Содержание

1. Оптика

2. Геометрическая оптика

3. Физическая оптика

Список литературы

**1. Оптика**

*Оптика* - *это раздел физики, в котором изучают свойства света, его физическую природу и взаимодействие с веществом. К видимому свету относят электромагнитные волны с частотой от 1,5\*1011 до 3\*1016 Гц. Видимый свет располагается между инфракрасным и ультрафиолетовым участками спектра электромагнитных излучений. Эту область спектра обычно называют оптической областью. Ей соответствуют длины волн* λ, *от 2\*10-3 до 10-8 м.*

**2. Геометрическая оптика**

Основной задачей всей геометрической оптики является получение изображений точечных источников света, а также протяженных предметов.

**Изображением** точечного источника света S называется такая точка S', которая является точкой пересечения и расхождения световых лучей из источника света S и которая воспринимается как источник света. В отличие от реального источника света, из которого лучи света расходятся во все стороны, из изображения лучи расходятся под определенным углом, поэтому его можно видеть не из любого положения.

**Оптика относится к одному из древнейших разделов физики.** Первые открытия в оптике были сделаны уже в древности. Тогда были открыты два закона геометрической оптики: закон прямолинейного распространения света и закон отражения света.

К познанию этих законов древние мыслители пришли, вероятно, очень давно. Опыт повседневной жизни: наблюдение тени, перспективы, астрономические наблюдения - привел к возникновению понятия луча света, а также к понятию прямолинейного распространения света. Наблюдая затем явление отражения света, в частности в металлических зеркалах, которые были распространены в то время, древние пришли к пониманию закона отражения света.

Эти два закона были описаны знаменитым греческим ученым Евклидом, жившим в III веке до нашей эры. С помощью этих законов Евклид объяснил множество наблюдаемых явлений - например, явление отражения света от плоскихи даже сферических зеркал. Он геометрически вывел законы перспективы из четырнадцати исходных положений, которые были результатом оптических наблюдений. Например:

-лучи, исходящие из глаз, распространяются прямолинейно и расходятся в бесконечность;

-видимы те предметы, на которые падают зрительные лучи, и невидимы те, на которые зрительные лучи не падают;

-предметы, видимые под большими углами, кажутся больше, видимые под меньшими углами, кажутся меньше, а видимые под равными углами, кажутся одинаковыми;

-все, что видимо, видимо в прямолинейном направлении и т.д.

Исследованием отражения света плоскими и сферическими зеркалами занимался еще один знаменитый ученый древности - Архимед. Он знал свойство вогнутого сферического зеркала собирать световые лучи в фокусе. Согласно легенде, он даже смог сжечь неприятельский флот, используя щиты воинов как зеркала. Кроме того, Архимед в концепцию «лучей зрения» ввел поправки, основанные на влиянии величины зрачка на результат измерения.

Кроме закона прямолинейного распространения и отражения света ученые древности имели представление о преломлении света и даже пытались установить закон преломления.

При распространении в однородной среде свет движется прямолинейно. Прямая, указывающая направление распространения света, называется **световым лучом.** Однако необходимо всегда помнить о том, что понятие светового луча является геометрическим понятием. На границе раздела двух сред свет может частично отразиться и распространяться в первой среде по новому направлению, а также частично пройти через границу раздела и распространиться во второй среде.

**Закон отражения.** Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости, причем угол отражения β равен углу падения α.

При падении лучей света на идеальную плоскую границу раздела двух сред наблюдается так называемое **зеркальное отражение.** При зеркальном отражении отражающая свет поверхность невидима, видны только источники световых лучей. При падении параллельного пучка света на шероховатую поверхность наблюдается **диффузное,** или **рассеянное, отражение.** Каждый отдельный падающий луч при диффузном отражении подчиняется законам отражения света. Лучи, отраженные от участков такой поверхности, ориентированных различным образом по отношению к падающим лучам, не образуют параллельного пучка после отражения. В результате этого отражающая поверхность становится видимой.

В геометрической оптике важное место отводится нахождению изображений при отражении света от различных типов зеркал. **Плоское зеркало** представляет собой гладкую поверхность. Оно создает мнимое (кажущееся) изображение. Источник света S и его изображение S' расположены симметрично относительно поверхности зеркала.

**Сферическое зеркало** представляет собой гладкую сферическую поверхность. Ее **оптической осью** называется любая прямая, проходящая через центр кривизны сферической поверхности. Главная оптическая ось проходит через центр кривизны и полюс зеркала - точку, равноудаленную от границ зеркала.

Лучи, параллельные главной оптической оси, после отражения от сферического зеркала собираются в одной точке F, называемой **фокусом** зеркала. Расстояние от полюса зеркала до фокуса называется **фокусным расстоянием** f**:**

f =,

где R - радиус кривизны зеркала.

При построении изображения в зеркале необходимо учитывать три правила. Во-первых, луч, параллельный главной оптической оси, после отражения в зеркале проходит через фокус. Во-вторых, луч, прошедший через фокус, после отражения идет параллельно главной оптической оси. В-третьих, луч, проходящий через центр кривизны зеркала, при отражении совмещается с самим собой. Эти три луча, испущенные из данной точки предмета (источника), после их отражения в зеркале пересекаются в одной точке, являющейся изображением источника.

