

ПРЕЗЕНТАЦИЯ Краткого конспекта по ВИК № 2

Тема 2 – Основные законы геометрической оптики (54 стр.)

(разделы учебника по ВИК

Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Визуальный и измерительный контроль. М. РОНКТД, 1998.236 с.)

Содержание:

1. Прямолинейное распространение света.
2. Законы отражения и преломления света.
3. Понятие оптической системы.
4. Зеркала, линзы и очки.
5. Лупы.
6. Телескопические системы.
7. Микроскопы.
8. Бинокли.
9. Проекционный аппарат.
0. Эндоскопы.
1. Фотообъектив и фотографическая съемка.

На страницах:

2, 4, 6, 7, 11, 12, 14,16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 30, 34, 35, 36, 38, 43, 45, 46, 48, 53 и 54
приведены контрольные тестовые вопросы, в порядке изложенного материала,
которые часто используются при проверке знаний на общем экзамене
при аттестации по ВИК на второй уровень квалификации.

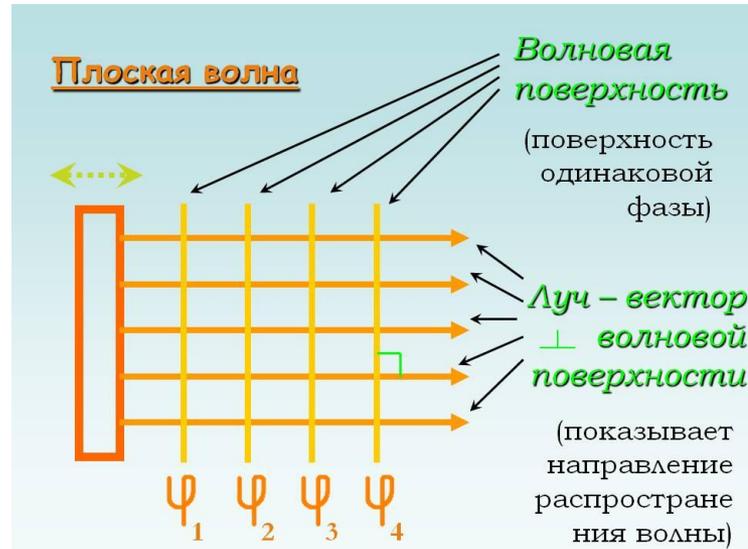
Тренируйте свою память!

(адрес автора omrez@bk.ru)

1. Прямолинейное распространение света

Пространственные волны всегда распространяются перпендикулярно к **линии, все точки которой достигаются волновым возмущением в один и тот же момент, эту линию называют волновым фронтом (волновая поверхность)**.

Прямая, перпендикулярная к волновому фронту и указывающая направление распространения волны называется лучом.



1. Линия в пространстве, все точки которой достигаются волновым возмущением в один и тот же момент времени называется (**найти неправильный ответ**):

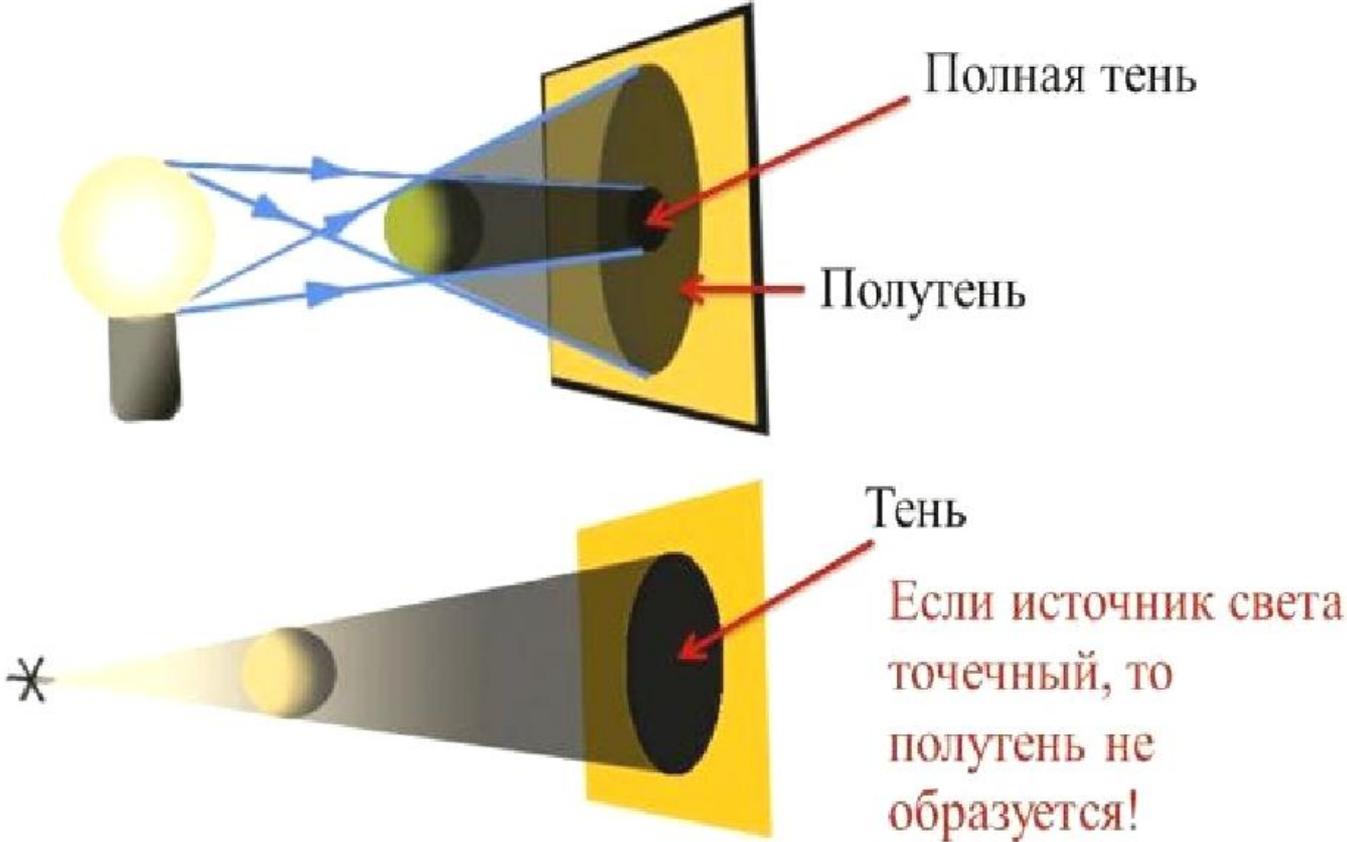
- а - волновой поверхностью;
- б - фронтом волны;
- в - пространственной волной;
- г - нет неправильного ответа.

2. Что такое световой луч?

- а - геометрическая линия, указывающая направление распространения света;
- б - узкий световой пучок конечной ширины;
- в - ось светового пучка;
- г - варианты: а, б, в.

