

Оптика

Оптика – раздел физики, в котором изучаются закономерности световых явлений, природа света и его взаимодействие с веществом.

Основные понятия:

Свет – это излучение, воспринимаемое человеческим глазом.

Световой луч – это линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

Источник света – это тело, которое излучает свет. Источники света делятся на: тепловые – сильно нагретые тела, которые излучают свет и люминесцентные, т.е. холодные.

Точечный источник света – светящееся тело, размеры которого малы по сравнению с расстоянием до освещаемого предмета.

Закон независимости световых лучей: при пересечении световых лучей каждый из них продолжает распространяться в прежнем направлении.

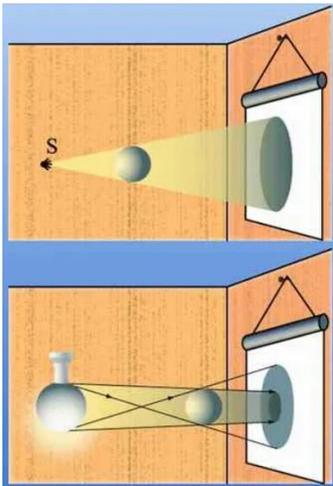
Скорость света в вакууме есть величина постоянная $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Свет от удаленного источника падает на поверхность параллельным пучком лучей (например, лучи солнечных лучей, падающие на поверхность Земли).

Прямолинейное распространение света

Закон распространения света: в однородной прозрачной среде свет распространяется прямолинейно.

С прямолинейностью распространения света связано образование тени и полутени.



Тень – это область пространства, куда не попадает свет от источника. Тень образуется, если источник света точечный. В этом случае на экране образуется четкая тень предмета.

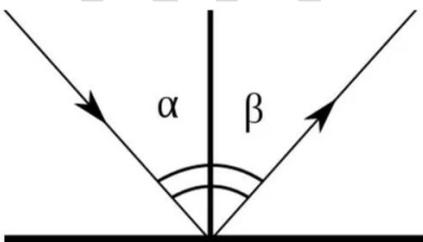
Полутень – это область пространства, куда частично попадает свет от источника. Полутень образуется, если источник неточечный. В этом случае на экране образуется размытая тень (области тени и полутени).

Важно! При решении задач на прямолинейность распространения света и образование тени полезно помнить о подобии треугольников.

Образованием тени при падении света на непрозрачный предмет объясняются такие явления, как солнечное и лунное затмения.

Закон отражения света

Отражение – явление, при котором происходит изменение направления световой волны при падении ее на границу раздела двух сред, в результате чего волна продолжает распространяться в первой среде.



Угол падения (α) – это угол между падающим лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности.

Угол отражения (β) – это угол между отраженным лучом и перпендикуляром к отражающей поверхности.

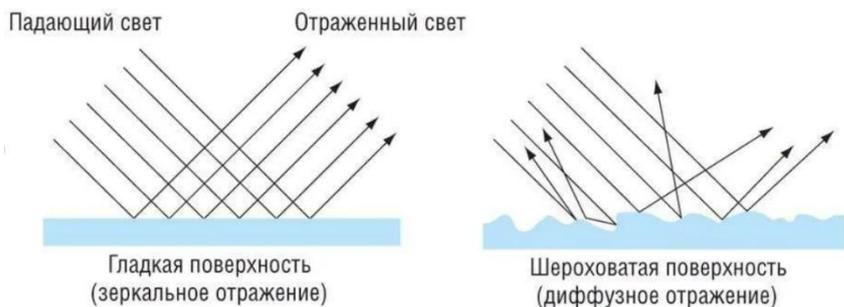
Важно! В оптике все углы отсчитываются от перпендикуляра к отражающей поверхности или к границе раздела сред.

Законы отражения света

1. Лучи падающий и отраженный лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным в точку падения луча к отражающей поверхности.
2. Угол падения равен углу отражения.

Важно! Если луч падает перпендикулярно отражающей поверхности, то угол падения равен нулю, и угол отражения тоже равен нулю. Поэтому луч отражается в обратном направлении.

Виды отражения



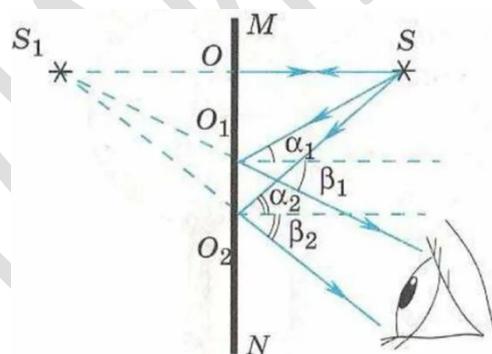
При *зеркальном* отражении лучи, падающие на поверхность параллельным пучком, после отражения остаются параллельны.

При *рассеянном (диффузном)* отражении лучи, падающие на поверхность параллельным пучком, после отражения отклоняются в различных направлениях.

Построение изображений в плоском зеркале

Изображения в плоском зеркале строятся на основании на законов отражения света. Чтобы построить изображение светящейся точки нужно:

1. Провести из светящейся точки на поверхность два луча под произвольными углами. В точках падения лучей на границу раздела сред провести перпендикуляр.
2. Отметить углы падения, построить равные им углы отражения.
3. Пунктирной линией провести продолжения отраженных лучей.
4. Отметить точку пересечения продолжений отраженных лучей - эта точка является изображением данной точки в плоском зеркале.



Если необходимо построить изображение отрезка или другой фигуры, то нужно аналогичным образом построить изображения всех оставшихся точек

Важно! Получившееся изображение в плоском зеркале мнимое, прямое, по размерам равное предмету, находящееся за зеркалом на таком же расстоянии, на каком предмет находится перед зеркалом.

