

Проект по физике:

«В мире оптических явлений.

Создание перископа»



Выполнила: Долгополова Дина 6 Г класс

Учитель: Волкова А.А.

Липецк
2011г.

АННОТАЦИЯ К ПРОЕКТУ «В мире оптических явлений».

С давних времен природа внушала человеку то страх, то восхищение. Человека влекло все неведомое, и он старался глубже проникнуть в тайны природы, раздвинуть круг своих знаний о ней. Все научные открытия и знания необходимы для того, чтобы человек использовал их в практической деятельности. В своем проекте я осветила одну из областей физики, которая изучает оптические явления.

Законы отражения света позволили создать зеркала, ныне имеющиеся в каждом доме. Открытие законов преломления привело к созданию очков, сделавших многих людей зрячими. Изобретение микроскопа произвело революцию в биологии. Изобретение телескопа открыло перед человеком удивительнейший и богатейший мир явлений, происходящих в необъятной Вселенной. Открытию фотографии мы обязаны тем, что сейчас можем знать, как выглядели наши деды и прадеды и какими мы сами были в младенческом возрасте. Фотография помогла и продолжает помогать многим отраслям науки. В настоящее время широко применяется фотографирование объектов из космоса с помощью спутников. Первые фотографии из космоса делались в военных целях, но сейчас фотографирование со спутников все больше и больше используется для нужд сельского хозяйства, геологии, метеорологии и для контроля за окружающей средой. Создание кино тоже начиналось с фотографии. Нашла свое применение оптика и в военном деле. Для изучения передвижения противника на больших расстояниях военные используют бинокли, а для наблюдения из укрытий перископы и стереоскопические трубы.

Цель моей работы: изучение оптических явлений, создание перископа.

Для осуществления поставленной цели мне необходимо решить следующие задачи:

- изучить историю оптики,
- усвоить физические основы явлений отражения и преломления света,
- проанализировать строение глаза как оптической системы,
- рассмотреть различные оптические приборы,
- создать перископ.

Практическое значение оптики и её влияние на другие отрасли знания и виды деятельности человека исключительно велики. Область явлений, изучаемая оптикой, весьма обширна. Оптические явления теснейшим образом связаны с явлениями, изучаемыми в других разделах физики, а оптические методы исследования относятся к наиболее тонким и точным. Поэтому неудивительно, что оптике на протяжении длительного времени принадлежала ведущая роль в очень многих фундаментальных исследованиях и развитии основных положений современной физики. Исследование оптических явлений не только открыло новые широчайшие возможности в самой оптике, но и в её приложениях в различных отраслях науки и техники.

История оптики

История оптики неразрывно связана с естественнонаучными и философскими работами мыслителей древнего мира. Первые инструменты для оптических исследований появились в результате наблюдений за тенью, отбрасываемой предметами, за отражением и преломлением света в драгоценных камнях, в воде или во льду, опытов, сделанных с помощью линз и зеркал в Древнем Египте и государствах Месопотамии. Мысли, гипотезы и теории древних учёных, связанные со зрительными наблюдениями, были развиты древними греческими и индийскими философами. Особенно следует выделить развитие оптики в греко-римском древнем мире. Слово **Оптика** – греческого происхождения, оно связано со зрением. Оптика была значительно преобразована в средневековье, когда были сформулированы начала физической и физиологической оптики. Дальнейшее развитие наука получила в 16 – 19 веках, где были сформированы основные понятия учения о природе света и его свойствах. Современная оптика резко расширила области необходимых исследований, в значительной степени связанных с развитием в 20 - 21-ом столетии знаний об электромагнитном излучении и квантовой оптики.

Первые представления древних ученых о свете были весьма наивны. Считалось, что из глаз выходят особые тонкие щупальца и зрительные впечатления возникают при ощупывании ими предметов. Тогда под оптикой понимали науку о зрении. Именно такой точный смысл слова «оптика». В средние века оптика постепенно из науки о зрении превратилась в науку о свете, этому способствовало изобретение линз и камеры-обскуры. Свойства стекла - увеличивать изображения предметов, были известны еще в Древнем Риме, По преданию император Нерон смотрел бои гладиаторов через специально обточенный изумруд. Но понимания, почему стекло обладает такими свойствами, не было. Гораздо позже в Средние века начала развиваться наука о свете и законах его распространения.

Почти вся история Оптики, это история поиска ответа: что такое свет? Одна из первых теорий света – теория зрительных лучей – была выдвинута греческим философом Платоном около 400 г. до н. э. Данная теория предполагала, что из глаза исходят лучи, которые, встречаясь с предметами, освещают их и создают видимость окружающего мира. Взгляды Платона поддерживали многие ученые древности и, в частности, Евклид (3 в до н. э.), исходя из теории зрительных лучей, основал учение о прямолинейности распространения света, установил закон отражения. В те же годы были открыты следующие факты:

- прямолинейность распространения света;
- явление отражения света и закон отражения;
- явление преломления света;
- фокусирующее действие вогнутого зеркала.

Древние греки положили начало отрасли оптики, получившей позднее название геометрической. В эпоху Возрождения было совершено множество различных открытий и изобретений; стал утверждаться экспериментальный метод, как основа изучения и познания окружающего мира. При рассмотрении многих оптических явлений пользовались представлением о световых лучах – геометрических линиях, вдоль которых распространяется световая энергия.