Наблюдения показывают, что в однородной среде свет также распространяется вдоль прямых линий. При освещении предмета **точечным источником** получается резкая тень, форма которой подобна форме некоторого сечения предмета, параллельного плоскости экрана. При освещении **протяженным источником** света — тень и полутень.

Размеры тени определяются взаимным расположением источника, предмета и экрана в полном соответствии с проецированием при помощи прямых линий.



Для упрощения рассмотрения законов распространения световых волн удобно выделить по возможности узкие световые пучки конечной ширины и заменить их линиями, представляющими как бы оси этих пучков.

Таким образом, **световые лучи являются геометрическим понятием.**

Принято называть лучом геометрическую линию, указывающую направление распространения света, а не самые световые пучки. Конечно, чем уже световой пучок, тем легче и точнее с его помощью отыскать направление распространения света, т. е. определить световой луч.

Таким образом, изучаются законы **геометрической** или **лучевой оптики.**

2. Законы отражения и преломления света.

Возможность видеть несветящиеся предметы связана с тем обстоятельством, что всякое тело **частично отражает, а частично пропускает или поглощает падающий на него свет.** Именно благодаря этим явлениям диффузного отражения и пропускания свет, падающий на тело, рассеивается в разные стороны, и мы получаем возможность видеть тело с любой стороны.

В общем случае лучше рассматривать законы направленного (зеркального) отражения и направленного пропускания (преломления) света.

Для того чтобы имело место зеркальное отражение или преломление, поверхность тела должна быть достаточно гладкой, а его внутренняя структура – достаточно однородной.

Это означает, что неровности поверхности, равно как и неоднородности внутреннего строения, должны быть достаточно малы относительно длины волны световой волны (значительно меньше микрометра).

3. За счет чего получается возможность видеть тело с любой стороны?

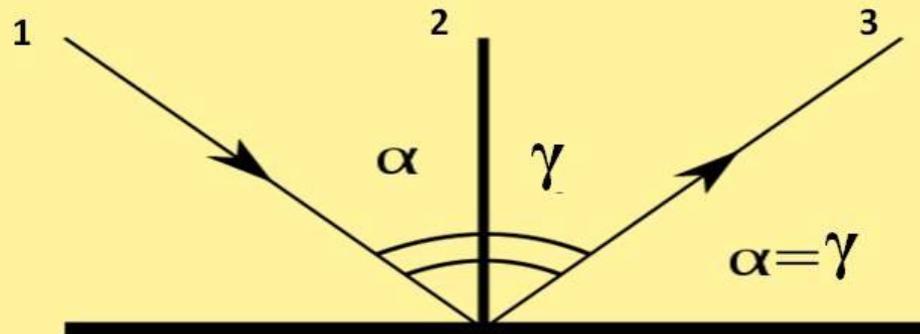
а - оптическое излучение отражается;

б - оптическое излучение поглощается;

в - оптическое излучение пропускается;

г - варианты: а, б, в.

Законы отражения света



1 – падающий луч

2 – перпендикуляр в точку падения светового луча

3 – отраженный луч

α – угол падения

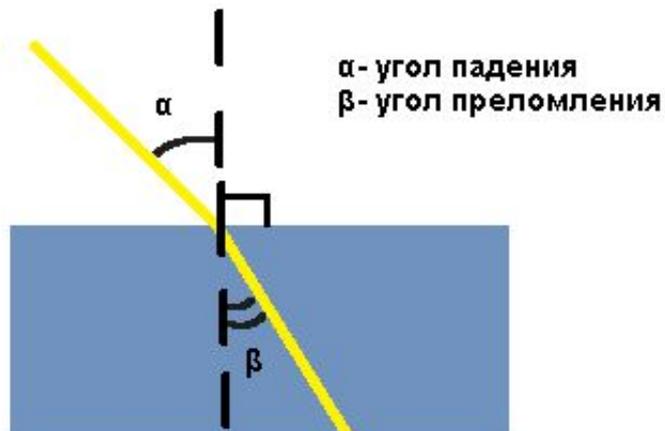
β – угол отражения

Вошедший в воду луч не является простым продолжением луча, падающего на границу раздела, а испытывает преломление.

Опытным путем установлен результат, который можно сформулировать в виде следующего **закона отражения света**:

луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к отражающей поверхности, лежат в одной плоскости, причем угол отражения равен углу падения.

Преломление света — явление, при котором луч света, переходя из одной среды в другую, изменяет направление на границе этих сред.



Преломление света происходит по следующему закону:

Падающий и преломленный лучи и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух сред:

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

где α — угол падения, β — угол преломления,
 n — постоянная величина, не зависящая от угла падения.

Величина n , входящая в закон преломления, называется **относительным показателем преломления для пары сред**.

Абсолютный показатель преломления вещества — величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде $n=c/v$

5. Абсолютный показатель преломления среды - это отношение:

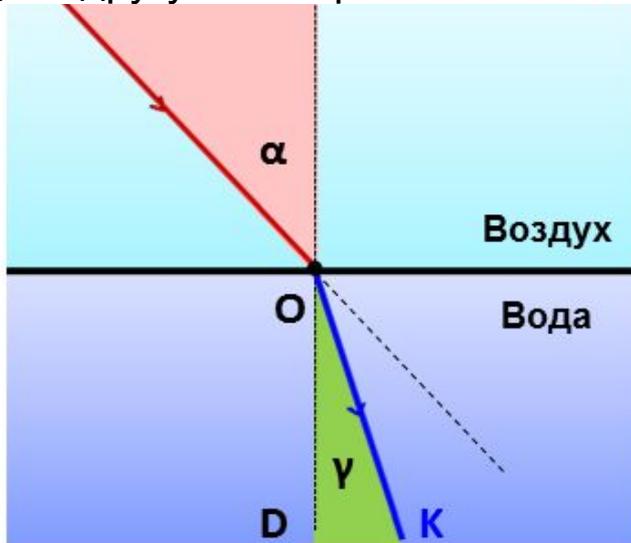
- а - скорости света в данной среде к скорости света в вакууме;
- б - скорости света в вакууме к скорости света в данной среде;
- в - скорости света в воде к скорости света в данной среде;
- г - скорости света в воздухе к скорости света в данной среде.

При изменении угла падения изменяется и угол преломления.

Чем больше угол падения, тем больше угол преломления.

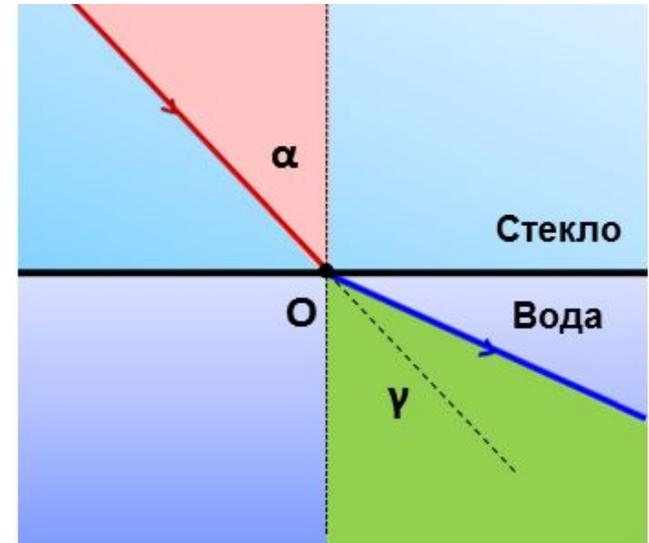
Если свет идет из среды оптически менее плотной в более плотную среду, то угол преломления всегда меньше угла падения: $\beta < \alpha$.

