

3.6 Оптика

3.6.1 Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света

Закон прямолинейного распространения света: световой луч в однородной прозрачной среде – это прямая линия. Доказательством является образование контурной тени от предмета при освещении точечным источником света.

3.6.2 Законы отражения света

На границе двух сред происходит частичное возвращение световой энергии в первую среду - отражение.

Луч падающий и луч отраженный лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным к отражающей поверхности в точке падения. Угол падения равен углу отражения.

Закон отражения справедлив для любых видов волн.

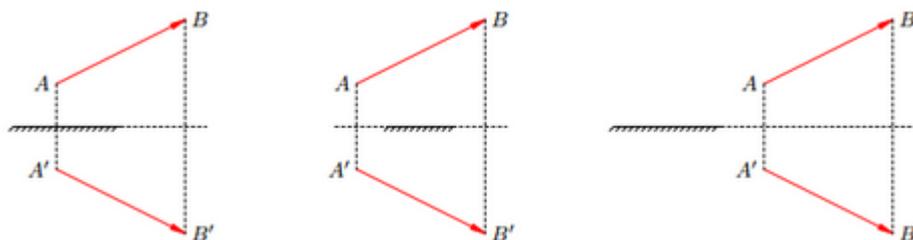
3.6.3 Построение изображений в плоском зеркале

Зеркально отражающая поверхность называется плоским зеркалом, если падающий на неё пучок параллельных лучей после отражения остаётся параллельным.

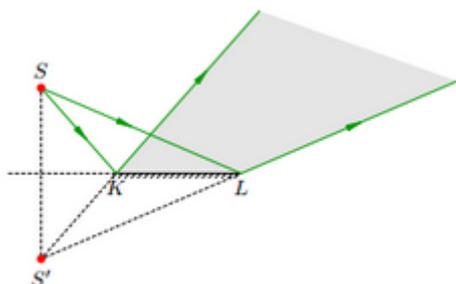
Изображение предмета в плоском зеркале имеет следующие характеристики: мнимое, прямое (не перевернутое), равное, находится за зеркалом на таком же расстоянии от зеркала, что и предмет.

Мнимое изображение – изображение, получаемое в ходе пересечения не самих лучей, а кажущихся продолжений расходящихся лучей, вышедших из оптической системы. Сами лучи не пересекаются, поэтому мнимое изображение нельзя получить на экране. Глаз человека наблюдает мнимое изображение, т.к. он способен сам собирать лучи. В оптических схемах мнимые объекты показываются пунктирными линиями.

Для построения изображения в плоском зеркале достаточно найти изображение каждой точки этого предмета. Так как изображение точки симметрично самой точке относительно зеркала, то изображение предмета в плоском зеркале симметрично предмету относительно плоскости зеркала. Независимость изображения от расположения предмета относительно зеркала:



От расположения источника и размеров зеркала зависит область видения — пространственная область, из которой видно изображение источника. Область видения задаётся краями К и L зеркала KL. Построение области видения изображения S0 показана на рисунке-искомая область видения выделена серым фоном.

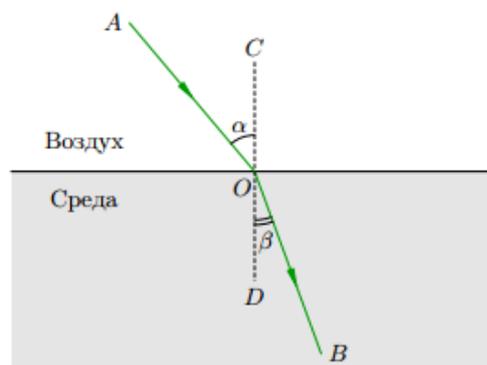


3.6.4 Законы преломления света. Преломление света. Абсолютный показатель преломления. Относительный показатель преломления. Ход лучей в призме. Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред.

Закон преломления справедлив для всех видов волн

Закон преломления: падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе двух сред, проведенный через точку падения луча, лежат в одной плоскости и при этом отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = const$$



Для описания преломления света введены физические величины.

Относительный показатель преломления (показатель преломления второй среды относительно первой) – отношение синуса угла падения к синусу угла преломления.