В начале XIX века развернулись интенсивные исследования открытых ранее явлений интерференции и дифракции света. Эти явления не находили объяснения в рамках геометрической оптики, необходимо было рассматривать свет в виде волн. Так возникла волновая оптика. Первоначально полагали, что свет - волны в **мировом эфире**, который будто бы заполняет все мировое пространство. В 1864 году английский физик Джеймс Максвелл создал электромагнитную теорию света, согласно которой волны света – это электромагнитные волны с соответствующим диапазоном длин.

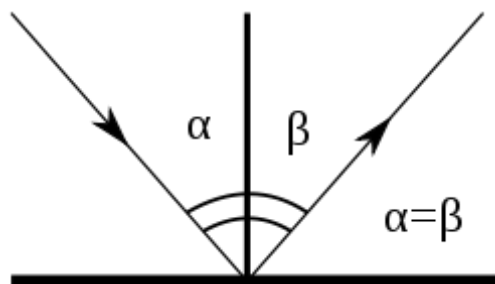
В современное время оптика - это раздел физики, в котором исследуется испускание света, его распространение в различных средах и взаимодействие с веществом. Что же касается вопросов, связанных со зрением, устройство и функционирование глаза, то они выделились в специальное научное направление, называемое физиологической оптикой. Роль оптики в развитии современной физики велика. Возникновение наиболее важных и революционных теорий двадцатого столетия в физике, в существенной мере связано с оптическими исследованиями. Способствуя развитию разных направлений современной физики, оптика в то же время и сама переживает сегодня период бурного развития. Основной толчок этому развитию дало изобретение интенсивных источников света – лазеров. В результате волновая оптика поднялась на еще более высокую ступень. Трудно даже перечислить все новейшие направления, развивающиеся благодаря появлению лазеров. Среди них голография, радиооптика и другие направления физики. Можно без преувеличения сказать, что широкое практическое использование достижений современной оптики – обязательное условие научно-технического прогресса. Оптика открыла человеческому разуму дорогу в микромир, она же позволила ему проникнуть в тайны звездных миров. Оптика охватывает все стороны нашей практической деятельности.

Оптические явления.

Рассмотрим основные, простейшие оптические явления, такие как **отражение и преломление**, которые были известны еще в древности. Впервые для себя человек открыл явление **отражения**, видимо посмотревшись в воду и увидев там свое оптическое отражение. Отражение света это явление, сопровождающее падение светового луча из одной оптической среды¹ на границу её раздела со 2-й средой при котором происходит взаимодействие света с веществом и появлением отраженного светового луча направленного обратно от границы раздела в 1-ю оптическую среду.

Падающий и отраженный световые лучи связаны между собой определенным условием, называемым **Законом отражения**. Схематично Закон отражения выглядит следующим образом:

¹Упрощено - Оптическая среда, это любое вещество способное пропускать сквозь себя свет.

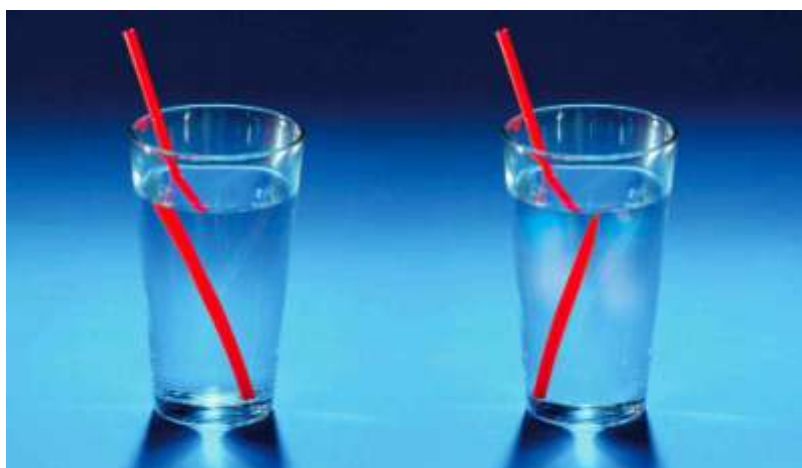


Из рисунка видно, что угол падения первичного светового луча α равен углу отраженного светового луча β (угол падения, равен углу отражения).

Вторым не менее значимым по важности для человека оптическим явлением стало преломление света. На границе двух сред свет меняет направление своего распространения. Часть световой энергии возвращается в первую среду, т.е. происходит отражение света. Если вторая среда прозрачна, то свет частично может пройти через границу сред, также меняя при этом, как правило, направление распространения. Это явление называется **преломлением света**.



Преломление света встречается на каждом шагу и воспринимается как совершенно обыденное явление, например можно видеть как соломинка, которая находится в стакане с водой, будет «переломлена» на границе воды и воздуха.



РОЛИК 1 (pril2.avi)



Преломление и отражение света в каплях воды порождает так же радугу. Почему же преломляется свет? Давайте посмотрим видеоролик и попытаемся разобраться.