Луч света, направленный перпендикулярно к границе раздела двух сред, проходит из одной среды в другую без преломления.



При переходе светового луча из среды менее оптически плотной в среду более оптически плотную преломленный луч отклоняется ближе к перпендикуляру, проведенному к точке падения, от своего прямолинейного распространения.

Углы падения α и преломления γ принято измерять от перпендикуляра к поверхности раздела до соответствующего луча.



При переходе светового луча из среды более оптически плотной в среду менее оптически плотную преломленный луч отклоняется ближе к границе раздела двух сред, от своего прямолинейного распространения.

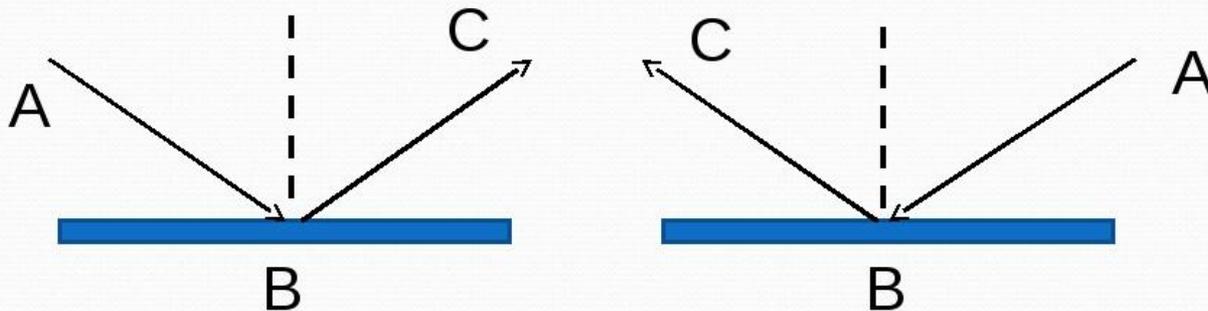
Обратимость световых лучей.

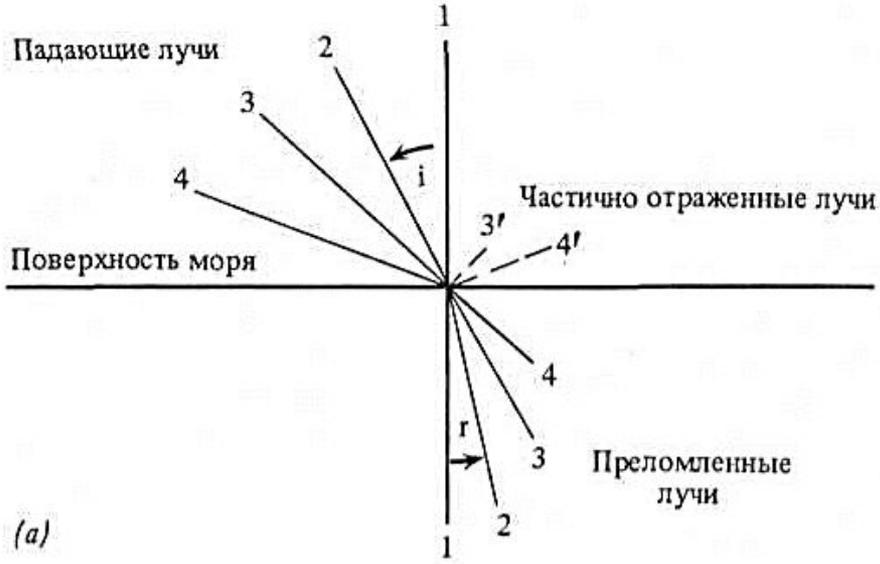
Что произойдет, если свет будет распространяться в обратном направлении? Для случая отражения света это означает, что падающий луч будет направлен не слева из А в С на рисунке, а справа из С в А, а для случая преломления рассматривается прохождение света из первой среды во вторую.

Точные измерения показывают, что если источник и приемник света поменять местами, то лучи пройдут тем же путем с изменением направления на обратное.

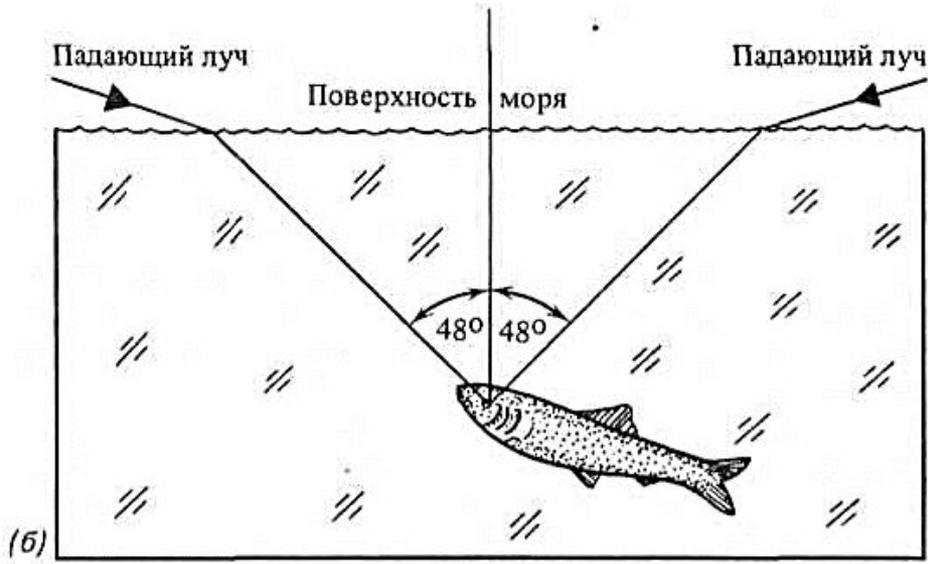
То есть падающий и отраженный (преломленный) луч поменяются местами.

- Обратимость световых лучей – луч, идущий по пути отраженного луча, отражается затем по пути падающего.





(a) Лучи света, проходя из атмосферы в океан, приближаются к вертикали; i — угол падения луча на поверхность, r — угол преломления луча.



(б) Поле зрения рыбы. Из-за более высокого показателя преломления воды рыба может видеть световые лучи почти от горизонта до горизонта (180°), хотя угол ее зрения — всего 96° .

Доля отраженной световой энергии зависит от оптических свойств, граничащих между собой сред и от угла падения.