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

Абсолютный показатель преломления – показатель преломления среды относительно вакуума. **Абсолютный показатель преломления** показывает, во сколько раз скорость света в среде меньше, чем в вакууме.

$$n = \frac{c}{V}$$

Относительный показатель преломления можно выразить через абсолютные показатели преломления:

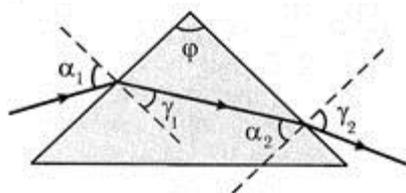
$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

С учетом этого выражения закон преломления света удобнее записывать так:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

Ход лучей в призме.

φ – преломляющий угол

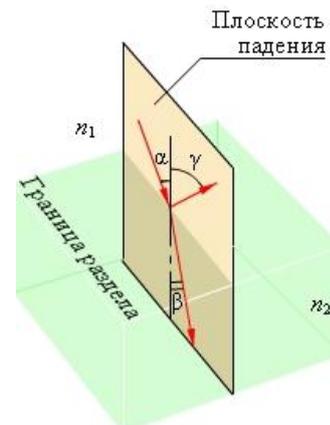
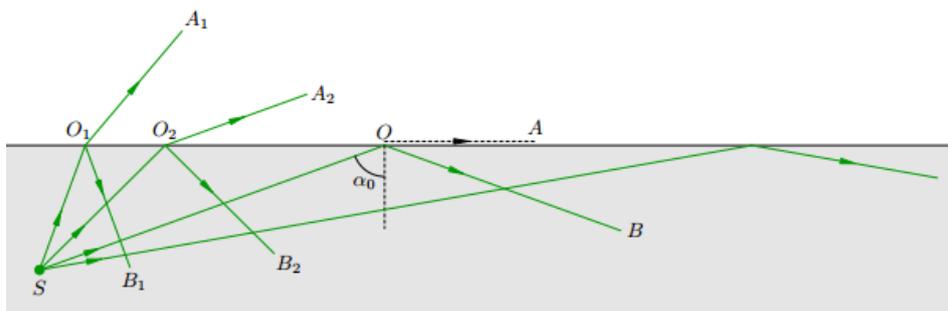


Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред.

Частоты равны: $\nu_1 = \nu_2$

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

3.6.5 Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения



Предельный угол полного отражения – угол падения, при котором угол преломления равен 90° . Значение предельного угла полного отражения находят из закона преломления света:

$$n_1 \sin \alpha = n_2$$

3.6.6 Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы

Линза – прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Линзу, толщина которой посередине больше, чем по краям, называют выпуклой (собирающей, положительной). Линзу, толщина которой посередине меньше, чем по краям, называют вогнутой (рассеивающей, отрицательной).

Главная оптическая ось – прямая, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу (O_1O_2).

Оптический центр – пересечение главной оптической оси с плоскостью линзы (O).

Побочная оптическая ось – любая прямая, проходящая через оптический центр линзы ($F'O$).

Фокус – точка пересечения лучей параллельного пучка после прохождения линзы (F – главный фокус, F' – побочный фокус). У вогнутой линзы фокус – мнимая точка.

Фокальная плоскость – множество всех фокусов линзы ($F'F$). У линзы две фокальные плоскости, перпендикулярные главной оптической оси и расположенные с разных сторон на равных расстояниях от плоскости линзы.