Изображение в зеркале будет действительным, если на поверхность плоского зеркала падает сходящийся пучок лучей.

Если поверхность двух плоских зеркал образует угол α, то количество изображений в такой системе зеркал можно определить по формуле

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1.$$

Закон преломления света

Преломление света – это изменение направления распространения светового луча на границе раздела двух сред.

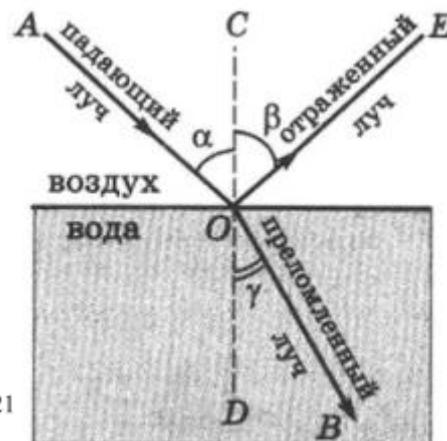
Угол преломления (γ)– это угол между преломленным лучом и перпендикуляром к границе раздела двух сред.

Законы преломления света:

1. Лучи падающий и преломленный лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным в точку падения луча к преломляющей поверхности.

2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, где n₂₁ – относительный показатель преломления.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$$



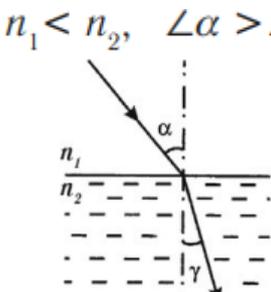
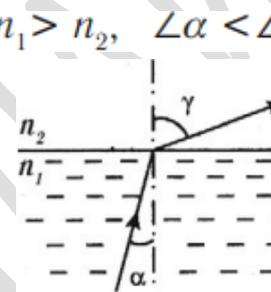
Каждую среду, в которой распространяется свет, характеризует **абсолютный показатель преломления** (или просто – показатель преломления). Он показывает, во сколько раз скорость света в вакууме больше, чем в данной среде $n = \frac{c}{v}$,

Среда, у которой абсолютный показатель преломления больше, является **оптически более плотной** средой. Чем больше оптическая плотность среды, тем меньше скорость света в ней. Среда, у которой абсолютный показатель преломления меньше, является **оптически менее плотной** средой. Чем меньше оптическая плотность среды, тем больше скорость света в ней.

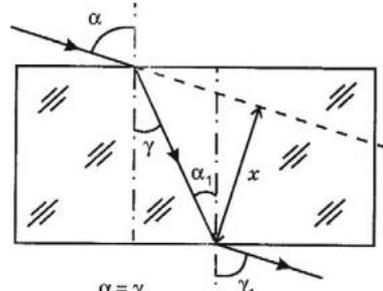
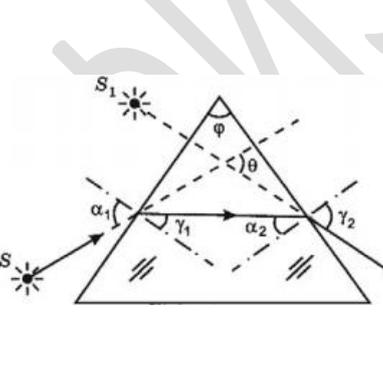
Относительный показатель преломления равен отношению показателя преломления второй среды к показателю преломления первой среды $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$.

Относительный показатель преломления показывает, во сколько раз скорость распространения света в первой среде больше, чем во второй.

Важно! При выполнении построений на преломление света, полезно пользоваться правилом: чем больше абсолютный показатель преломления, тем ближе луч к перпендикуляру.

 <p>$n_1 < n_2, \angle \alpha > \angle \gamma.$</p>	 <p>$n_1 > n_2, \angle \alpha < \angle \gamma.$</p>
<p>Свет падает из оптически менее плотной среды в оптически более плотную</p>	<p>Свет падает из оптически более плотной среды в оптически менее плотную</p>

Ход лучей в плоскопараллельной пластине и треугольной призме

 <p>$\alpha = \gamma_1$</p>	<p>Если луч падает на плоско параллельную пластину, изготовленную из оптически более плотного вещества, чем окружающая среда, то луч не изменяет своего направления, а лишь смещается на некоторое расстояние. Смещение луча x при прохождении пластины толщиной d</p> $x = \frac{d \sin(\alpha - \gamma)}{\cos \gamma}$
	<p>Если призма изготовлена из оптически более плотного вещества, чем окружающая среда, то луч, дважды преломляясь, отклоняется к основанию призмы, а мнимое изображение источника света смещается к вершине призмы.</p> <p><i>Преломляющий угол призмы (φ)</i> – это угол, лежащий против основания.</p> <p><i>Угол отклонения луча призмой (θ)</i> – это угол между направлениями падающего на призму и вышедшего из призмы лучей.</p> $\Theta = \alpha_1 + \gamma_2 - \varphi.$

Важно! В условиях некоторых задач говорится, что «кажется, что луч падает под углом φ_1 к поверхности воды». Имеется в виду не кажущийся угол падения α_1 , а угол между кажущимся падающим лучом и поверхностью воды φ_1 .

Полное внутреннее отражение

Если свет падает из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду (из среды с большим показателем преломления в среду с меньшим показателем преломления), то с увеличением угла падения увеличивается угол преломления. При некотором значении угла падения угол преломления становится равным 90° . Преломленный луч будет распространяться вдоль поверхности раздела двух сред. При дальнейшем увеличении угла падения угол преломления тоже увеличивается и наблюдается только отражение света. Это явление называется *полным отражением света*.