РОЛИК 2 (pril3.avi)

Падающий и преломленный лучи связаны между собой определенным соотношением, называемым **Законом преломления**. Закон был открыт в начале XVII века голландским математиком Снеллом, известным также под именем Снеллиус. Схематично данный закон можно представить следующим образом:



Где φ углы падения и отражения, а χ угол преломления. При переходе из менее оптически плотной среды в более плотную, угол падения φ будет больше угла преломления χ . В случае перехода луча света из более плотной оптической среды в менее плотную, угол падения φ будет меньше угла преломления χ . Объединяя в одно правило особенности и отражения и преломления, мы можем сказать, что световой луч *во всех* случаях следует по **быстрейшему** пути, т. е. подчиняется правилу, которое физики называют “**принципом скорейшего прихода**”.

Зеркала.

Самым первым оптическим элементом изготовленным человеком с использованием явления отражения было зеркало. История возникновения зеркала теряется в глубине веков. Возраст самых древних зеркал на земле — около семи тысяч лет. До изобретения зеркального стекла в дело шли камень и металл: золото, серебро, бронза, олово, медь, горный хрусталь. В древней

мифологии медуза Горгона превратилась в камень, увидев свое изображение в напоялированном до блеска бронзовом щите Персея.



Персей убивает Горгону

Археологи считают, что самые ранние зеркала — это найденные в Турции полированные куски обсидиана, насчитывающие 7500 лет. Однако ни в одно из античных зеркал нельзя было, например, рассматривать себя сзади или различать оттенки цвета.

Изобретение настоящего зеркала следует отнести к 1279 году, когда францисканец Джон Пекам описал способ покрывать стекло тонким слоем свинца. Первыми производителями зеркал стали венецианцы. Технология была по тем временам довольно сложная: тонкий слой оловянной фольги накладывался на бумагу, которая с другой стороны покрывалась ртутью, по ртути опять прокладывалась бумага, и лишь затем поверху накладывалось стекло, которое придавливало этот слоеный пирог, а из него тем временем вытаскивалась бумага. Разумеется, подобное зеркало было весьма мутным — и все же оно отражало больше света, чем его поглощало. Таким процесс оставался с несущественными изменениями вплоть до 1835 года, когда немецкий профессор Либих открыл, что, используя серебро, можно получать гораздо более ясные и сверкающие зеркала. В настоящее время процесс производства зеркал достиг совершенства, и позволяет получать зеркала различной формы, размеров и высокого качества. Зеркала бывают плоские, вогнутые и выпуклые, с внешним и внутренним напылением отражающего слоя. В оптических устройствах применяются зеркала с различной кривизной поверхности, имеющие внешнее напыление.



В быту человечество, как правило, использует плоские зеркала с внутренним напылением отражающего слоя.

Линзы.

Вторым оптическим элементом, изготовленным человеком была линза. Древние римляне давно заметили странное свойство сосудов, наполненных водой способных увеличивать в размерах изображения предметов находившихся за ними, такие же свойства отмечались у капелек росы после дождя. В каплях росы можно было увидеть различные предметы, находящиеся за ними, но в перевернутом виде.



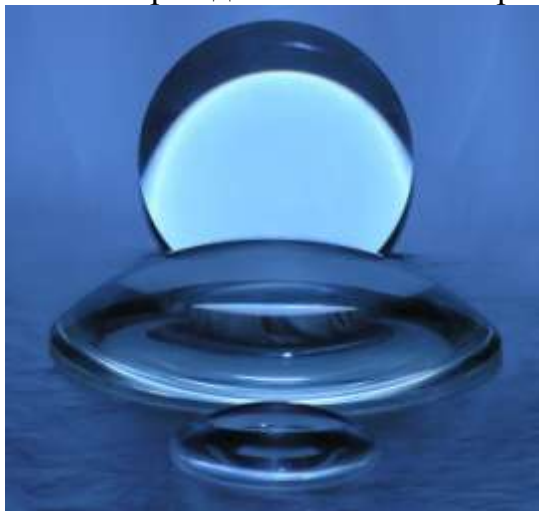
После этого люди пытались получить такой эффект, изменяя форму стекла и создали линзы. Самые ранние известные линзы были сделаны из полированных кристаллов в Ассирии, часто кварца; их датируют приблизительно 700 до н.э. Есть много подобных линз из древнего Египта, Греции и Вавилона. Древние греки заполняли стеклянные колбы водой, чтобы получить линзы. На китайских гравюрах 7–9 веков встречаются первые изображения вставленных в оправу линз, которые использовались как солнцезащитное средство. Для этой же цели согласно сведениям из древних рукописей сапфировую линзу использовал император Нерон. В 1890 году при археологических раскопках Трои было найдено более 40 выпуклых оптических линз диаметром 25–30 мм, и, судя по всему, это были первые прототипы очков. А около тысячи лет тому назад древние викинги на острове Готланд зарыли клад, и среди множества драгоценностей и предметов тогдашнего быта были найдены отличного качества линзы из горного хрусталя. Пока ученые не могут с уверенностью сказать, для каких именно целей использовались эти предметы, но надо отдать должное древним мастерам – такого качества шлифовки не могли добиться даже спустя несколько столетий.