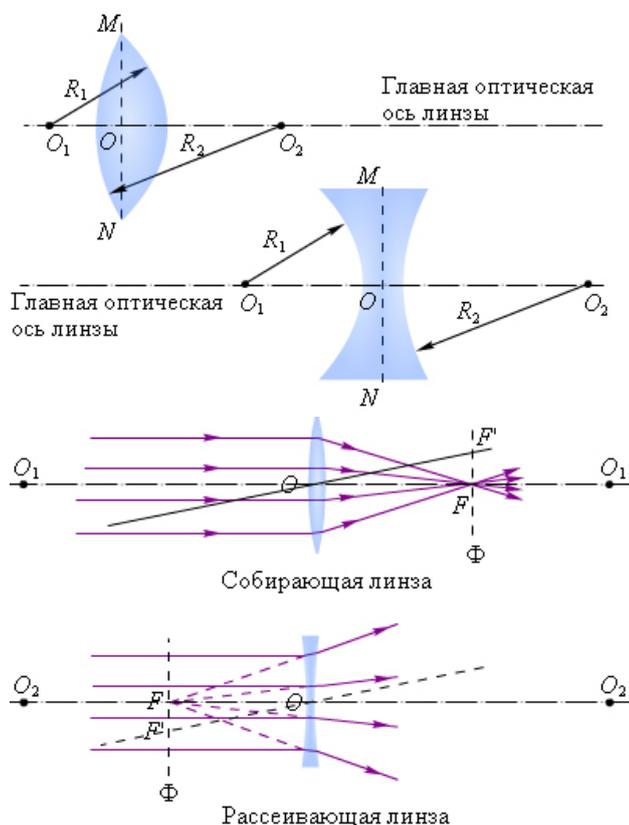
Фокусное расстояние – расстояние от плоскости линзы до ее фокальной плоскости. Фокусное расстояние обозначают F . В оптике расстояние до мнимых объектов считают отрицательным, поэтому фокусное расстояние вогнутой линзы $F_{\text{вог}} < 0$.

Оптическая сила линзы – величина, обратная фокусному расстоянию:

$$D = \frac{1}{F}$$

[D]=1/м=дптр-диоптрия, **Двып>0, Двогн<0**

Оптическая сила системы линз, расположенных вплотную друг к другу, равна алгебраической сумме оптических сил каждой из линз, взятой отдельно: **$D=D_1+\dots+D_n$**



3.6.7 Формула тонкой линзы. Увеличение, даваемое линзой.

Тонкая линза – линза, толщина которой много меньше радиусов сферических поверхностей, ее ограничивающих. Выпуклая тонкая линза обозначается в оптических схемах отрезком, стрелки на конца которого смотрят наружу, вогнутая тонкая линза – отрезком, стрелки на концах которого смотрят внутрь.

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

, где D-оптическая сила линзы, F - фокусное расстояние, d - расстояние от линзы до предмета, f - расстояние от линзы до изображения

В оптике расстояние до мнимых объектов считают отрицательным. Поэтому любой параметр в формуле тонкой линзы может быть меньше нуля.

Линейным увеличением называют отношение линейного размера изображения к линейному размеру предмета.

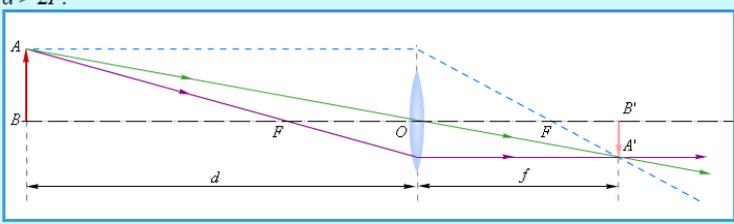
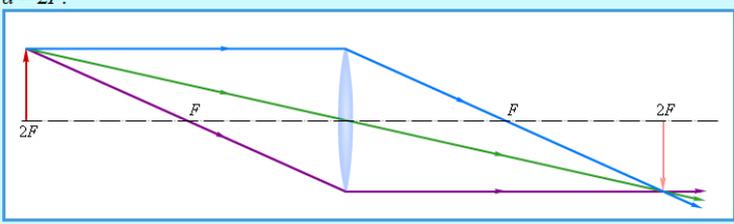
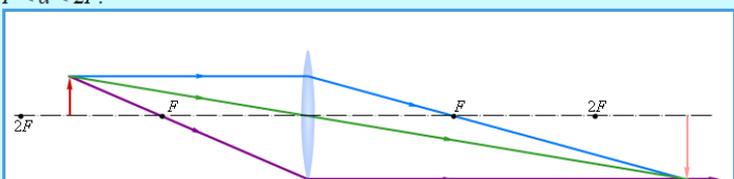
$$\Gamma = \frac{|H|}{|h|} = \frac{|f|}{|d|}$$