Предельный угол полного отражения (α_0) - это угол падения, при котором угол преломления становится равным 90°

Воздух



Из закона преломления следует

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

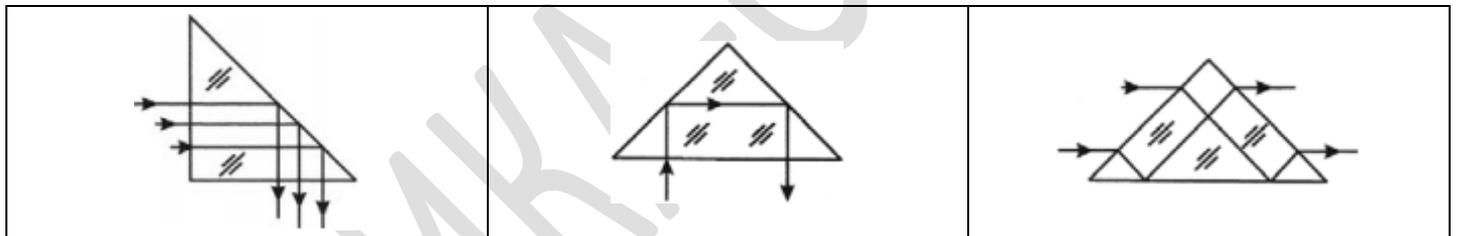
Синус предельного угла полного внутреннего отражения

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

В частности, если луч переходит из среды с показателем преломления $n_1 = n$ в воздух ($n_2 = 1$), то синус предельного угла полного внутреннего отношения равен

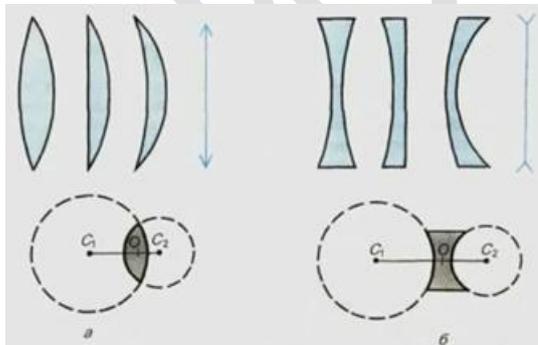
$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

Явление полного внутреннего отражения используется для изменения направления хода световых лучей с помощью треугольной равнобедренной призмы с преломляющим углом 90°



Линзы

Линза – это прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими или криволинейными поверхностями, одна из которых может быть плоской.

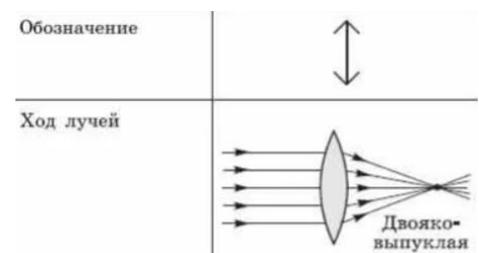


На рис. а) показаны **выпуклые линзы** - это линзы, у которых средняя часть толще, чем края.

На рис. б) показаны **вогнутые линзы** - это линзы, у которых края толще, чем средняя часть.

Тонкая линза – физическая модель линзы, в которой ее толщиной можно пренебречь по сравнению с диаметром линзы.

Выпуклые линзы являются **собирающими** - параллельный пучок света после прохождения через такие линзы собирается в одной точке



Вогнутые линзы являются **рассеивающими** - параллельный пучок света после прохождения через такие линзы рассеивается (расходится).

Основные элементы и характеристики линз:

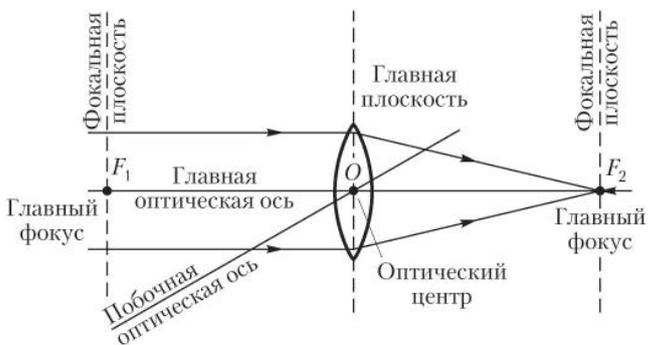
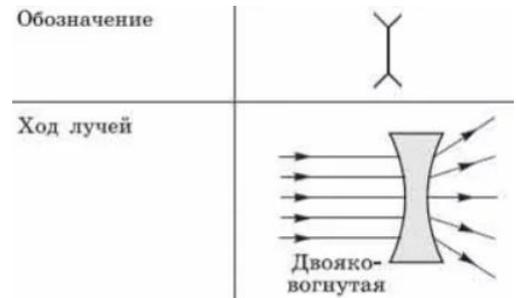
Главная оптическая ось – это прямая, проходящая через центры сферических поверхностей линзы.

Оптический центр линзы – это точка на главной оптической оси линзы, проходя через которую лучи не меняют направления своего распространения.

Побочная оптическая ось – это любая прямая, проходящая через оптический центр линзы под произвольным углом к главной оптической оси.

Фокус линзы – это точка, через которую проходят после преломления все лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси.

Фокусное расстояние – это расстояние от оптического центра линзы до ее фокуса. Обозначение – F , единица измерения – м.