Массовое изготовление линз в большинстве случаев связывают с появлением первых астрономических приборов и очков. Так в Италии в конце 13 века было развито производство линз из венецианского стекла, и такие зрительные линзы пользовались большой популярностью в Венеции и других городах и странах средневековой Европы. С развитием книгопечатания значительно увеличился спрос на очки и другие увеличительные оптические принадлежности. Постоянно совершенствуется технология шлифовки линз,

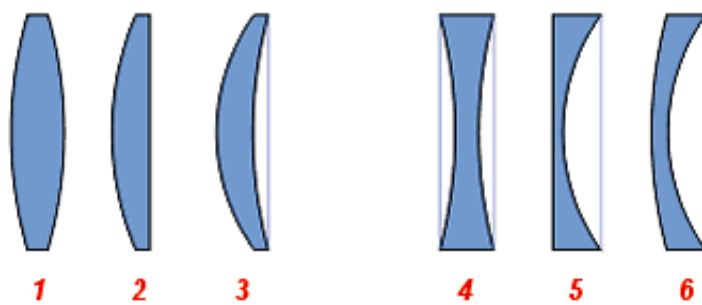
разнообразной становится их конфигурация, ученые интенсивно занимаются исследованиями оптических явлений.

Новый этап истории линз неразрывно связан с именем **Галилео Галилея**. Благодаря усовершенствованию технологии шлифовки линз он сконструировал зрительную трубу, обладающую тридцатикратным увеличением. Его взору в деталях предстала планета Марс и другие планеты солнечной системы. Благодаря своему телескопу он сделал выдающиеся научные открытия прославившие его.

В настоящее время линзы изготавливаются из оптического просветленного стекла или кварца на специальных станках и имеют различные размеры и формы, от нескольких миллиметров до нескольких метров в диаметре.



Линзы можно разделить на несколько основных типов. В зависимости от форм различают **собирающие** и **рассеивающие** линзы. К группе собирающих линз обычно относят линзы, у которых середина толще их краёв, а к группе рассеивающих — линзы, края которых толще середины. Линзы характеризуются, как правило, своей оптической силой, или фокусным расстоянием..



Виды линз:

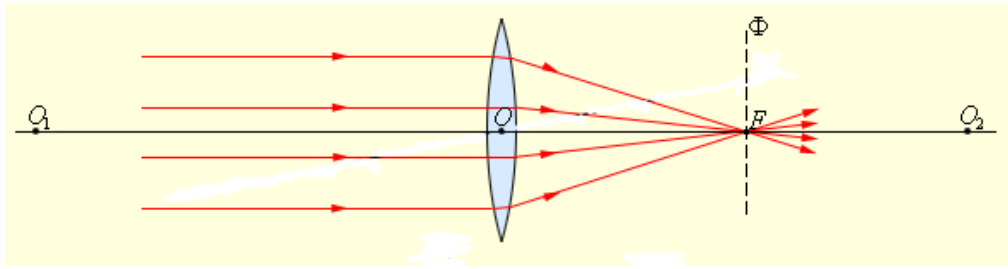
Собирающие:

- 1 — двояковыпуклая
- 2 — плоско-выпуклая
- 3 — вогнуто-выпуклая

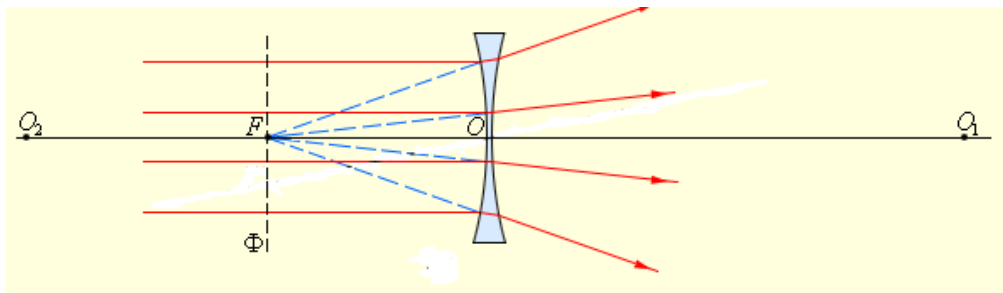
Рассеивающие:

- 4 — двояковогнутая
- 5 — плоско-вогнутая
- 6 — выпукло-вогнутая

Отличительным свойством собирающей линзы является способность собирать падающие на её поверхность лучи в одной точке, расположенной по другую сторону линзы.

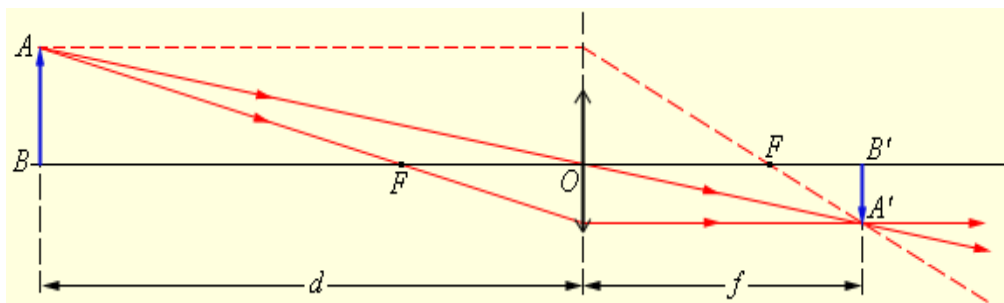


Основные элементы собирающей линзы: Q_1Q_2 – **главная оптическая ось** – прямая линия, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу; **O** – **оптический центр** – точка, которая находится на оптической оси внутри линзы (в её центре); **F** – **фокус линзы** – точка. Если на линзу будет падать свет от очень удалённого источника, лучи которого можно представить идущими параллельным пучком, то по выходе из неё лучи преломятся и точка пересечения лучей, вышедших из линзы будет являться фокусом линзы, а расстояние от центра линзы до фокуса **OF** – **фокусным расстоянием** линзы.