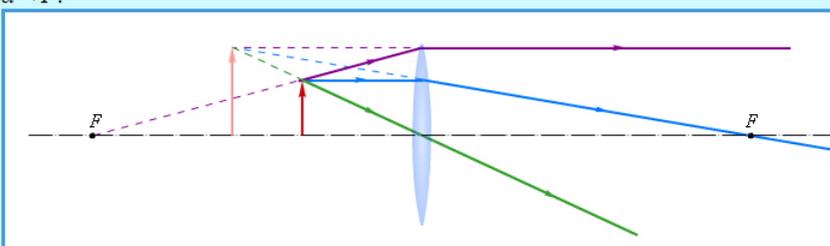
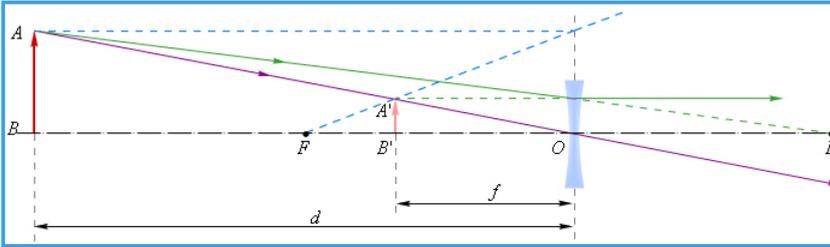
3.6.8 Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к ее главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах

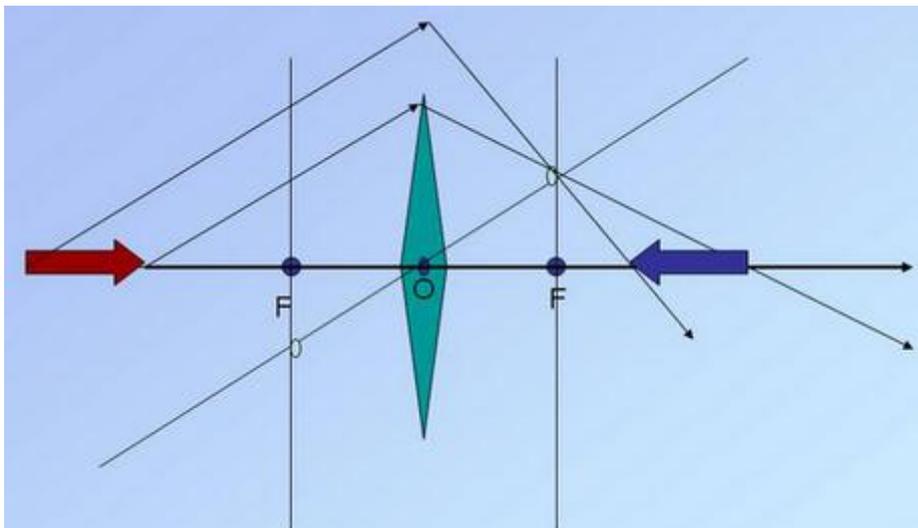
При построении изображения точки достаточно построить ход двух лучей, т. к. все лучи (или их кажущиеся продолжения), вышедшие из данной точки и прошедшие через оптическую систему, пройдут и через изображение. Для получения изображения точки в тонкой линзе используют любые два из перечисленных ниже лучей.

1. Луч, идущий через оптический центр линзы, не преломляется.
2. Луч, идущий параллельно оптической оси, преломляется в плоскости тонкой линзы и проходит через фокус, расположенный на этой оптической оси.
3. Луч, идущий через фокус, расположенный на оптической оси, преломляется в плоскости тонкой линзы и проходит параллельно этой оптической оси.

Если пересекаются не сами преломлённые лучи, а их продолжения (так бывает, когда преломлённые лучи расходятся после линзы), то изображение называется мнимым.

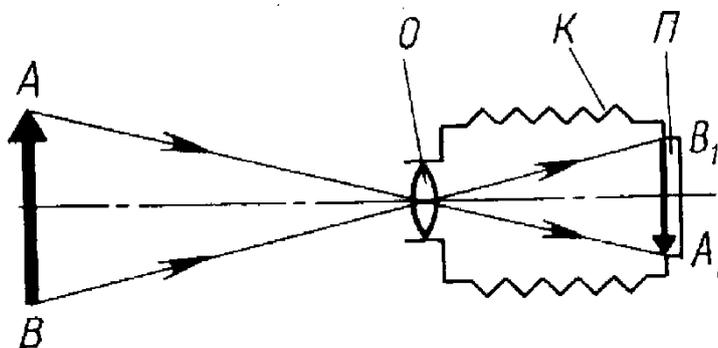
Собирающая линза	
<p>$d > 2F.$</p>  <p>Рис. 1</p>	Изображение действительное перевернутое, уменьшенное
<p>$d = 2F.$</p>  <p>Рис. 2</p>	Изображение действительное перевернутое, равное
<p>$F < d < 2F.$</p> 	Изображение действительное перевернутое, увеличенное