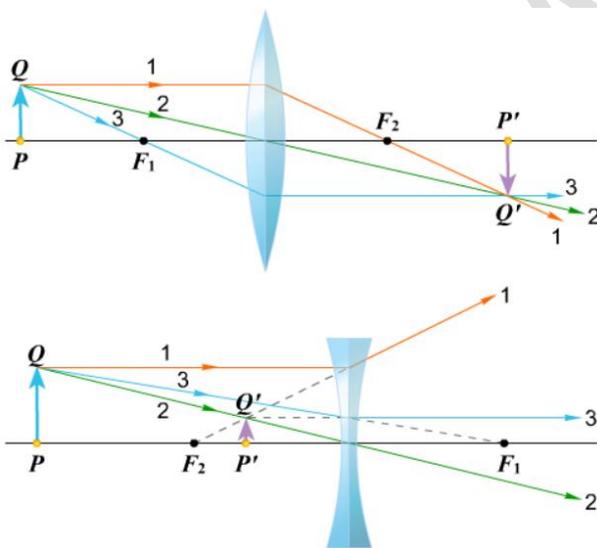


Фокальная плоскость – это плоскость, проходящая через фокус линзы перпендикулярно ее главной оптической оси.

Побочный фокус – это точка пересечения побочной оптической оси с фокальной плоскостью.

Оптическая сила линзы – это величина, обратная фокусному расстоянию. Обозначение $D = \frac{1}{F}$. – D , единица измерения – диоптрия (дптр).

Ход лучей в линзах



- луч, проходящий через оптический центр линзы, не преломляется (на рисунках луч 2, выделенный зеленым цветом);
- луч, падающий на собирающую линзу параллельно главной оптической оси, после преломления пройдет через фокус линзы (на верхнем рисунке луч №1);
- луч, падающий на рассеивающую линзу параллельно главной оптической оси, преломится так, что его мнимое продолжение пройдет через фокус линзы, а сам луч – противоположно мнимому продолжению (на втором рисунке луч №1);
- луч, падающий на собирающую линзу через фокус, после преломления пройдет параллельно главной оптической оси линзы (на первом рис. луч № 3);
- луч, падающий на рассеивающую линзу, мнимое продолжение которого проходит через дальний фокус, после преломления пройдет параллельно главной оптической оси линзы (на втором рис. луч № 3);
- произвольный луч после преломления в собирающей линзе пойдет через побочный фокус - точку фокальной плоскости, в которой ее пересечет параллельная произвольному лучу побочная оптическая ось (рис. 1 ниже);
- произвольный луч, падающий на рассеивающую линзу, преломится так, что его мнимое продолжение пройдет через точку, в которой пересечет фокальную плоскость линзы побочная оптическая ось, параллельная произвольному лучу (см. рис 2 ниже).

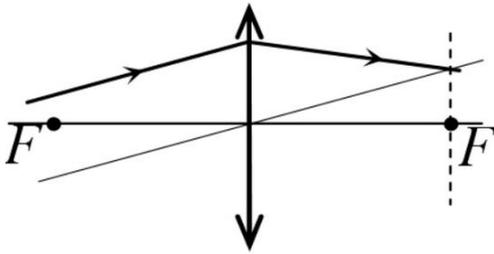


Рис. 1

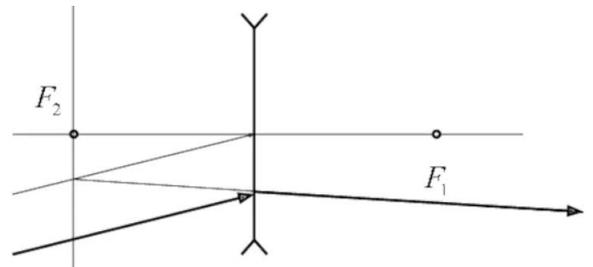


Рис. 2

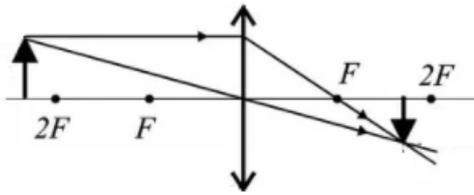
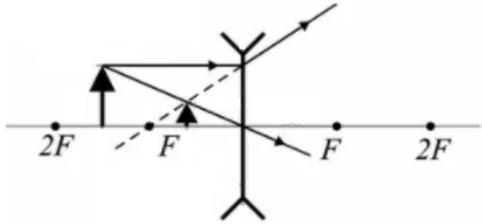
Построение изображений в линзах

При построении изображений в линзах используются лучи, о которых говорилось выше. Изображение, даваемое тонкой линзой, может быть действительным или мнимым.

Действительное изображение получается в результате пересечения преломленных в линзе лучей, исходящих из данной точки.

Мнимое изображение получается в результате пересечения продолжений преломленных в линзе лучей, исходящих из данной точки.

Предмет находится между линзой и фокусом (собирающая линза)	
Изображение - мнимое, прямое, увеличенное, по ту же сторону от линзы	
Особый случай - предмет находится в фокусе линзы (собирающая линза)	
Изображения нет, т.к. ни лучи, ни их продолжения не пересекаются (параллельны друг другу)	
Предмет находится на расстоянии больше, чем фокусное, но меньше, чем двойное фокусное (собирающая линза)	
Изображение - действительное, перевернутое, увеличенное, по другую сторону от линзы.	
Особый случай - предмет находится в двойном фокусе линзы (собирающая линза)	
Изображение - действительное, перевернутое, равное по размерам предмету, в двойном фокусе по другую сторону от линзы.	

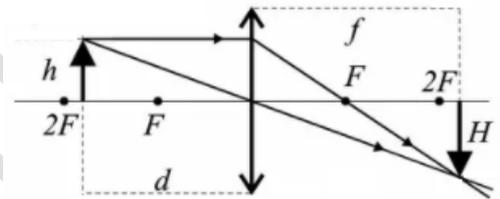
Предмет находится на расстоянии больше, чем двойное фокусное (собирающая линза)	
Изображение - действительное, перевернутое, уменьшенное, по другую сторону от линзы.	
Построение изображений в рассеивающей линзе	
Изображение предмета в рассеивающей линзе всегда - мнимое, прямое, уменьшенное, по ту же сторону от линзы.	