При переходе из одной среды в другую происходит **преломление** света - т.е. изменение направления его распространения. Впервые исследование преломления света было осуществлено Клавдием Птолемеем почти две тысячи лет назад; в его работе «Оптика» были описаны результаты экспериментирования по преломлению света в стекле и воде, представленные в виде таблиц, очень точных для того времени. Ученый стремился выявить причину того, почему при отражении углы падения и отражения равны, а при преломлении углы падения не равны углам преломления. Птолемей посчитал угол преломления пропорциональным углу падения. В правильной форме закон преломления был открыт в XVII веке голландским физиком Виллебрордом Снеллиусом (1591-1626) и, независимо от него, французским физиком Рене Декартом (1596-1650).

Понятия «фокус» и «оптическая ось» впервые ввел в обиход великий немецкий астроном Иоганн Кеплер (1571-1630), разработав теорию построения изображения в оптических приборах. Эти понятия применяются в оптике вплоть до настоящего времени.

**Закон преломления.** Падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Угол падения α и угол преломления γ связаны соотношением:

= n,

где n - постоянная величина для двух данных сред, называемая **относительным показателем преломления** второй среды относительно первой. Показатель преломления n среды относительно вакуума называется а**бсолютным показателем преломления** этой среды. Для двух сред с абсолютными показателями преломления n1 и n2 относительный показатель преломления n равен отношению абсолютного показателя преломления второй среды к абсолютному показателю преломления первой среды:

n =.

Из двух сред та среда, которая обладает меньшим значением абсолютного показателя преломления, называется оптически менее плотной средой. Если свет переходит из оптически менее плотной среды в оптически более плотную, то угол преломления γ меньше угла падения α.

При переходе из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду угол преломления γ оказывается больше угла падения α. Наблюдая преломление света, можно увидеть, что помимо преломления происходит и отражение света от границы раздела двух сред. При увеличении угла падения интенсивность отраженного луча увеличивается. При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную (например, из стекла в воздух) при постепенном увеличении угла падения может быть достигнуто такое его значения αо, при котором угол преломления должен стать равным γ0 = 90°:

a0 =.

При достижении такого значения угла падения интенсивность преломленного луча становится равной нулю: свет, падающий на границу раздела двух сред, полностью отражается от нее.

Угол падения α0, при котором наступает полное отражение света, называется **предельным углом полного отражения.** При всех углах падения, больших и равных αо, происходит полное отражение света.

При отражении и при преломлении свет может проходить один и тот же путь в двух этих противоположных друг другу направлениях. Это свойство света называется **обратимостью световых лучей.** Основным принципом геометрической оптики, из которого можно вывести все ее законы, является принцип Ферма.

**Принцип Ферма**. Свет распространяется из одной точки среды вдругую по пути, для прохождения которого затрачивается наименьшее время.

Для практического применения большое значение имеет преломление света на сферической границе раздела сред. Прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями, называется **линзой.** Линзы обычно изготавливаются из стекла, хотя могут быть и кварцевыми, и слюдяными и т.д.

**Тонкой** называется такая линза, толщина которой значительно меньше радиусов ограничивающих ее сферических поверхностей. Линза, которая в середине толще, чем у краев, называется **выпуклой линзой.** Линза, которая у краев толще, чем в середине, называется **вогнутой линзой.** Прямая, проходящая через центры сферических поверхностей линзы, называется **главной оптической осью** линзы. Точка пересечения главной оптической оси с тонкой линзой называется **оптическим центром** линзы. Прямые, проходящие через оптический центр линзы и не совпадающие с ее главной оптической осью, называют **побочными оптическими осями.**

Одним из свойств линзы является то, что луч света, идущий вдоль главной оптической оси, проходит через линзу без изменения направления распространения. В воздухе или в вакууме все лучи, параллельные главной оптической оси выпуклой линзы, после прохождения линзы отклоняются к оси и проходят через одну точку F на главной оптической оси. Поэтому выпуклые линзы еще называют **собирающими** линзами. Точка F называется **главным фокусом** линзы. Плоскость, проходящая через главный фокус линзы перпендикулярно главной оптической оси, называется **фокальной плоскостью.**

У линзы два главных фокуса в однородной среде расположены на одинаковых расстояниях от ее оптического центра. Расстояние от оптического центра линзы до главного фокуса называется **фокусным расстоянием** Fлинзы. Все лучи, проходящие через один из ее главных фокусов, выходят из линзы параллельно главной оптической оси.

В вогнутой линзе все лучи (в воздухе или в вакууме), параллельные главной оптической оси, отклоняются от оптической оси, поэтому вогнутые линзы называются **рассеивающими** линзами. Продолжения лучей в противоположную сторону сходятся в одной точке F на главной оптической оси перед линзой. Эта точка называется главным фокусом рассеивающей линзы. Главный фокус рассеивающей линзы **мнимый,** так как лучи света в нем не собираются.

Расстояние f от собирающей линзы до изображения связано с расстоянием d от предмета до линзы и фокусным расстоянием Fлинзы:

=.

Это уравнение называется формулой линзы и применяется для нахождения расстояния до изображения при любом расположении предмета относительно линзы. Например, если значение расстояния f получается при расчете отрицательным, то это значит, что изображение предмета мнимое и находится по ту же сторону от линзы, что и предмет.