<p>$d < F$.</p>  <p>Рис. 4</p>	<p>Изображение <u>мнимое</u>, прямое, увеличенное</p>
<p>Рассеивающая линза</p>	
<p>d – любое.</p>  <p>Рис. 5</p>	<p>Изображение уменьшенное, мнимое, прямое,</p>



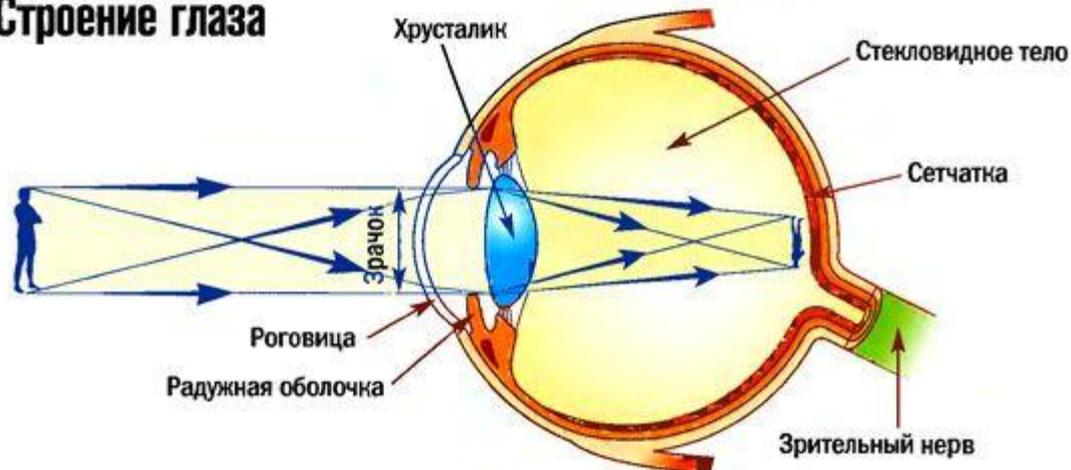
3.6.9 Фотоаппарат как оптический прибор. Глаз как оптическая система

Современные фотоаппараты имеют сложное и разнообразное строение.



Основной частью любого фотоаппарата является **объектив** - линза или система линз, помещенная в передней части светонепроницаемого корпуса фотоаппарата (рис. слева). Объектив можно плавно перемещать относительно пленки для получения на ней четкого изображения близких или отдаленных от фотоаппарата предметов.

Строение глаза



Лучи, идущие от предмета (в данном случае предметом является фигура человека), попадают на роговицу — переднюю прозрачную часть защитной оболочки глаза. Преломляясь в роговице и проходя сквозь зрачок (отверстие в радужной оболочке глаза), лучи испытывают вторичное преломление в хрусталике. Хрусталик является **собирающей линзой с переменным фокусным расстоянием**; он может менять свою кривизну (и тем самым фокусное расстояние) под действием специальной глазной мышцы. Преломляющая система роговицы и хрусталика формирует на сетчатке изображение предмета. Сетчатка состоит из светочувствительных палочек и колбочек — нервных окончаний зрительного нерва. Падающий свет вызывает раздражение этих нервных окончаний, и зрительный нерв передаёт соответствующие сигналы в мозг. Изображение разглядываемого предмета на сетчатке — действительное, перевёрнутое и уменьшенное. Так получается потому, что предметы, рассматриваемые глазом без напряжения, расположены за двойным фокусом системы роговица-хрусталик (случай $d > 2F$ для собирающей линзы).

Эластичный хрусталик может легко менять свою кривизну в определённых пределах. Этим естественным пределом деформации хрусталика отвечает область аккомодации — диапазон расстояний, на которых глаз способен чётко видеть предметы.

Близорукость — это дефект зрения, при котором фокусное расстояние расслабленного глаза меньше расстояния от оптического центра до сетчатки. Близорукий глаз фокусирует параллельные лучи перед сетчаткой, и от этого изображения удалённых объектов оказываются размытыми.