Формула тонкой линзы

Характеристики линзы, предмета и его изображения:

1. Расстояние от предмета до линзы – d .
2. Расстояние от изображения до линзы – f .
3. Фокусное расстояние линзы – F .
4. Линейный размер изображения – H .
5. Линейный размер предмета - h .

Уравнение $\pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F}$ называется **формулой тонкой линзы**.



Правила выбора знаков в формуле тонкой линзы

$F > 0$, если линза собирающая; $F < 0$, если линза рассеивающая;

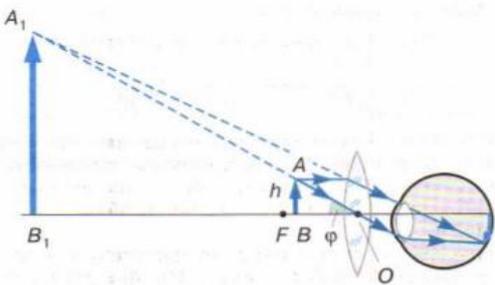
$d > 0$, если предмет действительный; $d < 0$, если предмет мнимый (если на линзу падает сходящийся пучок лучей);

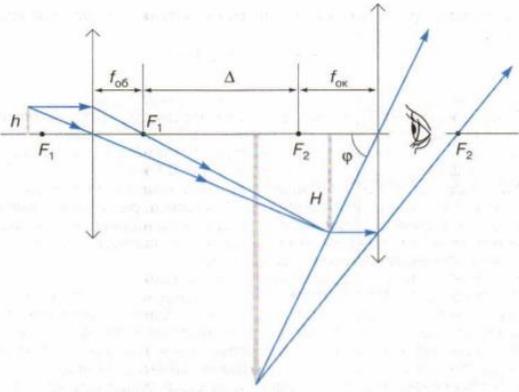
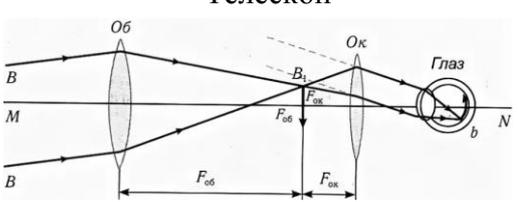
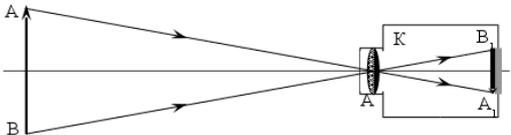
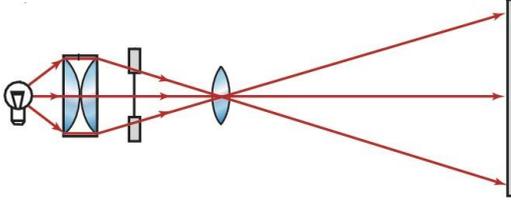
$f > 0$, если изображение действительное; $f < 0$, если изображение мнимое.

Увеличение линзы – величина, равная отношению линейных размеров изображения к линейным размерам предмета. Обозначение – Γ , единиц измерения – нет

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

Оптические приборы. Глаз как оптическая система

Оптическая схема прибора	Принцип действия
<p style="text-align: center;">Лупа</p> 	<p><i>Лупа</i> – это короткофокусная двояковыпуклая линза, предназначенная для относительно небольшого увеличения изображения. Чем меньше фокусное расстояние, тем большее увеличение оно дает. Лупу располагают таким образом, чтобы глаз почти вплотную к лупе, а изображение находилось на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см, а предмет около фокуса. Увеличение лупы</p> $\Gamma \approx \frac{d_0}{F}$ <p>Получаемое изображение - мнимое, увеличенное, прямое.</p>

<p style="text-align: center;">Микроскоп</p> 	<p><i>Микроскоп</i> – это оптический прибор, предназначенный для рассматривания очень мелких предметов под большим углом зрения. Микроскоп состоит из двух короткофокусных собирающих линз – объектива и окуляра, расстояние между которыми может изменяться. Фокусное расстояние объектива ($f_{об} = F_1$) много меньше расстояния Δ между задним фокусом объектива и передним фокусом окуляра ($f_{ок} = F_2$). Поэтому объектив дает увеличенное изображение предмета. Увеличение микроскопа</p> $\Gamma = \Gamma_1 \Gamma_2 = \frac{d_0 \Delta}{f_{об} f_{ок}}$ <p>Получаемое изображение - мнимое, увеличенное, перевёрнутое.</p>
<p style="text-align: center;">Телескоп</p> 	<p>Телескоп – астрономический инструмент для наблюдения удаленных объектов путем сбора электромагнитного излучения. Любой оптический телескоп состоит из окуляра и объектива. Оптическую систему телескопа для получения максимального углового увеличения строят таким образом, чтобы задний фокус объектива совпадал с передним фокусом окуляра. Увеличение телескопа</p> $\Gamma = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$ <p>Получаемое изображение - мнимое, перевёрнутое; увеличивается освещённость.</p>
<p style="text-align: center;">Фотоаппарат</p> 	<p>Фотоаппарат (фотографический аппарат) – устройство для получения и фиксации неподвижных изображений материальных объектов при помощи электромагнитного излучения.</p> <p>Основными части фотоаппарата: непрозрачная камера и система линз - объектив. Простейший объектив – одна собирающая линза. Объектив создаёт вблизи задней стенки камеры действительное перевёрнутое изображение предмета. В большинстве случаев предмет находится на расстоянии, большем двойного фокусного, поэтому изображение - уменьшенное. В том месте, где получается изображение, помещается фотоплёнка, покрытая слоем фотоэмульсии. Фотографируемые предметы могут находиться на разных расстояниях от аппарата, следовательно, расстояние между объективом и плёнкой нужно менять, это осуществляется обычно перемещением объектива.</p>
<p style="text-align: center;">Проектор</p> 	<p>Проектор – оптический прибор, предназначенный для создания действительного изображения плоского предмета небольшого размера на большом экране.</p> <p>С помощью проекционных аппаратов на экране получают изображение рисунков, чертежей, фотографий и т. п. Объектив проектора фокусирует изображение плоского предмета (диапозитив D) на удаленном экране. Система линз, называемая конденсором, предназначена для того, чтобы сконцентрировать свет источника на диапозитиве. На экране создается действительное увеличенное перевёрнутое изображение. Увеличение проекционного аппарата можно менять, приближая или удаляя экран с одновременным изменением расстояния между диапозитивом и объективом.</p>