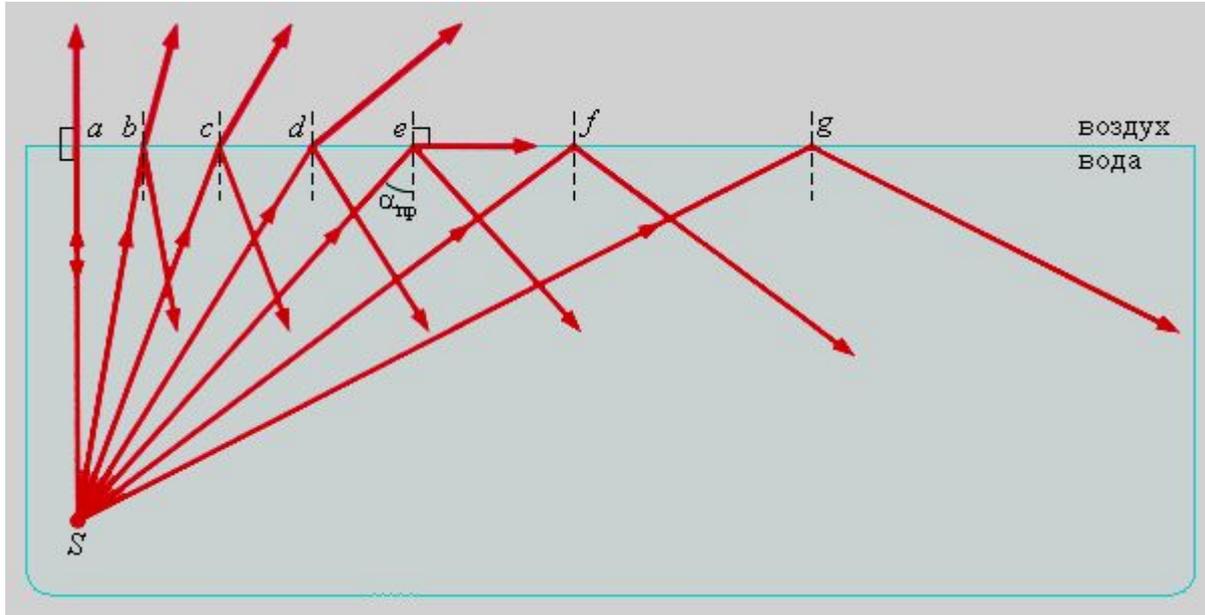
Если, например, свет из воздуха падает на стеклянную пластинку перпендикулярно к ее поверхности (**угол падения равен нулю**), то отражается всего только около 5% световой энергии, а 95% проходит через границу раздела (на границе раздела воздух – стекло $n = 1,555$).

При падении света на границу воздух – вода ($n = 1,333$) отражается всего только около 2% световой энергии, а 98% проходит.

При увеличении угла падения доля отраженной энергии возрастает.

Среду с меньшим абсолютным показателем преломления называют оптически менее плотной.

При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную $n_2 < n_1$ (например, из стекла в воздух) можно наблюдать явление полного отражения, то есть исчезновение преломленного луча. Это явление наблюдается при углах падения, превышающих некоторый критический угол $\alpha_{\text{пр}}$, который называется **предельным углом полного внутреннего отражения**



Для границы раздела стекло–воздух ($n = 1,5$) критический угол равен $\alpha_{\text{пр}} = 42^\circ$, для границы вода–воздух ($n = 1,33$) – $\alpha_{\text{пр}} = 48,7^\circ$.

6. Когда можно наблюдать исчезновение преломленного светового луча?

а - при переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную;

б - при углах падения, превышающих некоторый критический угол;

в - при нулевых углах падения;

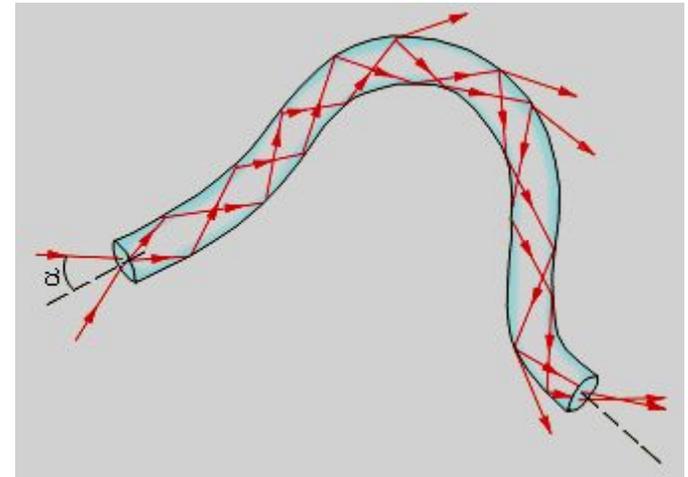
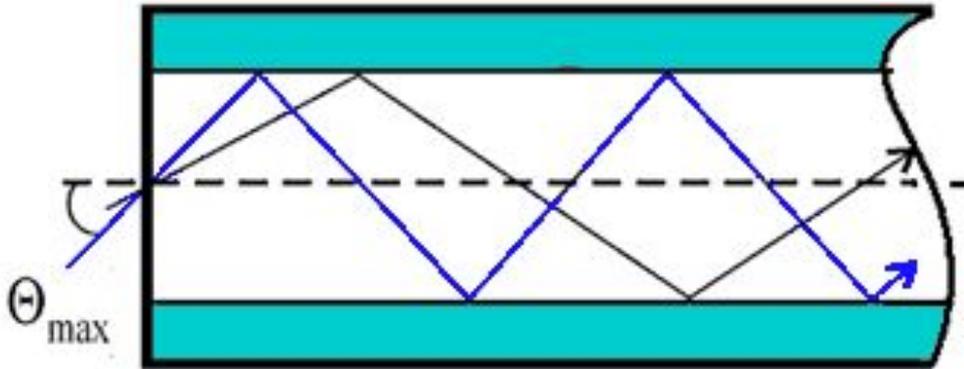
г - варианты: а, б, в.

Световод – это устройство, ограничивающее область распространения оптических колебаний и направляющее поток световой энергии в заданном направлении.

Для передачи электромагнитной энергии по световоду используется известное явление полного внутреннего отражения на границе раздела «сердцевина – оболочка» с коэффициентами преломления $n_1 > n_2$. Кроме того, оболочка защищает распространяющийся по сердцевине свет от любых внешних воздействий и помех.

Оптическое волокно – это сочетание стеклянного волокна с защитным покрытием, являющимся конструктивным элементом. Термин используется обычно при рассмотрении конструктивных и технологических особенностей волоконно-оптических кабелей.

Термины «оптическое волокно» и «волоконный световод» являются синонимами. Последний обычно применяется при рассмотрении вопросов передачи информации с помощью законов оптики.



