–» — если предмет мнимый, т. е. лучи от точечного источника падают на линзу сходящимся конусом (это возможно, например, если лучи предварительно прошли через собирающую линзу). В этом случае предметом считается точка пересечения продолжений лучей, упавших на линзу.

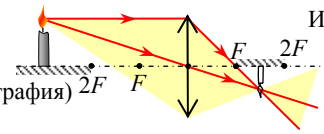


6. Возможные случаи расположения предмета:

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

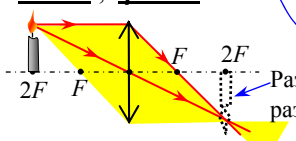


6.2. $d \in (2F; \infty)$, $f \in (F; 2F)$ (фотография)



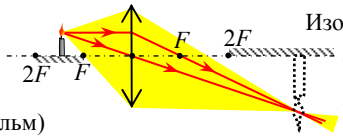
Изображение: действительное ($f > 0$), перевернутое, уменьшенное ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$)

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



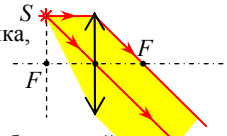
Размер изображение равен размеру предмета ($d = f$, $\Gamma = 1$)

6.4. $d \in (F; 2F)$, $f \in (2F; \infty)$ (кино, диафильм)

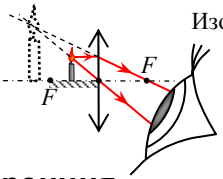


Изображение: действительное ($f > 0$), перевернутое, увеличенное ($|d| < |f| \Rightarrow \Gamma > 1$)

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

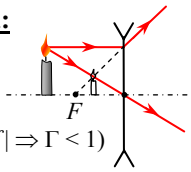


6.6. $d \in (0; F)$, $f \in (-\infty; 0)$ (лупа)



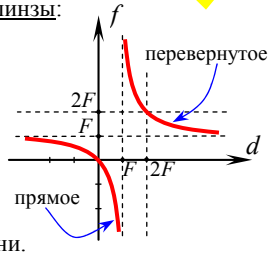
Изображение: мнимое ($f < 0$), прямое, увеличенное ($|d| < |f| \Rightarrow \Gamma > 1$)

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 ($\varphi_2 - \varphi_1$) которых в точке наложения не меняется с течением времени.

Фаза гармонической (монохроматической) волны: $\varphi = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda_{вак}} r_{опт} + \varphi_0$. Для когерентных волн: $\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda_{вак}} \Delta_{опт}$ если $\varphi_{02} = \varphi_{01}$

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

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

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

Длина накладывающихся световых волн в вакууме



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)

Условие максимума: $\Delta_{опт} = m \cdot \lambda_{вак}$ если $\varphi_{02} = \varphi_{01}$

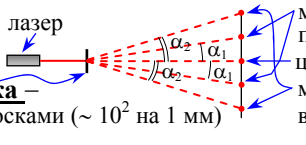
$m = 0, 1, 2, 3, \ldots$ номер (порядок) интерференционного максимума

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

$m = 1, 2, 3, \ldots$ номер (порядок) интерференционного минимума

8. Дифракция

— отклонение от прямолинейного распространения волн при огибании препятствий (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 (~ 10^2 на 1 мм)



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

N число штрихов на 1 мм