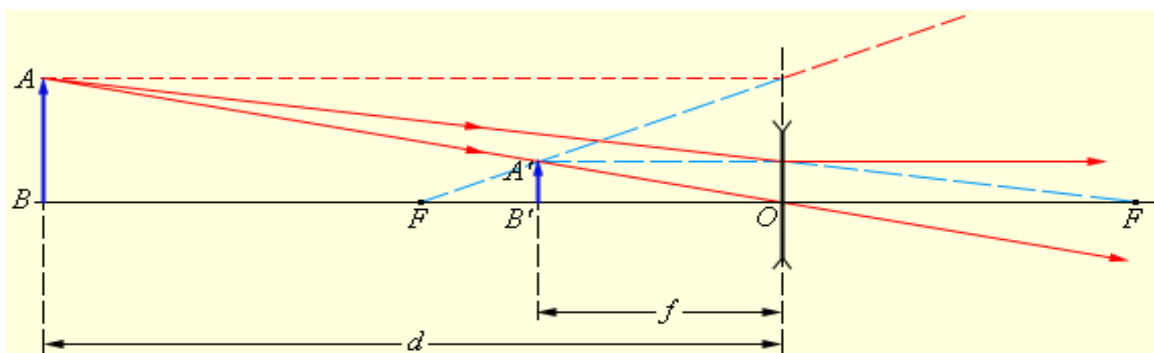


Основные элементы рассеивающей линзы: Q_1Q_2 – **главная оптическая ось** – прямая линия, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу; **O** – **оптический центр** – точка, которая находится на оптической оси внутри линзы (в её центре); **F** – **фокус линзы (мнимый фокус)**. Лучи, падающие на рассеивающую линзу, по выходе из неё будут преломляться в сторону краёв линзы, то есть рассеиваться. Если эти лучи продолжить в обратном направлении так, как показано на рисунке пунктирной линией, то они сойдутся в одной точке F, которая и будет фокусом этой линзы. Этот фокус будет мнимым.

Построение изображений в собирающей линзе предметов, имеющих определённую форму и размеры можно получить с помощью простейших геометрических построений. Для этого используют свойства трех стандартных лучей, ход которых известен. Это лучи, проходящие через оптический центр и фокусы линзы. Допустим, линия АВ представляет собой объект, находящийся на некотором расстоянии от линзы, значительно превышающем её фокусное расстояние. От каждой точки предмета через линзу пройдёт бесчисленное количество лучей, из которых, для наглядности, на рисунке схематически изображён ход только трёх лучей. Три луча, исходящие из точки А, пройдут через линзу и пересекутся в соответствующих точках схода на A_1B_1 , образуя изображение. Полученное изображение является действительным и перевёрнутым.

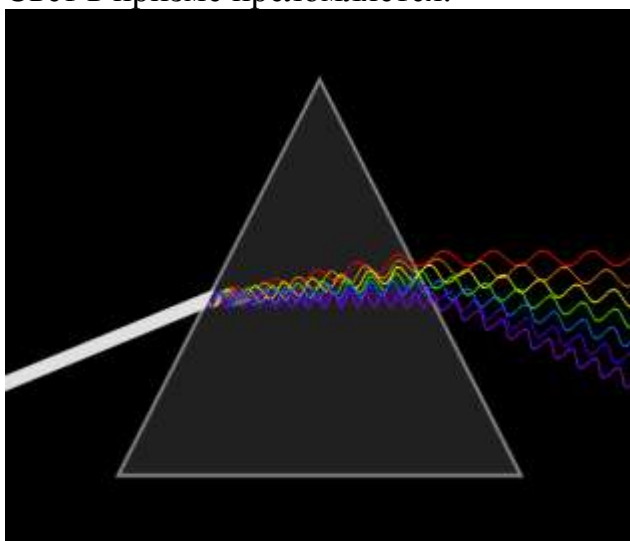


Построение изображения в рассеивающей линзе проводится аналогичным образом, только в данном случае при построении используется мнимый фокус и продолжения преломленных лучей перед линзой.

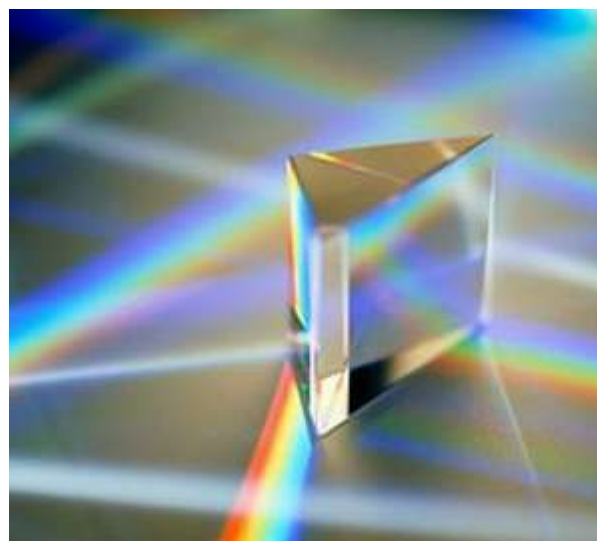


Призмы.