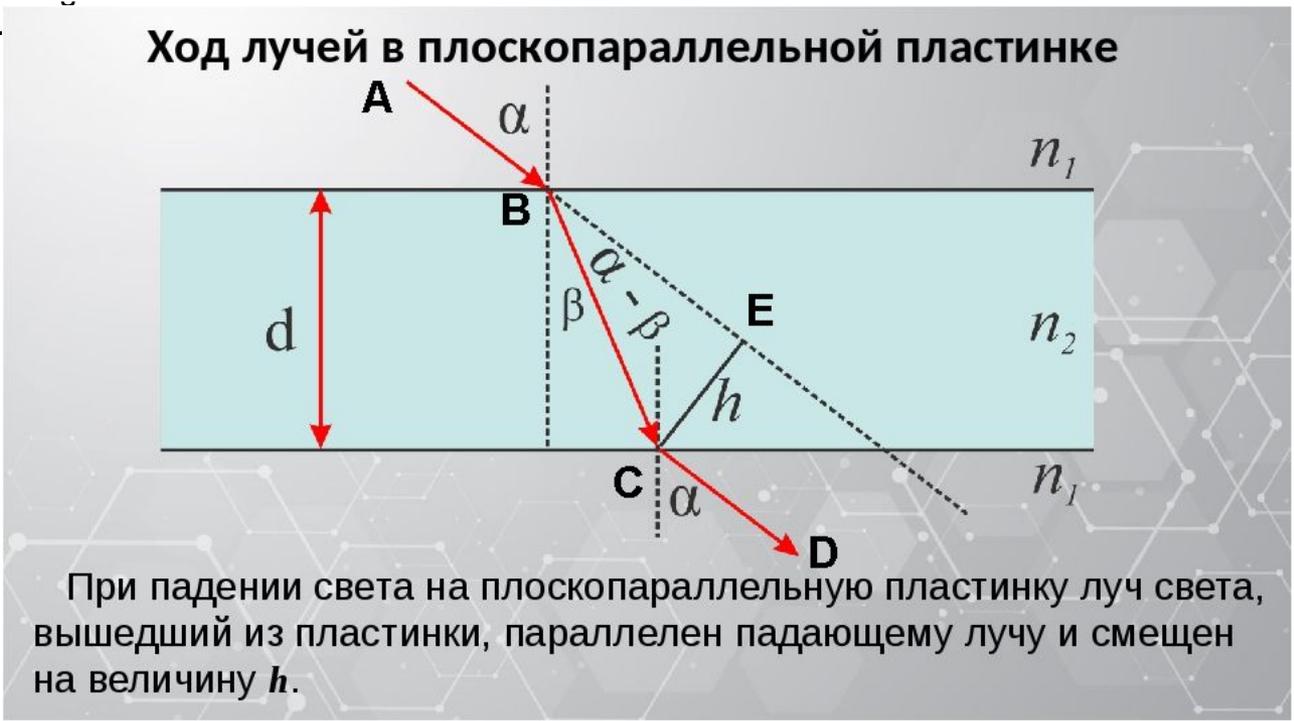
7. Чем отличаются «оптическое волокно» и «волоконный световод»?

- а - область распространения оптических колебаний;
- б - передачей информации с помощью законов оптики;
- в - нет отличий;
- г - варианты: а и б.

Преломление в плоскопараллельной пластинке. Пусть луч **AB** падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку. В стекле он преломится и пойдет в направлении **BC**. В точке **C** он снова преломится и выйдет из пластинки в направлении **CD**.

Луч, выходящий

лучу **AB**.



Луч **CD** смещен в сторону относительно падающего луча **AB**. Смещение $h = EC$ зависит от толщины пластинки и углов падения и преломления. Смещение, очевидно, тем меньше, чем тоньше пластинка.

3. Понятия оптической системы

Оптической системой называют **совокупность оптических деталей** (линз, призм, зеркал и т.п.), **предназначенную для определенного формирования пучков световых лучей.**

По положению предмета и его изображения относительно оптической системы последние подразделяются на следующие виды:

- 1) **микроскоп** (*предмет - на конечном расстоянии, а изображение - в бесконечности*);
- 2) **телескопическая система** (*предмет и его изображение - в бесконечности*);
- 3) **объектив** (*предмет - в бесконечности, а изображение на конечном расстоянии*);
- 4) **проекционная система** (*предмет и его изображение - на конечном расстоянии*).

8. Сколько существует видов оптических систем?

- а - три;
- б - четыре;
- в - пять;
- г - нет таких видов.

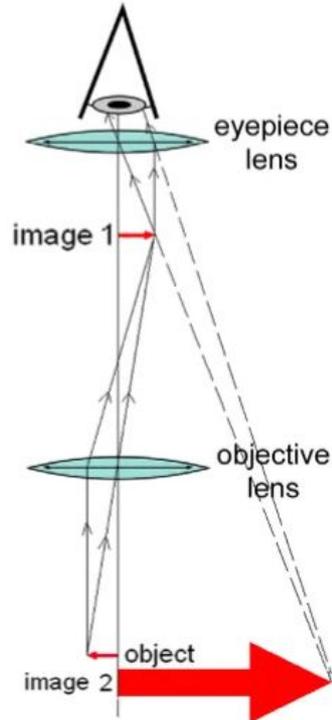
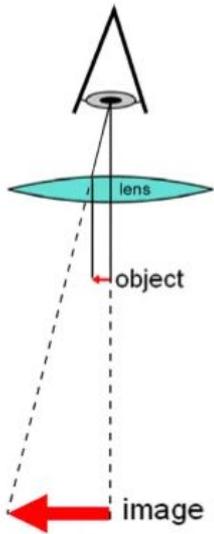
Микроскоп это оптический прибор с одной или несколькими линзами для получения увеличенных изображений объектов, не видимых невооруженным глазом.

Микроскопы бывают простые и сложные. **Простой микроскоп это одна система линз.**

Простым микроскопом можно считать **обычную лупу - плосковыпуклую линзу.**

Сложный микроскоп (который часто называют просто микроскопом) представляет собой комбинацию двух простых. Сложный микроскоп дает большее увеличение, чем простой, и обладает большей разрешающей способностью.

Изображение объекта получается перевернутым.



9. Если предмет расположен на конечном расстоянии, а его изображение в бесконечности, то это:

а - микроскоп;

б - телескоп;

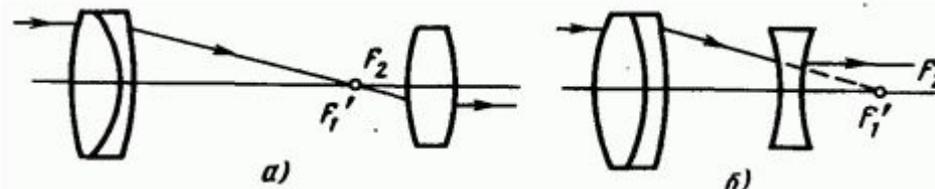
в - объектив;

г - проектор.

Существует большая группа оптических приборов, позволяющих человеку рассматривать удаленные предметы.

К ним относятся: бинокли, зрительные трубы, астрономические наблюдательные телескопы, стереотрубы, перископы, дальномеры, прицелы, геодезические приборы.

Оптические системы таких приборов называют **телескопическими системами**.