Величина, обратная фокусному расстоянию F, называется оптической силой линзы D:

D =.

Оптическая сила выражается в **диоптриях** (дптр). Линза с фокусным расстоянием 1 м обладает оптической силой в 1 дптр. Оптическая сила собирающей линзы положительна, оптическая сила рассеивающей линзы отрицательна.

В зависимости от положения предмета относительно линзы линейные размеры изображения могут изменяться. Отношение линейных размеров Н изображения к линейным размерам h предмета называется линейным увеличением Г:

Г =.

Также в практике очень часто применяется такая оптическая система, как призма. **Призма** представляет собой прозрачное тело, ограниченное с двух сторон плоскими поверхностями, образующими между собой угол φ, называемый **преломляющим углом призмы.** В призме световой луч дважды испытывает преломление на преломляющих гранях и изменяет свое направление. Угол δ отклонения луча призмой определяется формулой:

δ = α + β - φ,

где α - угол падения на первую грань, β - угол преломления на второй грани, φ - преломляющий угол призмы.

В реальных условиях идеальных систем не может быть. Точно так же не бывает и идеальных оптических систем - в любой системе существуют свои погрешности. Одной из задач геометрической оптики и является нахождение способов устранения либо компенсации подобных погрешностей.

**Погрешности оптических систем называются аберрациями.** Они возникают в результате использования широких световых пучков, применяемых для получения большей освещенности предметов, а также при получении изображений предметов, значительно удаленных от главной оптической оси оптического прибора (например, при фотографировании). При отсутствии аберрации каждой точке изображения однозначно соответствует точка предмета. Это может быть достигнуто в том случае, когда изображение образуется узкими световыми пучками, падающими на оптическую систему под малыми углами к ее главной оптической оси. В реальных оптических системах эти условия выполняются очень редко. Например, сферические линзы только приближенно удовлетворяют этим требованиям. В результате изображение получается недостаточно резким, мелкие детали становятся неразличимыми. Для уменьшения аберрации применяют системы линз.

Существует два основных вида аберрации - сферическая и хроматическая. **Сферическая аберрация** возникает в результате того, что периферия линзы преломляет лучи света сильнее, чем центральная ее часть. К примеру, линза большого диаметра дает изображение точечного источника не в виде точки, а в виде расплывчатого светлого пятна. Это явление обусловлено использованием широких пучков световых лучей. Получаемые с их помощью изображения являются нерезкими, расплывчатыми. Для повышения резкости изображения оптическую систему снабжают узким отверстием (диафрагмой), через которое пропускают пучок света. Сферическую аберрацию также компенсируют путем комбинации собирающей и рассеивающей линз, подобранных соответствующим образом.

**Хроматическая аберрация** связана с зависимостью показателя преломления оптических стекол от длины волны падающего на них света. Линзы из таких стекол преломляют синий свет сильнее, чем красный. В результате края изображения, полученного с помощью белого света, приобретают цветную кайму. Для ослабления хроматической аберрации применяют систему из выпуклой и вогнутой линз из особых материалов (так называемая ахроматическая пара линз). Полная компенсация хроматической аберрации возможна лишь для двух значений длин волн.

Кроме того, существуют и другие виды аберрации, к которым относят дисторсию, астигматизм и кому. **Дисторсия** представляет собой погрешность оптической системы, в результате которой изображение прямоугольной сетки приобретает подушкообразную или бочкообразную форму. Прямые линии искривляются наружу или внутрь, особенно у края изображения. **Астигматизм** возникает тогда, когда световые пучки (даже узкие) составляют значительный угол с главной оптической осью системы. **Кома** представляет собой погрешность оптической системы, возникающую при прохождении через нее широких пучков света от точки предмета, находящейся на побочной оптической оси. Изображение этой точки имеет вид вытянутого и неравномерно освещенного пятна в форме кометы. Для коррекции этих видов аберрации используются сложные оптические системы, элементы которых подобраны так, что они взаимно компенсируют возникающие погрешности.

В процессе исследования окружающего мира у человека появилась потребность в приборах, позволяющих получать изображения различных объектов и увеличивать угол зрения. Так возникли **оптические приборы**. Например, для получения изображения человек придумал проектор, фотоаппарат и т.д., а для увеличения угла зрения - микроскоп, телескоп*,* лупу, бинокль, подзорную трубу и многое другое.

В процессе эволюции сформировался самый древний оптический прибор,подаренный нам природой, - **глаз.** Этот орган на протяжении всей человеческой истории является основным инструментом для познания окружающего мира.

Рассмотрим оптическую систему глаза.

**Роговая оболочка (роговица).** Прозрачна и имеет в средней части сферическую форму. На ее границе с воздухом происходит преломление света, играющее основную роль при построении изображений предметов на сетчатке глаза.

**Зрачок глаза.** Способен менять свой диаметр в зависимости от освещения от 2 до 8 миллиметров.

**Радужная оболочка.** Практически непроницаема для лучей света.

**Хрусталик.** Имеет форму двояковыпуклой линзы, осуществляет дополнительное преломление света. Радиус кривизны хрусталика изменяется под действием специальной мышцы. Этот процесс называется **аккомодацией.** Путем аккомодации изменяется фокусное расстояние оптической системы глаза и получается четкое изображение предмета на сетчатке.