Человеческий глаз – оптическая система, подобная фотоаппарату.

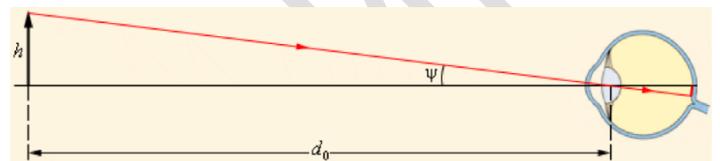
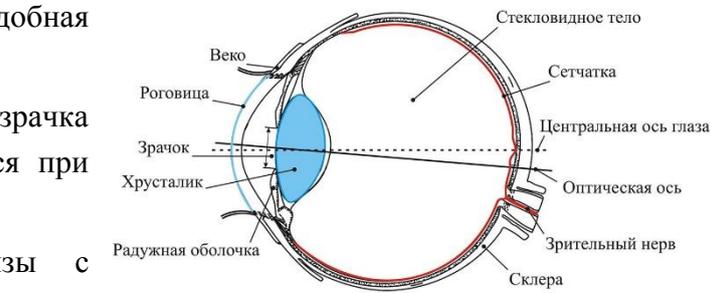
Зрачок регулирует доступ света в глаз. Диаметр зрачка уменьшается при ярком освещении и увеличивается при слабом.

Хрусталик имеет форму двояковыпуклой линзы с показателем преломления 1,41. Он может изменять свою форму, в результате чего меняется его фокусное расстояние. При рассмотрении близких предметов хрусталик становится более выпуклым, при рассмотрении удаленных предметов – более плоским.

На *сетчатке* глаза образуется *действительное, уменьшенное, перевернутое изображение* предмета. Благодаря большому количеству нервных окончаний, находящихся на сетчатке, их раздражение передается в мозг и вызывает зрительные ощущения.

Зрение двумя глазами позволяет видеть предмет с разных сторон, т. е. осуществлять объемное зрение.

Угол зрения (ψ) – это угол, образованный лучами, идущими от краев предмета в оптический центр глаза.



Аккомодация глаза – это свойство глаза, обеспечивающее четкое восприятие равноудаленных предметов путем изменения фокусного расстояния оптической системы. Предел аккомодации – от ∞ до 10 см.

Расстояние наилучшего зрения – это наименьшее расстояние, с которого глаз может без особого напряжения рассматривать предметы $d_0 = 25$ см.

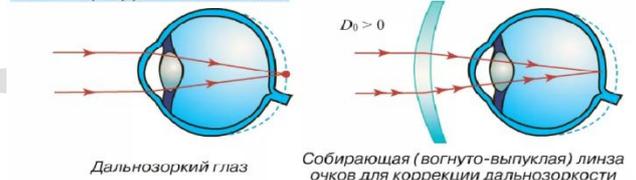
Дефекты зрения

Близорукость – это дефект оптической системы глаза, при котором ее фокус находится перед сетчаткой. Близорукий глаз плохо видит отдаленные предметы.

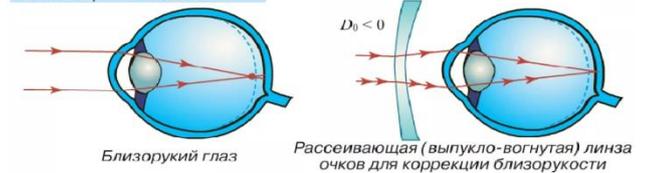
Дальнозоркость – это дефект оптической системы глаза, при котором ее фокус находится за сетчаткой. Дальнозоркий глаз плохо видит близкие предметы.

Очки – это простейший прибор для коррекции оптических недостатков зрения.

КОРРЕКЦИЯ ДАЛЬНОЗОРКОСТИ



КОРРЕКЦИЯ БЛИЗОРКОСТИ



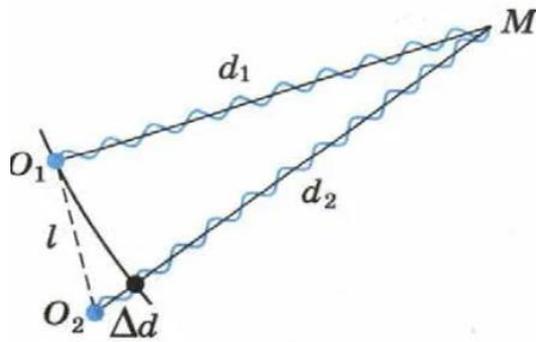
Интерференция света

Интерференция света – это явление перераспределения энергии в пространстве, происходящее в результате сложения когерентных волн, вследствие чего в одних местах возникают максимумы, а в других минимумы. Интерференционная картина представляет собой чередование светлых или цветных полос (максимумы интерференции) и темных полос (минимумы интерференции).