Еще одним из основных простейших оптических элементов является **призма** – это оптический элемент из прозрачного материала (например, оптического стекла или кварца) в форме геометрического тела — призмы, имеющий плоские полированные грани, через которые входит и выходит свет. Свет в призме преломляется.

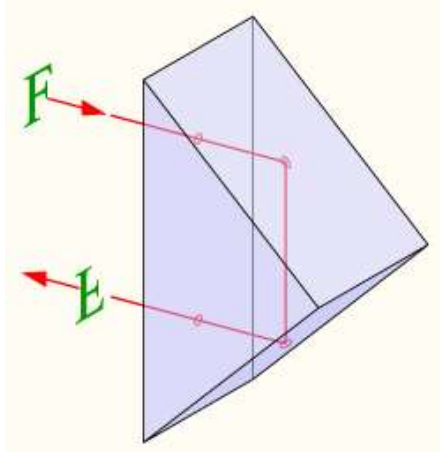


Условный ход лучей в призме

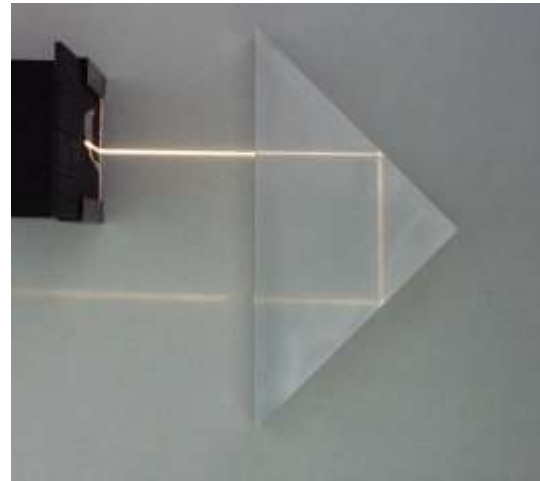


Призма, преломляющая свет

Исторически на опытах с призмой было начато исследование первых спектров – оптических. Первым был Исаак Ньютон, который в своем труде «Оптика», вышедшем в 1704 г. опубликовал результаты своих опытов разложения с помощью **призмы** белого света на отдельные компоненты различной цветности и преломляемости, то есть получил спектры солнечного излучения, и объяснил их природу, показав, что цвет есть собственное свойство света, а не вносится призмой. Призмы могут не только преломлять световые лучи, но и изменять их направление словно зеркала, за счет отражения света от внутренней поверхности граней.



Условный ход отраженного луча в призме



Ход отраженного луча света в призме

Оптические устройства и приборы.

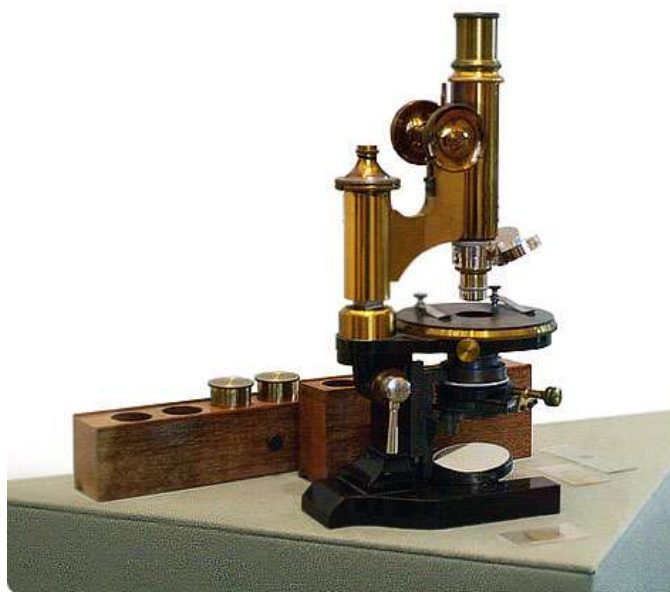
Зеркала, линзы и призмы являются главными составляющими элементами для множества оптических приборов и приспособлений, таких как микроскопы, телескопы, бинокли, очки, фотоаппараты и многих других. Некоторые из этих оптических приборов и устройств были изобретены еще несколько столетий назад. Постоянно совершенствуясь эти устройства сейчас очень сильно отличаются от своих предшественников. Первый в мире микроскоп был изобретен Левенгуком на рубеже 16 – 17 века.



Микроскоп Левенгука



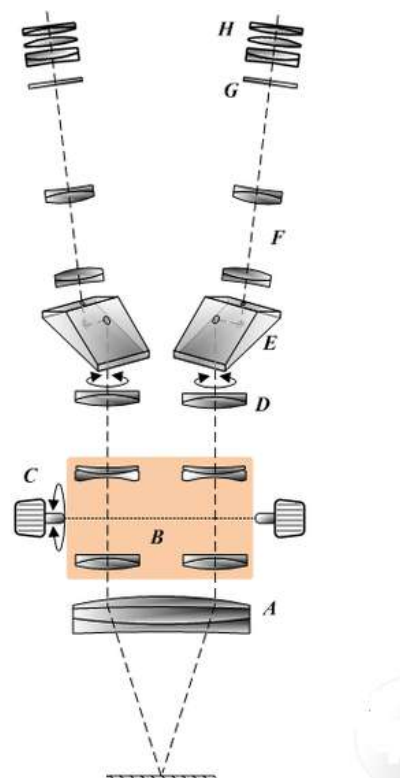
Микроскоп начала 19 века



Микроскоп начала 20 века



Современный микроскоп



Оптическая схема современного микроскопа

Как правило, в современных оптических приборах стоят одновременно по несколько линз, призм и зеркал, в связи с чем данные устройства имеют весьма более сложную конструкцию, чем их предшественники столетия назад. В этом можно убедиться, сравнив первый микроскоп Левенгука и современный бинокулярный микроскоп (микроскоп у которого есть 2 окуляра), морскую подзорную трубу конца 18 века и современный стрелковый прицел.