**Твердая белковая оболочка.** Покрывает глаз и выполняет защитную функцию.

**Сосудистая оболочка.** Содержит сеть кровеносных сосудов, питающих глаз.

**Сетчатая оболочка.** Является светочувствительным слоем, содержащим разветвления зрительного нерва. Световоспринимающими элементами сетчатки являются окончания волокон зрительного нерва, делящиеся на два вида - колбочки и палочки. Колбочки обладают большей разрешающей способностью и чувствительностью к цвету. Их чувствительность к свету невелика. Палочки, обладая незначительной разрешающей способностью и нечувствительностью к цвету, напротив, очень чувствительны к свету.

**Желтое пятно.** Представляет собой углубление в средней части сетчатки. Это наиболее светочувствительное место глаза, содержащее только колбочки.

**Слепое пятно.** Нечувствительно к свету; является местом входа зрительного нерва в глазное яблоко.

Пространство между роговой оболочкой и хрусталиком называется **передней камерой.** Оно заполнено камерной влагой. Пространство между хрусталиком и сетчаткой заполнено **стекловидным телом** - прозрачным студенистым веществом. Центр вращения глазного яблока находится внутри глаза примерно на расстоянии 13 миллиметров от вершины роговой оболочки. Линия, соединяющая главную точку хрусталика с центральным углублением желтого пятна, называется **зрительной осью** глаза или линией наилучшего видения.

Лучи света, преломляясь на границе раздела системы «роговица - воздух», а затем в хрусталике, создают на сетчатке перевернутые изображения предметов. В нормальном здоровом глазе они всегда четкие благодаря способности хрусталика к аккомодации. Дальнейшая обработка изображения происходит уже в головном мозге. Кроме того, глаз обладает способностью приспосабливаться к различным уровням яркости, называющейся **адаптацией.**

Существует несколько видов нарушений нормального функционирования оптической системы глаза. Если оптическая система глаза дает изображение далеких предметов за сетчаткой, то человек страдает **дальнозоркостью** (гиперметропией). При **близорукости** глаза (миопии) изображение получается перед сетчаткой.

**Одним из первых оптических приборов**, наряду с лупой и очками, является **подзорная труба,** впоследствии ставшая основой для создания более совершенного оптического прибора - телескопа. История называет три имени возможных авторов изобретения подзорной трубы одновременно - Лиспергея, Мециуса, Янсена. Однако решающий шаг в ее изобретении был сделан Галилеем в 1609 году, когда он построил действующую зрительную трубу. Свое изобретение Галилей использовал как телескоп для наблюдения небесных тел и сделал при этом целый ряд важнейших астрономических открытий.

Подзорная труба состоит из двух линзовых систем - объектива и окуляра. Подзорная труба с собирающим окуляром называется **трубой Кеплера,** труба с рассеивающим окуляром - **трубой Галилея.** Предмет находится на очень большом расстоянии от объектива. В трубе Кеплера за фокусом объектива возникает промежуточное изображение В'. Оно расположено на расстоянии от окуляра, меньшем его фокусного расстояния. Перед окуляром возникает увеличенное мнимое и перевернутое окончательное изображение В. Увеличение, даваемое трубой Кеплера, равно:

N = 

где f1 - фокусное расстояние объектива, f2 - фокусное расстояние окуляра. Длина данной подзорной трубы будет равна:

l = f1 + f2.

Наличие промежуточного изображения В' в трубе Кеплера позволяет снабжать ее измерительной шкалой или фотопластинкой, помещенной в плоскость расположения промежуточного изображения В'. Поэтому труба Кеплера находит широкое применение в астрономии. В трубе Галилея между объективом и окуляром не создается промежуточное изображение. Эта труба создает мнимое увеличенное прямое изображение В. Труба Галилея дает несильное увеличение удаленного предмета. Поэтому ее используют в театральных биноклях.

Кроме телескопов, построенных по типу подзорных труб - **рефракторов,** широкое применение получили зеркальные, или отражательные, телескопы - **рефлекторы.**

**Другим примером оптического прибора является фотоаппарат. В** нем используется одно из свойств линзы, заключающееся в том, что при расположении предмета на расстоянии, большем двойного фокусного расстояния, линза дает его действительное уменьшенное изображение. Фотоаппарат состоит из объектива, обычно состоящего из нескольких линз, светонепроницаемого корпуса, видоискателя, диафрагмы и затвора. В светонепроницаемый корпус фотоаппарата помещают фотопленку, чувствительную к действию света. На ней объектив фотоаппарата создает действительное уменьшенное изображение фотографируемого предмета. Для получения четкого изображения предмета, который может быть расположен на разных расстояниях от фотоаппарата, объектив перемещают относительно фотопленки, результат наводки на резкость обычно контролируется через видоискатель. В зависимости от условий освещенности и чувствительности фотопленки путь свету от объектива к фотопленке открывается с помощью затвора на определенный интервал времени, обычно на сотые доли секунды. Световой поток регулируется и кольцевым отверстием в диафрагме за объективом, диаметр которого можно плавно изменять.