Когерентные волны – это волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз. Когерентные волны можно получить от одного источника в результате отражения, преломления или дифракции. Два независимых источника света не могут быть когерентными, поэтому в опытах с интерференцией света световые пучки от одного источника разделяют на два пучка, заставляют их проходить разные расстояния, а потом соединяют.

Геометрическая разность хода волн – это разность путей волн (d_1 и d_2) от двух когерентных источников до точки пространства, в которой наблюдается интерференция.

Обозначение – Δd , единица измерения в СИ – м.



Условие максимума интерференции

Если геометрическая разность хода содержит целое число длин волн или четное число длин полуволн, то в месте их наложения друг на друга наблюдается усиление света – максимум

$$\Delta d = k\lambda \text{ или } \Delta d = 2k \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ - порядок интерференционного максимума.

Условие минимума интерференции

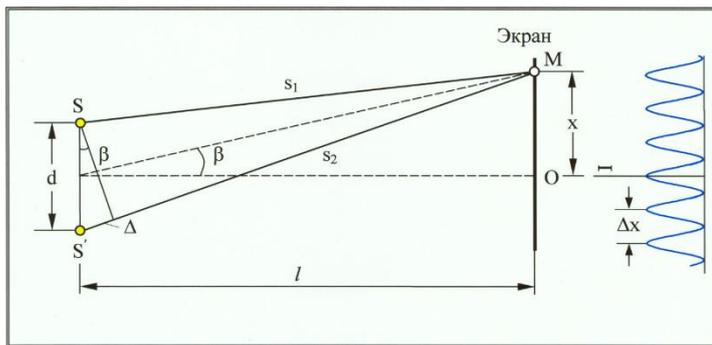
Если геометрическая разность хода содержит нечетное число длин полуволн, то в месте их наложения друг на друга наблюдается ослабление света – минимум

$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ - порядок интерференционного минимума.

Если свет распространяется в прозрачной среде с показателем преломления n , то применяют понятие оптической разности хода. **Оптическая разность хода** – это величина, равная произведению показателя преломления и геометрической разности хода волн. Обозначение – Δ , единица измерения в СИ – м

$$\Delta = n \cdot \Delta d.$$



Пусть, например, в некоторой точке М на экране, отстоящей от расстояния x от центрального максимума, наблюдается максимум и, следовательно, выполняется условие:

$$\Delta d = k\lambda.$$

Для получения различимой интерференционной картины расстояние между источниками d должно быть значительно меньше расстояния от

источников до экрана l . Тогда, с учетом малого угла β (при малых углах $\sin \beta \approx \tan \beta$), получим:

$$x = l \tan \beta \approx l \sin \beta,$$

$$\sin \beta = \frac{\Delta d}{d} \Rightarrow x = \frac{\Delta d}{d} \cdot l.$$

Подставив значение в последнее уравнение условие максимума из условия, получим, что максимумы интерференции будут наблюдаться при значениях x , равных

$$x = k \frac{\lambda}{d} \cdot l$$

Из последней формулы вытекает, что расстояние между соседними максимумами Δx определяется следующим соотношением

$$\Delta x = \frac{\lambda}{d} \cdot l$$

В соответствии с этой формулой расстояние между полосами растёт с уменьшением расстояния между источниками d . При d , сравнимым с l , расстояние между полосами было бы того же порядка, что и λ , то есть составило бы несколько десятых микрона. В этом случае отдельные полосы были бы совершенно неразличимы. Для того, чтобы интерференционная картина стала отчетливой, необходимо выполнение упоминавшегося выше условия: $d \ll l$.

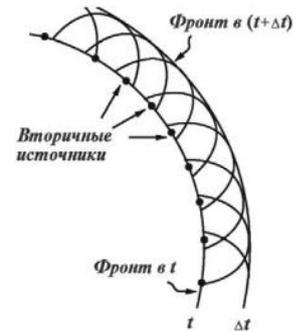
Дифракция света

Дифракция света – это явление огибания волной препятствий.

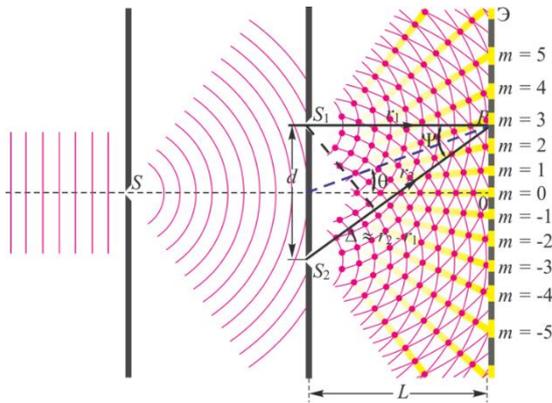
Наилучшее условие для наблюдения дифракции создается, когда размеры отверстий или препятствий – порядка длины волны. Чтобы определить распределение интенсивности световой волны, распространяющейся в среде с неоднородностями, используют принцип Гюйенса–Френеля.

Принцип Гюйгенса–Френеля

Каждая точка фронта волны является источником вторичных волн, которые интерферируют между собой. Поверхность, касательная ко всем вторичным волнам, представляет новое положение фронта волны в следующий момент времени.



Все вторичные источники, расположенные на поверхности фронта волны, когерентны между собой, поэтому амплитуда и фаза волны в любой точке пространства – это результат интерференции волн, излучаемых вторичными источниками.