Схемы зрительной трубы: а — Кеплера; б - Галилея

В телескопической системе линейное и продольное увеличения постоянны, однако перспектива при наблюдении в нее искажается. По размеру изображения предметы кажутся увеличенными, так как они наблюдаются под углом. А вдоль оптической оси происходит "сжатие" пространства изображений, так как расстояния вдоль оси обратно пропорциональны квадрату видимого увеличения.

Поэтому все предметы кажутся приближенными к наблюдателю, а само пространство изображений — сжатым в направлении линии наблюдения.

10. Если предмет и его изображение находятся в бесконечности, то это:

а - микроскоп;

б - телескоп;

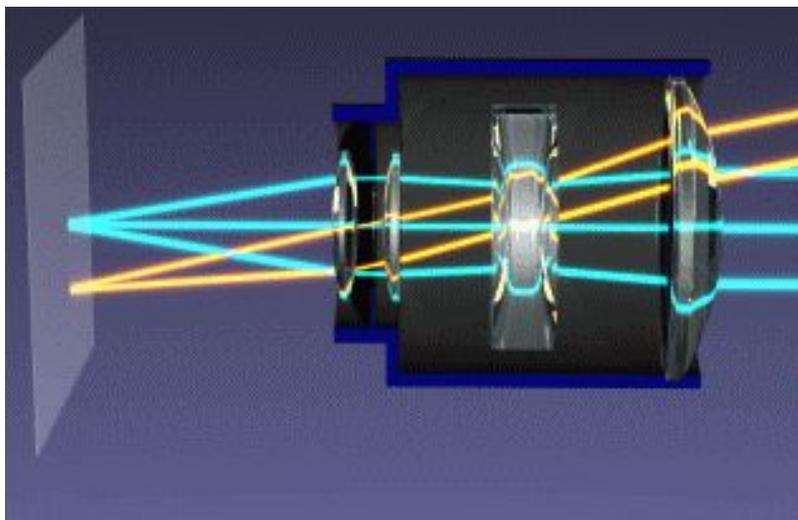
в - объектив;

г - проектор.

Объектив – это оптическая система, состоящая из определенного количества линз (а в некоторых случаях, и зеркал), которая формирует изображение.

Более точное определение - **оптическое устройство, предназначенное для создания действительного оптического изображения**

Объектив является основой получения качественного изображения для фотоаппарата.



11. Если предмет находится в бесконечности, а его изображение на конечном расстоянии, то это:

а - микроскоп;

б - телескоп;

в - объектив;

г - проектор.

Проекционная система – это оптическая система, предназначенная для проектирования изображений на экран, которой входящие в систему гомоцентрические расходящиеся пучки лучей преобразуются в сходящиеся пучки.

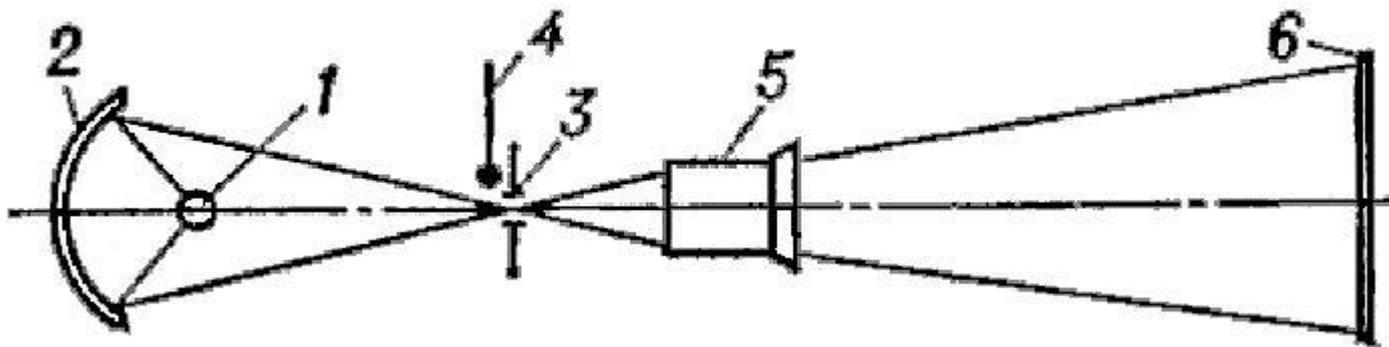


Схема осветительно-проекционной системы:

1 – источник света, 2 – отражатель, 3 - кадровое окно,
4 – абтюратор, 5 – проекционный объектив, 6 – экран.

Проекционными приборами являются эпидиаскопы и кинопроекторы, фотоувеличители и фотограмметрические проекторы, аппараты для чтения микрофильмов, часовые проекторы, проекционные устройства микроскопов, приборы для создания элементов микроэлектроники.

12. Если предмет находится на конечном расстоянии и его изображение на конечном расстоянии, то это:

а - микроскоп;

б - телескоп;

в - объектив;

г - проектор.

4. Зеркала, линзы и очки.

Одним из наиболее простых способов контроля недоступных (скрытых) поверхностей или поверхностей, наклоненных менее 30° к зрительной оси глаза, является осмотр их с помощью зеркал.

Плоским зеркалом называют оптическую деталь с плоской отражающей поверхностью, предназначенную для изменения направления оси оптической системы.

Комбинация из таких зеркал может обеспечить также поворот изображения.

Все зеркальные поверхности должны быть совершенно плоскими, так как лишь при этом условии обеспечивается хорошая четкость изображения. В точных зеркалах зеркальное покрытие наносится на внешнюю плоскость. При таком изготовлении зеркала исключается влияние неточности изготовления второй плоской поверхности по отношению к первой и, что более важно, исключается появление паразитных изображений (двоений изображений).

При наклонном положении зеркала с внутренним отражающим покрытием вносят также асимметрию в структуру пучка.

Для зеркальных покрытий, наносимых на стекло, используют в основном **серебро, алюминий и хром**.

Зеркала должны быть чистыми и свободными от пыли. **Отражательная способность зеркала - около 95 % и может составить к концу срока службы около 70 %.**

13. Для зеркальных покрытий, наносимых на стекло, можно использовать серебро, золото, полированный алюминий. Отражательная способность зеркала, изготовленного из какого металла, будет лучше?

а - из серебра;

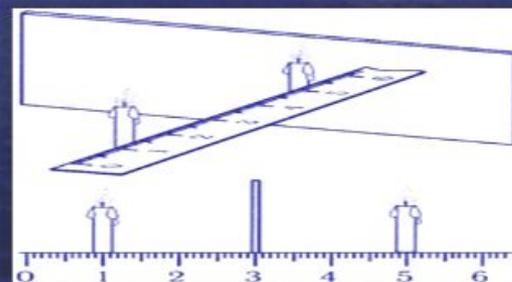
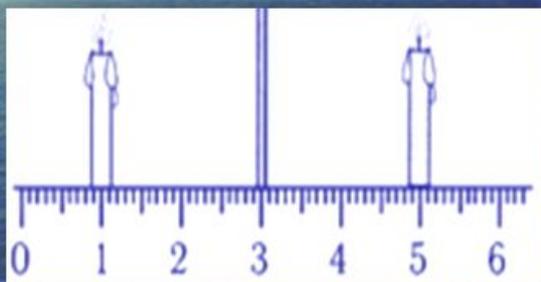
б - из золота;

в - из алюминия;

г - из любого металла отражательная способность будет около 95 %.