**Предшественницей фотоаппарата можно считать приспособление,** известное с давних времен, - так называемую камеру-обскуру. Явление, которое используется в камере-обскуре, было известно еще в древнем Китае. Если в темное помещение через небольшое отверстие или щель проникает луч света, то на стенке возникает довольно четкая картина. Кто-то догадался просверлить в ящике маленькое отверстие и на противоположной стенке, на вставленном в нее матовом стекле, наблюдать изображения пейзажей и людей. Так появилась камера-обскура (по-латыни *obscurus* - темный).

А когда вместо отверстия, выполняющего роль объектива, применили увеличительное стекло, изображение стало настолько четким, что человеку захотелось обвести его карандашом и раскрасить. Правда, картинка получалась «вверх ногами», поэтому для устранения этой погрешности к задней стенке ящика приставили наклонно зеркало. Оно проецировало изображение на матовое стекло, вделанное в крышку, в результате чего верх и низ располагались как положено (правда, при этом менялись местами правая и левая сторона). А поскольку с помощью камеры-обскуры рисунки делались главным образом для гравирования, то больше ничего исправлять не надо было - оттиски с гравюры полностью соответствовали оригиналу. Для работы на ярком солнце применялись небольшие темные палатки. Художник с камерой сидел внутри, а наружу высовывался только объектив - трубка с линзой.

В двадцатых годах XIX века был открыт способ химического закрепления изображения на светочувствительной пластинке, вставленной в камеру-обскуру вместо матового стекла. Самую первую фотографию удалось получить французу Жозефу Нисефору Ньепсу (1765-1833). С той поры камера-обскура превратилась в известный всем нам фотоаппарат.

**Как мы видим**, для решения большинства задач практической оптики вполне достаточно средств геометрической оптики. Однако существует ряд проблем, связанных с волновой природой света. Решением этих проблем, относящихся главным образом к вопросам взаимодействия света и вещества, а также к вопросам разрешающей силы оптических приборов, занимается физическая оптика.

**3. Физическая оптика**

*Первые представления о том, что такое свет, относятся к древности. Подавляющее большинство древних мыслителей рассматривало свет как некие лучи, соединяющие светящееся тело и человеческий глаз. При этом одни из них полагали, что лучи исходят из глаз человека, они как бы ощупывают рассматриваемый предмет. Однако позже, к началу XVII века, такое представление о природе света теряет свое значение.*

Наслаждаясь видом безоблачного неба, мы вряд ли склонны рассуждать о том, что небесная синева - это одно из проявлений рассеяния света. Оказывается, синие лучи, падающие на Землю от Солнца, рассеиваются молекулами воздуха примерно в 6 раз сильнее красных, поэтому небо выглядит голубым, а солнце тем краснее, чем оно ближе к горизонту. Подобным образом объяснил голубой цвет неба в 1871 году знаменитый английский математик и физик Джон Уильям Страт (по отцу - лорд Рэлей). С тех пор рассеяние света на отдельных атомах или молекулах и вообще на маленьких частицах - с размерами, намного меньшими длины световой волны, называют рэлеевским рассеянием.

Другая точка зрения заключалась в том, что лучи испускаются светящимся телом и, достигая человеческого глаза, несут на себе отпечаток светящегося предмета. Такой точки зрения придерживались атомисты Демокрит, Эпикур, Лукреций. Позже, в XVII веке, эта точка зрения оформилась в корпускулярную теорию света, согласно которой свет является потоком неких частиц, испускаемых светящимся телом.

**Третья точка зрения на природу света была высказана Аристотелем.** Он рассматривал свет как распространяющееся в пространстве действие или движение. В дальнейшем его взгляды на природу света положили начало волновой теории света. Необходимо отметить, что огромную роль в развитии оптики сыграло определение скорости света. Впервые скорость света была определена датским астрономом Олафом Ремером (1644-1710) в 70-х годах XVII века. Проведя наблюдения над затмением спутников Юпитера и измерив время их затмения, он смог из полученных данных подсчитать скорость распространения света. По его подсчетам, скорость света получилась равной 300870 км/с.

В XVII веке происходит окончательное формирование двух противоположных теорий света: корпускулярной и волновой.

С точки зрения корпускулярной теории хорошо объяснялось прямолинейное распространение света и закон отражения света. Кроме того, закон преломления также не противоречил этой теории. Не было противоречий и с общими представлениями о строении вещества. Но, несмотря на преобладание взглядов о корпускулярной природе света, начинают развиваться и представления о его волновой природе.

**Родоначальником волновой теории света является Декарт.** Согласно его взглядам, свет - это нечто вроде давления, передающегося через тонкую среду от светящегося тела во все стороны. Если тело нагрето и светится, то это значит, что его частицы находятся в движении и оказывают давление на частицы той среды, которая заполняет все пространство (эфир). Давление распространяется во все стороны и, доходя до глаза, вызывает в нем ощущение света. Однако необходимо отметить то, что взгляды Декарта носили чисто умозрительный характер.

**Первое открытие,** свидетельствующее о волновой природе света, было сделано итальянским ученым Франческо Гримальди (1618-1663), который заметил, что если на пути узкого пучка световых лучей поставить предмет, то на экране, поставленном сзади, не получается резкой тени. Края тени размыты, кроме того, вдоль тени появляются цветные полосы. Открытое им явление ученый назвал дифракцией. Гримальди объяснял это явление тем, что свет - это флюид (тонкая неощутимая жидкость) и при встрече с препятствием возникают волны этого флюида.