Близорукость корректируется с помощью очков с рассеивающими линзами.

Дальнозоркость — это дефект зрения, при котором фокусное расстояние расслабленного глаза больше расстояния от оптического центра до сетчатки. Дальнозоркий глаз фокусирует параллельные лучи за сетчаткой, отчего изображения удалённых объектов оказываются размытыми.

3.6.10 Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников

Интерференция — сложение волн по амплитудам B и E .

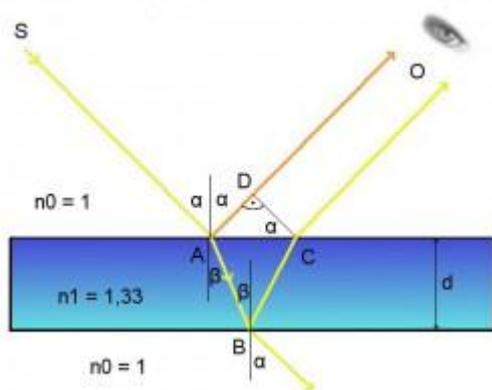
Интерференция света — перераспределение интенсивностей света в результате наложения (суперпозиции) нескольких когерентных световых волн. Это явление сопровождается чередующимися в пространстве максимумами и минимумами интенсивности. Её распределение называется интерференционной картиной.

Две электромагнитных волны с одной длиной волны и без сдвига фаз встречаются в одной точке, в результате может появиться светлое пятно с большей интенсивностью, чем суммарная интенсивность волн, или тёмное пятно. Это явление интерференции.

Пример 1. Просветление оптики. Покрытие тонкой плёнкой поверхностей, для того чтобы не было бликов (отражёного света).

Если в вопросах части А ЕГЭ есть слова плёнки — это в 99% интерференция (отражение и сложение) .

Пример 2. Радужная окраска мыльных пузырей, тонкая масляная плёнка на лужах.



Интерференция

1. Оптическая разность хода двух световых лучей.

Две световых волны называются монохроматическими если у них одинаковые длины волн λ (или частоты ν).

максимумы

$$\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

минимумы

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

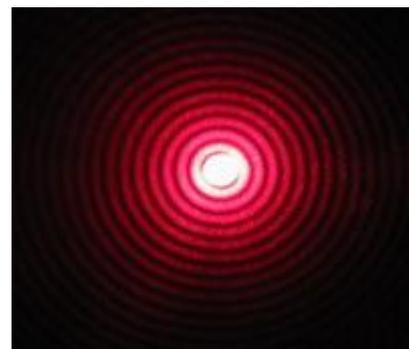
3.6.11 Дифракция света. Дифракционная решетка. Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны λ на решетку с периодом d .

Дифракция - явление огибания волнами препятствий с последующей их интерференцией.

Если сделать маленькую щель на препятствии, то изображение на экране за препятствием будет иметь вид (из-за дифракции и интерференции):

Пример 1. Захождение волн в область геометрической тени.

Пример 2 Нечёткость границ изображения, воспринимаемых человеческим глазом.



Пример 3. Радужная оболочка, наблюдаемая из под ресниц полузакрытых глаз, ориентированных на солнце.

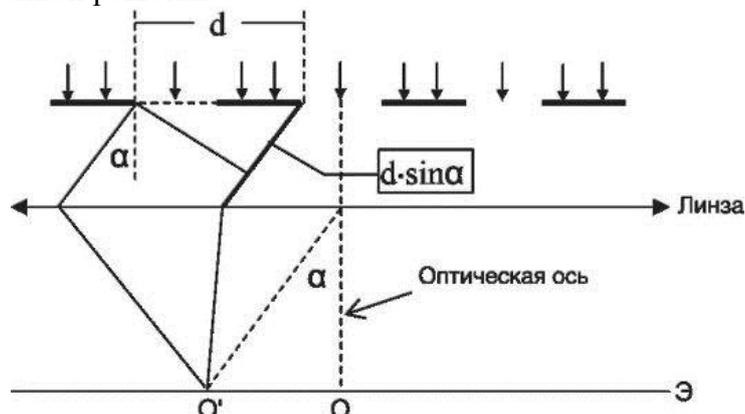
Пример 4. Прохождение света через дифракционную решётку.