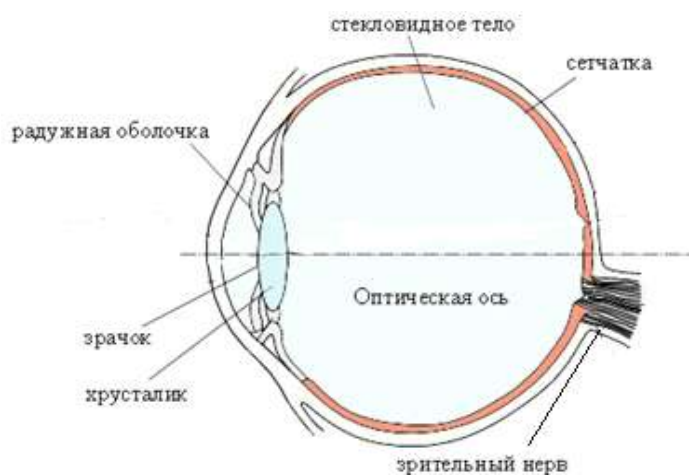
Старинная подзорная труба 18 века



Современный стрелковый прицел

Глаз как оптическая система.

Выяснив, что такое оптика и оптические системы и устройства необходимо разобраться, почему мы все же видим и как рождается оптическое отображение предмета в нашем сознании. Давно известно, что восприятие предметов внешнего мира осуществляется глазом путем анализа изображений этих предметов на сетчатке. Упрощенно глаз представляет собой шаровидное тело, которое называется **глазное яблоко**. В передней части глаза находится прозрачная оболочка - **роговица**. Часть роговицы называется **радужной оболочкой** и придает глазам тот или иной цвет (серый, черный, карий, голубой и т.д.). В радужной оболочке находится отверстие – **зрачок**, который может сужаться и расширяться, ограничивая проходящий свет. Внутри глазного яблока, за зрачком находится **хрусталик**, который представляет собой двояковыпуклую эластичную линзу. За хрусталиком внутри глазного яблока расположено прозрачное **стекловидное тело**, которое заполняет оставшийся объем глазного яблока. Внутренняя поверхность, задней части глазного яблока покрыта **сетчаткой**, представляющей собой светочувствительный слой, состоящий из множества нервных окончаний чувствительных к свету. Получаемое светочувствительными элементами сетчатки раздражение передается волокнам **зрительного нерва** и по ним достигает зрительных центров мозга.



Лучи света, отраженные от рассматриваемых предметов, проходят через четыре преломляющие поверхности: переднюю и заднюю поверхности роговицы, переднюю и заднюю поверхности хрусталика. При этом каждая из них отклоняет луч от первоначального направления, в результате в фокусе оптической системы глаза образуется действительное, но перевернутое изображение рассматриваемого предмета. Для того что бы человек одновременно хорошо видел как в дали так и вблизи, хрусталик глаза под действием особых мышц глаза меняет свое фокусное расстояние. Таким образом, глаз в упрощенном виде представляет собой оптическую систему, состоящую из нескольких линз с изменяемым фокусным расстоянием. При нормальном зрении световые лучи от предметов проходят, преломляясь, через оптическую систему глаза - роговицу, переднюю камеру глаза, хрусталик, стекловидное тело и фокусируются на определенной области сетчатки. Благодаря такому уникальному органу, как хрусталик, человек при нормальном зрении может без особого труда разглядеть и звезды на ночном небе, и мелкий

шрифт в книге. Часто четко отлаженная природой оптическая система нарушается и возникают заболевания глаз связанные с изменением в них хода света. Наиболее типичным и распространенным является **близорукость и дальнозоркость** – заболевания, при котором человек плохо различает предметы, расположенные на дальнем расстоянии или вблизи. При близорукости изображение приходится не на определенную область сетчатки, а расположено в плоскости перед ней, при дальнозоркости изображение как бы расположено за сетчаткой. Поэтому оно воспринимается нами как нечеткое. Данные заболевания глаз, как правило связаны с недостаточной возможностью изменения фокусного расстояния хрусталика под воздействием мышечной силы глазного яблока. Для компенсации данного недостатка перед глазом необходимо поместить линзу, которая восстановила бы привычный ход лучей света в глазе. Роль таких линз выполняют всем нам привычные очки. Очки состоят из оправы, в которую помещены линзы. Обычно для коррекции близорукости применяют **рассеивающие** линзы, а для дальнозоркости – **собирающие**. В настоящее время весьма популярны так называемые контактные линзы, которые устанавливаются непосредственно на поверхность глазного яблока в области радужной оболочки. Контактные линзы изготавливаются из прозрачного и эластичного полимера и могут иметь различные оттенки цветов и даже рисунки. При их установке, радужная оболочка глаза может иметь один из приведенных ниже рисунков или окраску.