**Дифракцией света** называется явление огибания световыми волнами малых препятствий, встречающихся на пути их распространения. Например, при прохождении света через малое круглое отверстие на экране вокруг центрального светлого пятна наблюдаются чередующиеся темные и светлые кольца. Чем меньше размеры экрана или отверстия, тем сильнее дифракция света.

**Вторым важным открытием,** относящимся к физической оптике, было открытие интерференции света. Важная роль в исследовании интерференции принадлежит английскому физику Роберту Гуку (1635-1703). Гук считал, что свет - это колебательные движения, распространяющиеся в эфире. Он даже высказывал предположение, что эти колебания являются поперечными. При изучении цвета мыльных пленок и тонких пластинок из слюды он обнаружил, что эти цвета зависят от толщины мыльной пленки или слюдяной пластинки. Явление интерференции света в тонких пленках Гук объяснял тем, что от верхней и нижней поверхности тонкой (например, мыльной) пленки происходит отражение световых волн, которые, попадая в глаз, производят ощущение различных цветов.

Световые волны частично отражаются от поверхности тонкой пленки, частично проходят в нее. На второй границе пленки вновь происходит частичное отражение волн. Световые волны, отраженные двумя поверхностями тонкой пленки, распространяются в одном направлении, но проходят разные пути. При разности хода Δ1, кратной целому числу длин волн λ:

Δ1 = 2k ,

наблюдается интерференционный максимум. При разности Δ1, кратной нечетному числу полуволн:

Δ1 = (2k+1),

наблюдается интерференционный минимум. Когда выполняется условие максимума для одной длины световой волны, то оно не выполняется для других длин волн. Поэтому освещаемая белым светом тонкая бесцветная прозрачная пленка кажется окрашенной. При изменении толщины пленки или угла падения световых волн разность хода изменяется и условие максимума выполняется для света с другой длиной волны.

Дифракция света используется в так называемой дифракционной решетке, представляющей собой прозрачную пластинку с нанесенной на нее системой параллельных непрозрачных полос, расположенных на одинаковых расстояниях d друг от друга.

При падении на решетку монохроматической волны с плоским волновым фронтом в результате дифракции из каждой щели свет будет распространяться не только в первоначальном направления, но и по всем другим направлениям.

Если за решеткой поставить собирающую линзу, то на экране в фокальной плоскости параллельные лучи от всех щелей соберутся в одну полоску. Параллельные лучи, идущие от краев двух соседних щелей, имеют разность хода:

Δ1 = d,

где d - расстояние между соответствующими краями соседних щелей, называемое **периодом решетки**, φ- угол отклонения световых лучей от перпендикуляра к плоскости решетки. При равенстве разности хода Δ1 целому числу длин волн:

d λ,

где λ - длина волны падающего света, наблюдается интерференционный максимум света. Линза не вносит разности хода. Таким образом, условие интерференционного максимума для каждой длины световой волны выполняется при своем значении угла дифракции φ. В результате при прохождении через дифракционную решетку пучок белого света разлагается в спектр.

**Третье важное открытие,** относящееся к волновой оптике, было сделано в 1669 году датским ученым Бартолином. Он открыл явление двойного лучепреломления в кристалле исландского шпата. Бартолин обнаружил, что если смотреть на какой-либо предмет через кристалл исландского шпата, то видно не одно, а два изображения, смещенные друг относительно друга. Это явление затем исследовал Гюйгенс и попытался дать ему объяснение с точки зрения волновой теории света.

Гюйгенс полагал, что все мировое пространство заполнено тонкой неощутимой средой - эфиром, который состоит из очень маленьких упругих шариков. Эфир заполняет также пространство между атомами, образующими обычные тела. По его мнению, распространение света - это процесс передачи движения от шарика к шарику. Для того чтобы показать способность волновой теории объяснить прямолинейное распространение света, Гюйгенс выдвигает свой, уже известный нам, принцип. Основываясь на этом принципе, он дал объяснения закону прямолинейного распространения света, законам отражения и преломления. Но, как известно, принцип Гюйгенса не мог объяснить явления дифракции и интерференции. Кроме того, теория Гюйгенса была теорией бесцветного света.

Первым, кто смог разобраться в явлении разложения белого света призмой в спектр, был Исаак Ньютон. В 60-е годы XVII века он открыл явление дисперсии света и простых цветов. Изучая явление разложения белого света в спектр, Ньютон пришел к заключению, что белый свет является сложным светом. Он представляет собой сумму простых цветных лучей. Для того чтобы подтвердить вывод о том, что белый свет состоит из простых цветных лучей и разлагается на них при прохождении через призму, Ньютон провел следующий опыт.

В экране, на котором наблюдался спектр, делалось также малое отверстие. Через отверстие пропускали уже не белый свет, а монохроматический пучок света, т.е. свет, имеющий определенную окраску. На пути этого пучка Ньютон ставил новую призму, а за ней новый экран. Этот пучок света отклонялся призмой как одно целое, под определенным утлом. При этом свет не изменял своей окраски. Поворачивая первую призму, Ньютон пропускал через отверстие экрана цветные лучи различных участков спектра. Во всех случаях они не разлагались второй призмой, а лишь отклонялись на определенный угол, разный для лучей различного цвета.