Пример 5. Неразличимость двух близких звёзд при наблюдении в телескоп. Берём телескоп и смотрим вперёд за звёздами. Если стоим далеко и смотрим на огоньки – они нам будут казаться одним огоньком.

При дифракции на щели интенсивности максимумов порядка $k > 0$ столь незначительны, что не могут быть использованы для решения практических задач. Поэтому в качестве спектрального прибора используется дифракционная решетка, которая представляет собой систему параллельных равноотстоящих щелей. Дифракционную решетку можно получить нанесением непрозрачных штрихов (царапин) на плоскопараллельную стеклянную пластину. Пространство между штрихами (щели) пропускает свет.

Штрихи наносятся на поверхность решетки алмазным резцом. Их плотность достигает 2000 штрихов на миллиметр. При этом ширина решетки может быть до 300 мм. Общее число щелей решетки обозначается N .

Расстояние d между центрами или краями соседних щелей называют постоянной (периодом) дифракционной решетки.



Дифракционная картина на решетке определяется как результат взаимной интерференции волн, идущих от всех щелей.

Пусть на решетку падает плоская монохроматическая световая волна, направление распространения которой перпендикулярно плоскости решетки. Тогда поверхности щелей принадлежат одной волновой поверхности и являются источниками когерентных вторичных волн. Рассмотрим вторичные волны, направление распространения которых удовлетворяет условию

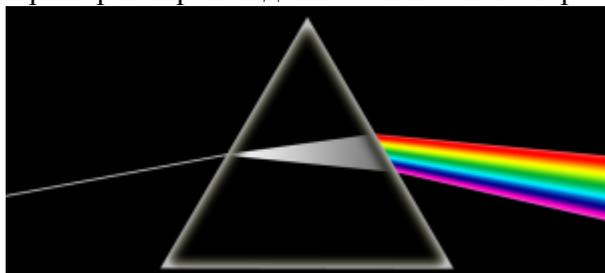
Главные максимумы при дифракции на решетке наблюдаются для направлений лучей вторичных волн, удовлетворяющих условию: $dsin\alpha = \pm k\lambda$; $k = 0, 1, 2, \dots$

Само условие называют основной формулой дифракционной решетки.

3.6.12 Дисперсия света

Дисперсия-явление зависимости абсолютного показателя преломления вещества n от длины волны λ падающего на него света.

Пример 1. Прохождение белого света через призму-опыт Ньютона



Пример 2. Радуга, возникающая после дождя. В каждой капле белый свет будет преломляться на капле каждый со своим показателем n

Синоним дисперсии – разложение – разложение на составляющие

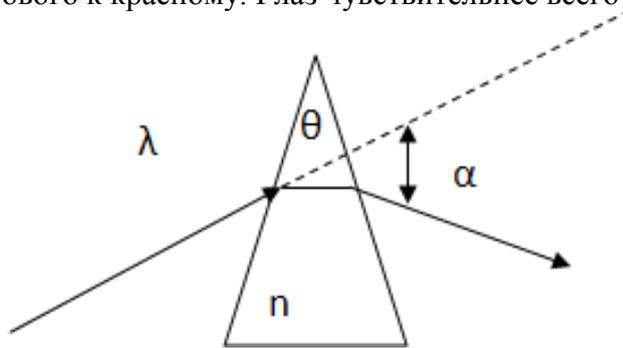
$$\lambda_{кр}=450\text{нм}$$

$$\lambda_{ф}=700\text{нм}$$

$$v=c/n=\lambda\nu,$$

c -скорость света-величина постоянная, ν -частота-не меняется, значит показатель преломления n зависит только от длины волны(зависимость обратно пропорциональная)
 $n=n(\lambda)$ пропорционально $1/\lambda$.

Это и есть дисперсия – для каждой λ – свой показатель преломления. У красного света-максимальная скорость в среде и минимальный угол отклонения, у фиолетового цвета -минимальная скорость и максимальный угол отклонения. Ширина у фиолетового края толще чем у красного света, в отличие от дифракционной решётки, дифракционный спектр равномерный во всех областях и располагается в порядке возрастания λ от фиолетового к красному. Глаз чувствительнее всего к длине волны зелёного.



Окраска в цвет не имеет ничего общего с дисперсией.