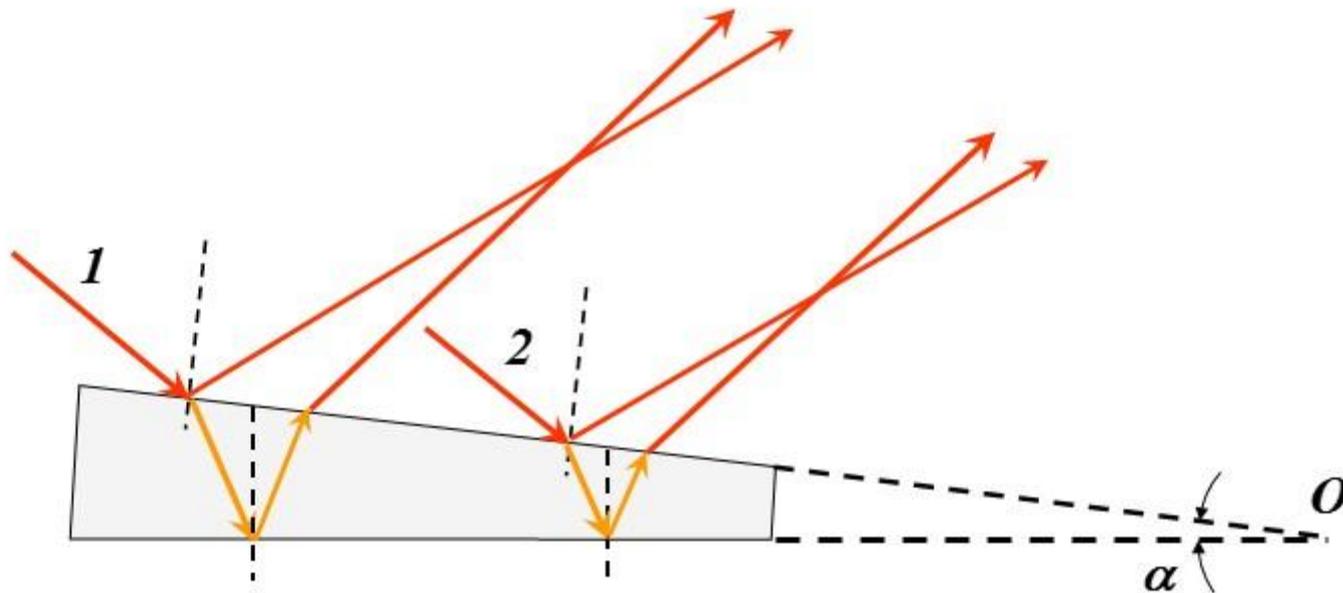
Изображение предмета в плоском зеркале



Плоское зеркало даёт мнимое, прямое и равное по размеру изображение, которое расположено на таком же расстоянии от зеркала, что и предмет, т. е. изображение симметрично самому предмету

17. Если расстояние от плоского зеркала до предмета равно 10 см, то расстояние от этого предмета до его изображения в зеркале равно:

- а - 5 см;
- б - 10 см;
- в - 20 см;
- г - 40 см.



Явление удвоения изображения в зеркалах с внутренним отражением часто исключают **введением клиновидности** в плоскопараллельную пластину.

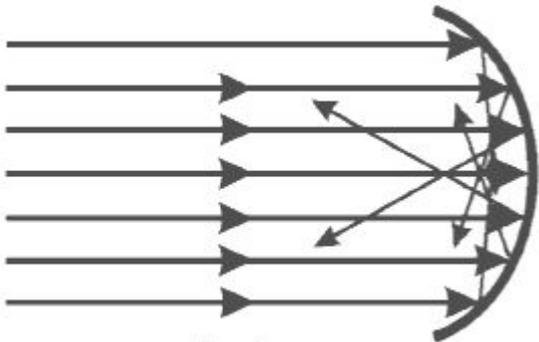
При малых толщинах стекла и малых углах клиновидности глаз не замечает смещения изображения (нет удвоения изображения).

Геометрический расчет показывает что смещение луча при прохождении через клиновидную пластинку из стекла с $n=1,55$ любой толщины и с углом вершины $\alpha = 2^\circ$ на расстоянии 35 см составит 18 мм. Таким образом второй луч просто не попадает на акустическую ось глаза. А если угол клина сделать $\alpha = 5^\circ$, то смещение достигнет 37 мм.

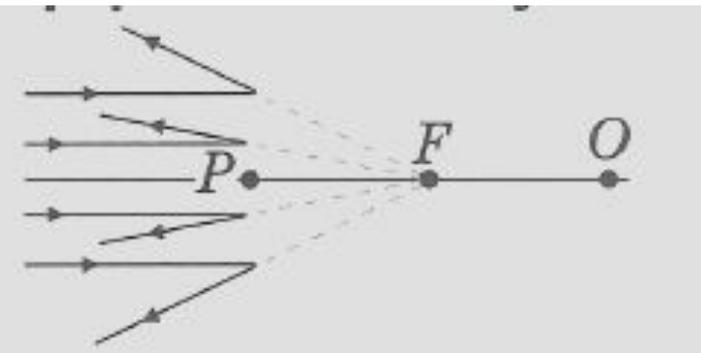
Сферическое зеркало представляет собой поверхность шарового сегмента, зеркально отражающую свет.

Сферическое зеркало может быть **выпуклым** или **вогнутым** — в зависимости от того, какая сторона сегмента сферы — выпуклая или вогнутая — является отражающей.

В вогнутом зеркале, отражение света происходит от внутренней поверхности шарового сегмента. В выпуклом зеркале — от наружной поверхности.



Если рассматривать ход лучей, падающих на вогнутое зеркало параллельно его главной оптической оси и испытывающих отражение от его поверхности, можно заметить, что отраженные лучи не собираются в одной точке, сразу же после отражения лучи станут сходящимися. Поэтому вогнутое зеркало называют **собирающим зеркалом**.



Если рассматривать ход лучей, падающих на выпуклое зеркало, можно заметить, что отраженные лучи также не собираются в одной точке, а сразу же после отражения лучи станут расходящимися. Поэтому выпуклое зеркало называют **рассеивающим зеркалом**.

Следовательно сферические зеркала не создают четкого изображения.

Сферические это наиболее распространенный вариант для автомобиля, т.к. зеркало имеет изгиб, за счет чего предметы в отражении отдаляются, дистанцию контролировать сложнее, но видно больше предметов, при тех же размерах (повышается обзорность пространства).