После этого Ньютон пришел к заключению, что белый свет разлагается на цветные лучи, которые являются простыми и призмой не разлагаются. Для каждого цвета показатель преломления имеет свое определенное значение. Открытие дисперсии подтверждало, по мнению Ньютона, корпускулярную теорию света.

**Дисперсией света** называется явление зависимости скорости света от длины волны или частоты. При прохождении через призму белого света на экране, установленном за призмой, наблюдается радужная полоса, состоящая из семи монохроматических составляющих и их полутонов. Эта полоса называется дисперсионным спектром. Этот спектр условно делится на семь цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Смена цвета происходит непрерывно, причем смесь всех семи цветов дает белый цвет. Если из полного спектра исключить один из цветов, то комбинация оставшихся цветов дает цвета, которые называются дополнительными.

Объясняется разложение белого света тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны и показатель преломления света зависит от его длины волны. Наибольшее значение он имеет для света с самой короткой длиной волны - фиолетового света. Наименьшим показателем преломления обладает самый длинноволновый свет - красный. Абсолютный показатель преломления света определяется отношением скорости света С в вакууме к скорости света V в среде:

n = .

Исследования показали, что в вакууме скорость света одинакова для света с любой длиной волны. Таким образом, разложение света в стеклянной призме обусловлено зависимостью скорости распространения света в среде от длины световой волны.

Для того чтобы запомнить чередование цветов в спектре, обычно предлагают запомнить следующую фразу: «Каждый Охотник Желает Знать Где Скрывается Фазан», где заглавные буквы каждого слова являются первыми буквами в названии соответствующего цвета - красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

**Корпускулярная теория, как уже указывалось,** не в состоянии была объяснить явление интерференции и дифракции света. Тогда Ньютон сам занялся исследованием интерференции. Он взял линзу, положил ее на стеклянную пластинку и пронаблюдал темные и светлые кольца, которые видны при освещении линзы и пластинки монохроматическим светом. Это были так называемые кольца Ньютона.

В конце XVIII веке английский ученый Томас Юнг (1773-1829) пришел к выводу, что кольца Ньютона можно объяснить с точки зрения волновой теории света, опираясь на принцип интерференции. Именно он впервые и ввел название «интерференция» (от латинских слов «inter» - «взаимно» и «ferio» - «ударяю»).

По мнению Юнга, кольца Ньютона в отраженном свете возникают в результате интерференции двух лучей света, отраженных от верхней и нижней поверхностей воздушной прослойки, образованной линзой и стеклянной пластинкой. От толщины этой прослойки будет зависеть разность хода между указанными лучами. В частности, они могут усиливать или гасить друг друга. В первом случае мы видим светлое кольцо, во втором - темное. Если свет, освещающий установку, белый, то будут наблюдаться цветные кольца. По расположению колец для разных цветов можно подсчитать длину волны соответствующих цветных лучей. Юнг проделал этот расчет и определил длину волны для разных участков спектра.

Существенное влияние на развитие волновой теории оказал французский инженер Огюстен Френель (1788-1827). Он дал объяснение прямолинейному распространению света, показав, что лучи, поляризованные перпендикулярно друг к другу, не интерферируются. В опытах по дифракции света он установил, что дифракционные полосы появляются вследствие интерференции лучей. Принцип интерференции позволил Френелю законы отражения и преломления объяснить взаимным погашением световых колебаний во всех направлениях, за исключением тех, которые удовлетворяют закону отражения. Ему удалось экспериментально доказать, что световые лучи могут воздействовать друг на друга, ослабляться и даже почти полностью погашаться в случаях согласных колебаний, что и позволило ему дать объяснение явлению дифракции. Основное внимание Френель уделял опытам по дифракции света, для которой разработал специальную теорию. Эта теория основывалась на усовершенствованном принципе Гюйгенса, который мы уже рассматривали выше как принцип Гюйгенса - Френеля. Используя этот принцип, Френель исследовал разные случаи дифракции и рассчитал расположение полос для этих случаев.

В XVII веке большое внимание уделялось исследованию явления двойного лучепреломления. Датский физик Бартолин наблюдал, что когда на кристалл исландского шпата падает луч света, то он при преломлении раздваивается. Если смотреть на точечный источник света через этот кристалл, то можно увидеть не один, а два таких источника. Это явление зависит от ориентации кристалла относительно луча. В кристалле есть направление, по которому раздваивание луча не происходит. Это направление называется **оптической осью кристалла.**

Исследуя явление двойного лучепреломления в начале XIX века, французский инженер Малюс обнаружил, что если смотреть через кристалл исландского шпата на изображение солнца в стекле, то при одних положениях этого кристалла видно два солнца, а при определенном положении стекла и кристалла одно из изображений пропадает, даже если световые лучи направлены не вдоль оптической оси. Так было открыто явление поляризации света.

**Интенсивность светового пучка,** проходящего через некоторые прозрачные кристаллы, зависит от взаимной ориентации двух кристаллов. При одинаковой ориентации кристаллов свет проходит через второй кристалл без ослабления. Если же второй кристалл повернут на 90° от первоначального положения, то свет через него не проходит. При прохождении через первый кристалл происходит поляризация света, т.е. кристалл пропускает только такие волны, в которых колебания вектора Е напряженности электрического поля совершаются в одной плоскости. Эта плоскость называется **плоскостью поляризации.** Если плоскость, в которой пропускаются колебания вторым кристаллом, совпадает с плоскостью поляризации, поляризованный свет проходит через второй кристалл без ослабления. При повороте кристалла на 90° поляризованный свет не проходит через кристалл.