В 1802 г. Т. Юнг, открывший интерференцию света, поставил классический опыт по дифракции. В непрозрачной ширме он проколол булавкой два маленьких отверстия на небольшом расстоянии друг от друга. Эти отверстия освещались узким световым пучком, прошедшим через малое отверстие в другой ширме. Именно эта деталь, до которой очень трудно было додуматься в то время, решила успех опыта. Интерферируют только когерентные волны. Возникшая в соответствии с принципом Гюйгенса сферическая волна от первого отверстия

возбуждала в двух последующих отверстиях когерентные колебания. Вследствие дифракции от этих отверстий выходили два световых конуса, которые частично перекрывались. В результате интерференции этих двух световых волн на экране появлялись чередующиеся светлые и темные полосы. Закрывая одно из отверстий, Юнг обнаружил, что интерференционные полосы исчезали.

Дифракционная решетка

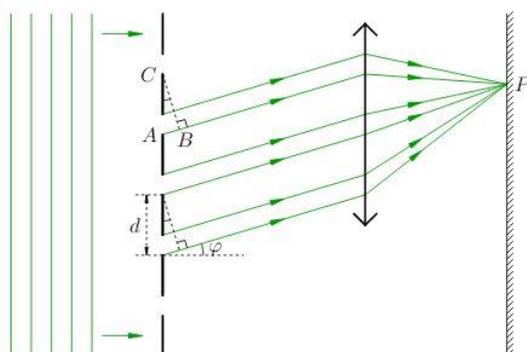
Дифракционная решетка – это оптический прибор, предназначенный для наблюдения дифракции света. Дифракционная решетка представляет собой систему параллельных щелей равной ширины, лежащих в одной плоскости и разделенных равными по ширине непрозрачными промежутками. Дифракционную решетку применяют для разложения света в спектр и измерения длин световых волн.

Период дифракционной решетки – это величина, равная сумме ширины прозрачной (a) и непрозрачной (b) решетки. Обозначение – d , единица измерения в СИ – м

$$d = a + b.$$

Если решетка регулярна, т. е. ее прозрачные и непрозрачные полосы имеют одинаковую ширину, то период решетки можно рассчитать, разделив ее длину (l) на число штрихов (N)

$$d = \frac{l}{N}$$

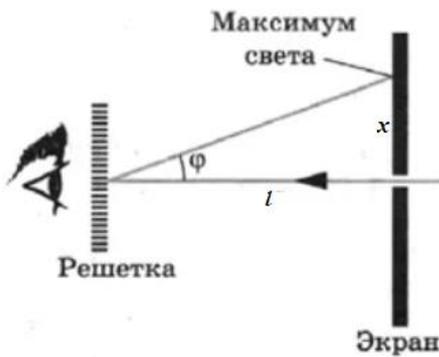


Параллельный пучок света с длиной волны λ , проходя через дифракционную решётку, вследствие дифракции за решёткой, распространяется по всевозможным направлениям и интерферирует. На экране, установленном на пути интерферирующего света, можно наблюдать интерференционную картину.

Формула дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ - порядок максимума считая от центрального, φ – угол дифракции, λ – длина волны, падающей на решетку нормально к ней.



Поскольку углы, под которыми наблюдаются максимумы первого и второго порядка, не превышают 5° , можно вместо синусов углов использовать их тангенсы

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{l},$$

где x – расстояние от центрального максимума до максимума порядка k , l – расстояние от дифракционной решетки до экрана. Отсюда следует соотношение

$$d \sin \varphi = k\lambda \Rightarrow d \cdot \frac{x}{l} = k\lambda \Rightarrow x = \frac{k\lambda l}{d}.$$

При увеличении длины волны падающего света или увеличении расстояния между решеткой и экраном увеличивается и расстояние до главного дифракционного максимума порядка k и, напротив, при увеличении периода дифракционной решетки расстояние до главного дифракционного максимума порядка k от центрального максимума уменьшается.

При нахождении максимального порядка дифракционного спектра руководствуются тем, что $\sin \varphi \leq 1$, поэтому максимальный порядок спектра будет равен ближайшему целому числу при $\varphi = 90^\circ$

$$k_{\max} = \frac{d}{\lambda}.$$

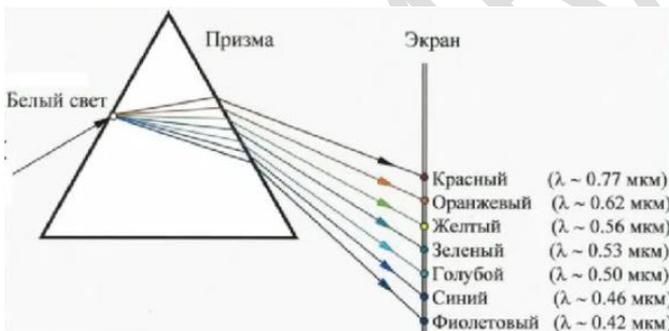
Важно! Если k_{\max} – не целое число, то всегда округляем до целого с недостатком. Например, при расчетах получено значение $k_{\max} = 7,68$, значит, наибольший порядок спектра $k_{\max} = 7$.

Полное число максимумов в дифракционном спектре с учетом симметричности главных максимумов и наличия центрального максимума равно

$$n = 2k_{\max} + 1.$$

Дисперсия света

Дисперсия света – это зависимость показателя преломления среды от длины волны (частоты) падающего на вещество света.



Опыт Ньютона (1672) Из-за дисперсии световые волны с различной длиной волны по разному преломляются веществом, что приводит к разложению белого света на цветные монохроматические лучи – спектр.

Для лучей света различной цветности показатели преломления данного вещества различны, т. к. различны скорости распространения

электромагнитных волн, у которых разная длина волны. Луч красного света преломляется меньше из-за того, что красный свет имеет в веществе наибольшую скорость, а луч фиолетового цвета преломляется больше, так как скорость для фиолетового цвета наименьшая.