Atom



Smiley



Soccer Ball

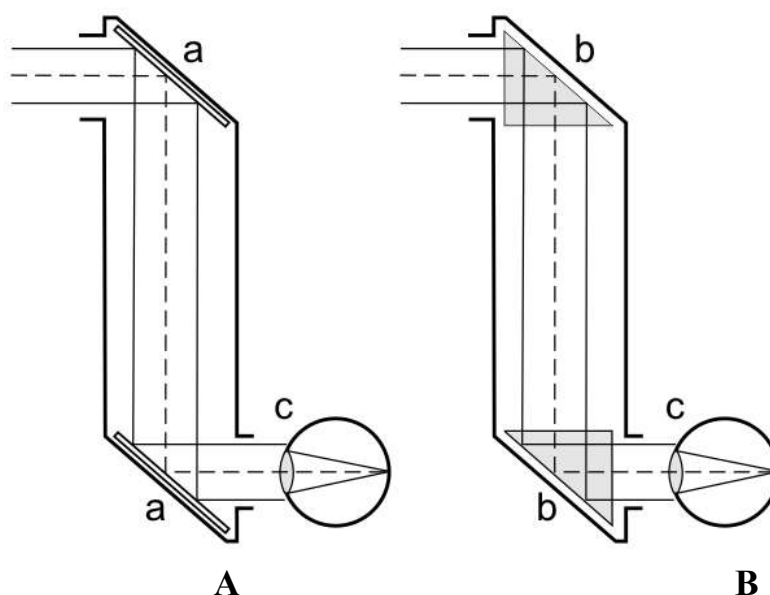


Target



Перископ

Перископ (от греч. periskopéo — смотрю вокруг, осматриваю), оптический прибор для наблюдения из укрытий, танков, подводных лодок. Простейшим является вертикальный перископ, состоящий из вертикальной зрительной трубы и 2 зеркал, установленных под углом 45° к оси трубы и образующих оптическую систему (А), которая преломляет световые лучи, идущие от наблюдаемого предмета, и направляет их в глаз наблюдателя. Распространены призмные перископы, в трубе которых вместо зеркал установлены прямоугольные призмы (В).



В самых современных перископах применяются оборачивающие телескопические линзовые системы, с помощью которых можно получать увеличенное прямое изображение. Особенно широко перископы применяются в армии, в частности в подводном флоте на подводных лодках. Находящаяся на глубине подводная лодка выдвигает на поверхность едва заметный окуляр перископа, и все, что делается на поверхности, становится известно.



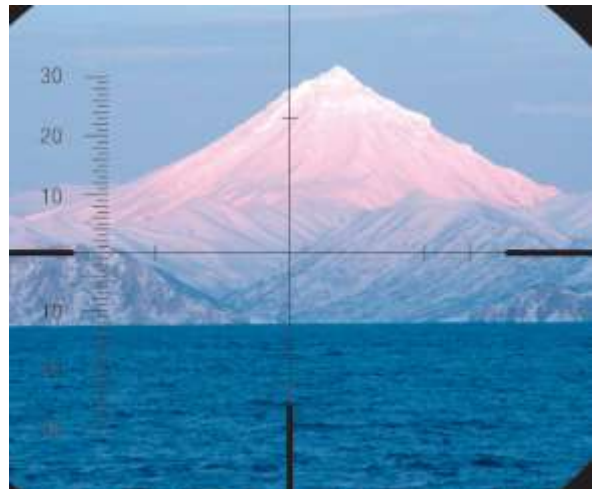
Современная атомная подводная лодка (АПЛ) в надводном положении.
Из рубки выдвинуты перископы



Нижняя часть перископа в командном отсеке АПЛ



Командир АПЛ наблюдает в перископ



Изображение над водой, которое видит подводник через перископ подводной лодки

Использование перископов в танке позволяет его экипажу во время боя наблюдать за окружающей обстановкой, вести огонь по противнику и управлять машиной в нужном направлении, оставаясь укрытым броней.



Современный танк



Нижняя часть танкового перископа



Изображение, которое видит танкист через перископ из танка

Простейший перископ можно легко сделать самому. Для этого необходимы лишь два зеркала или призмы и трубка достаточного диаметра и длины. Для более сложных перископов придется подобрать несколько собирающих и рассеивающих линз с соответствующими фокусными расстояниями.



Изготовленный перископ можно использовать для демонстрации на уроках физики при изучении закона отражения, в том числе с использованием лазерной указки. Для этого, луч указки направляется во входное отверстие (объектив) перископа, после чего его можно наблюдать выходящим из окуляра перископа.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Миннарт «Свет и цвет в природе», Наука, Москва 1985;
2. Я.И. Перельман «Занимательная физика», Наука, Москва 1979;
3. А.Л. Суворов «Микроскопия в науке и технике», Наука, Москва 1985;
4. Е.И. Бутиков «Оптика», Высшая школа, Москва 1986;
5. Большая Советская Энциклопедия, Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», Москва 2001;
6. В.А. Солнцев «Оптические наблюдательные приборы, их устройство, выбор и эксплуатация», Политехника, Санкт Петербург 1991.