Анализируя явления поляризации и двойного лучепреломления, Юнг и Френель сделали вывод о поперечности световых волн. С помощью этой гипотезы Френель исследовал указанные явления и разработал теорию прохождения поперечных волн через двоякопреломляющее тело. Новые исследования интерференции и дифракции света, в частности изобретение дифракционной решетки, все больше и больше подтверждали волновую теорию света. К 40-м годам XIX века эта теория стала общепризнанной.

Одним из наиболее трудных для волновой теории света был вопрос о том, что же колеблется при распространении световых волн, в какой среде они распространяются.

На вопрос о природе света и механизме его распространения давала ответ гипотеза Максвелла. На основании совпадения экспериментально измеренного значения скорости света в вакууме со значением скорости распространения электромагнитных волн Максвелл высказал предположение, что свет - это электромагнитные волны. Его гипотеза подтверждается многими экспериментальными фактами. Представлениям электромагнитной теории света полностью соответствуют экспериментально открытые законы отражения и преломления света, явления интерференции, дифракции и поляризация света.

Однако электромагнитная теория света не в состоянии объяснить законы фотоэффекта, явления взаимодействия света с веществом, в которых проявляются корпускулярные свойства света.

**Фотоэлектрическим эффектом или фотоэффектом** называется явление испускания электронов веществом под действием света, открытое в 1887 году Генрихом Герцем. Фотоэффект подчиняется ряду закономерностей:

- энергия освобожденных электронов, называемых фотоэлектронами, абсолютно не зависит от интенсивности света;

- повышение интенсивности приводит к увеличению числа фотоэлектронов, но не их скорости;

- число фотоэлектронов пропорционально интенсивности света;

- скорость электронов зависит только от частоты падающего света: с увеличением частоты энергия фотоэлектронов возрастает линейно.

Все тела, кроме теплового излучения, в результате различных внешних воздействий дают избыточное излучение, которое не определяется температурой тела. **Люминесценцией** называют все виды свечений, возбуждаемых за счет любого внешнего источника энергии. Длительность люминесценции после прекращения внешнего воздействия значительно превышает период световых колебаний, что позволяет отличать ее от отражения и рассеяния света и пр.

Люминесценция обусловлена колебаниями небольшого количества атомов или молекул вещества, которые под действием источника энергии переходят в возбужденное состояние. Излучение возникает в результате переходов атомов или молекул из этих состояний в невозбужденное или менее возбужденное состояние, в результате чего высвобождается определенная энергия. Кратковременная люминесценция называется флюоресценцией.

**Благодаря развитию волновой оптики человек открыл явление голографии.** Физическая идея голографии состоит в том, что при наложении двух световых пучков, при определенных условиях, может возникать интерференционная картина, то есть в пространстве возникают максимумы и минимумы интенсивности света. Для того чтобы эта интерференционная картина была устойчивой какое-то время и ее можно было записать, эти два пучка должны обладать определенными свойствами - они должны быть взаимно когерентными (т.е. у них должна быть одна и та же длина волны) и, кроме этого, за время регистрации должна быть одна фаза колебаний, то есть колебания светового поля должны быть синхронными. Практически это достигается тем, что два пучка образуются делением пучка одного источника излучения, излучающего строго одну длину волны (лазер со специальными параметрами излучения). Так как длина волны света достаточно мала, то расстояние между интерференционными максимумами и минимумами тоже мало - порядка 1 мкм, поэтому для регистрации применяются специальные мелкозернистые фотоэмульсии.

Термин «голография» (Holography) образован сочетанием слов «полный, весь» и «рисовать, записывать», так что несколько свободный перевод термина может звучать как «наиболее полная запись образа объекта». В наиболее общем виде идея голографии может быть сформулирована так - если каким-то способом точно зафиксировать структуру светового поля, исходящего от объекта, записать ее на какой-либо носитель, а затем восстановить это поле с достаточной точностью, то наблюдатель не сможет различить, наблюдает ли он сам объект или же его имитацию. В более узком смысле термин «голография» обозначает технологию (точнее, пакет технологий, объединенных общей идеей) такой «полной» записи волнового поля.

Лазерный луч расщепляется на два пучка, расширяется оптикой, чтобы осветить весь объект целиком. Один пучок, называемый «объектным», направляется на объект, освещая его так, чтобы отраженное от него излучение попадало на фотопластинку. Второй пучок, который называют «опорным», направляется прямо на фотопластинку. Эти два пучка будут интерферировать на поверхности фотопластинки, и при рассмотрении под микроскопом поверхность пластинки будет покрыта множеством интерференционных линий, колец. Это и есть запись структуры волнового поля, отраженного объектом.

Полученная голограмма носит название пропускающей голограммы. Если теперь эту голограмму осветить пучком лазерного света (на просвет, отсюда и название - пропускающая), то можно будет увидеть восстановленное изображение, расположенное точно в том месте, где ранее, при съемке, находился объект. Происходит это в результате того, что лазерный свет, проходя через фотопластинку с записанной ранее структурой светового поля, приобретает все свойства светового потока, который ранее, при записи, отражался объектом.