Виды обзорных зеркал



Сферические



Купольное



*Досмотровое
зеркало*



*Зеркало дорожное
сферическое*

Для более подробного разглядывания объекта нужно увеличить угол зрения. Тогда изображение объекта на сетчатке будет крупнее, и это приведёт к раздражению большего числа нервных окончаний зрительного нерва; в мозг направится большее количество визуальной информации, и мы сможем увидеть новые детали рассматриваемого объекта.

Почему угол зрения бывает малым?

На то есть две причины:

- 1) объект сам по себе имеет малый размер;
- 2) объект, хотя и достаточно велик по размерам, но расположен далеко.

Оптические приборы - это приспособления для увеличения угла зрения.

Для рассматривания малых объектов используются **лупа** и **микроскоп**.

Для рассматривания далёких объектов применяются **зрительные трубы** (а также бинокли, телескопы и т. д.)

14. Что относится к оптическим приспособлениям для увеличения угла зрения?

а - лупа;

б - бинокль;

в - телескоп;

г - варианты: а, б, в.

Типы линз

Линза – это кусочек стекла с кривыми поверхностями, по форме напоминающий чечевицу. Собственно, слово "линза" восходит к латинскому названию чечевицы.

Когда лучи света попадают на линзу, они замедляются и преломляются (отклоняются от прямолинейного пути).

Если середина линзы толще ее краев, такая **линза называется выпуклой**. Лучи, падающие на выпуклую линзу, преломляются так, что собираются на некотором расстоянии от нее в точку. Говорят, что линза собирает лучи света в фокус. Поэтому **такие линзы называют собирающими**.

При рассматривании предметов через собирающую линзу они кажутся крупнее – такие линзы используются **в качестве увеличительного стекла, лупы**.

Другой тип линз имеет противоположную кривизну – середина их тоньше, чем края. Они **называются вогнутыми линзами**. Вогнутые линзы заставляют световые лучи распространяться в разные стороны, словно фейерверки. Поэтому такие линзы **иногда называются рассеивающими**.

Рассеивающие линзы используются, например, в проекторах, где они обеспечивают освещение большой площади экрана.

Линзы бывают самых разнообразных размеров и форм. Например, огромная линза Френеля в фонаре уличного освещения предназначена для посылки луча света на большое расстояние. Линзы биноклей работают противоположным образом – они собирают свет от далеких объектов, чтобы их можно было увидеть более четко.

15. Чем отличается линза выпуклая от вогнутой?

а - выпуклая - собирающая, а вогнутая - рассеивающая;

б - выпуклая - в середине толще, чем у краев, вогнутая - в средней части тоньше;

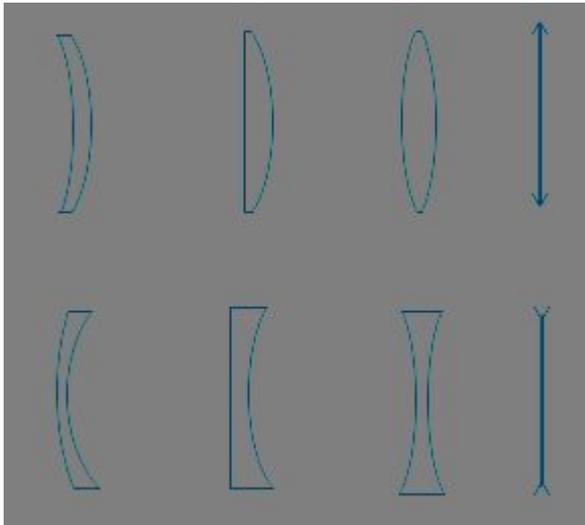
в - выпуклая создает перевернутое изображение, вогнутая - прямое;

г - варианты: а, б, в.

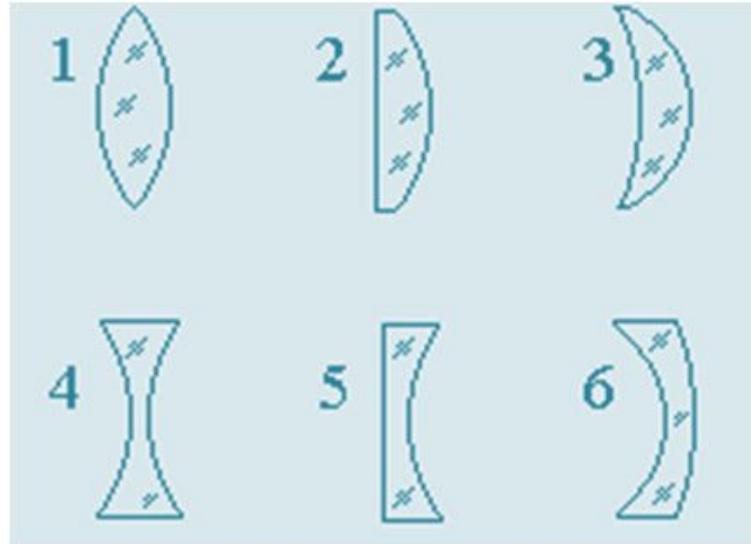
Линза – оптически прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.

Если толщина самой линзы мала по сравнению с радиусами кривизны сферических поверхностей, то линзу называют тонкой.

Линзы бывают **собирающими** и **рассеивающими**. Собирающая линза в середине толще, чем у краев, рассеивающая линза, наоборот, в средней части тоньше.



Виды
линз



выпуклые:

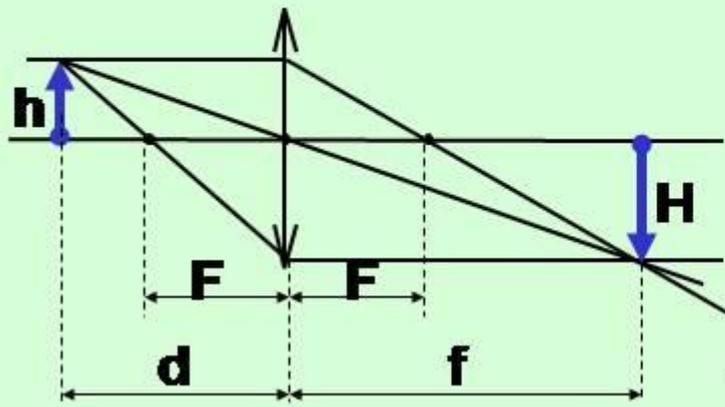
- двояковыпуклые (1)
- плосковыпуклые (2)
- вогнуто-выпуклые (3)

вогнутые:

- двояковогнутые (4)
- плосковогнутые (5)
- выпукло-вогнутые (6)

Положение изображения и его характер (действительное или мнимое) можно также рассчитать с помощью **формулы тонкой линзы**.

Если расстояние от предмета до линзы обозначить через **d**, а расстояние от линзы до изображения через **f**, то формулу тонкой линзы можно записать в виде:



Формула тонкой линзы:

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

Увеличение линзы:

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

$$\frac{1}{F} > 0$$

- линза собирающая

$$\frac{1}{F} < 0$$

- линза рассеивающая

$$\frac{1}{f} > 0$$

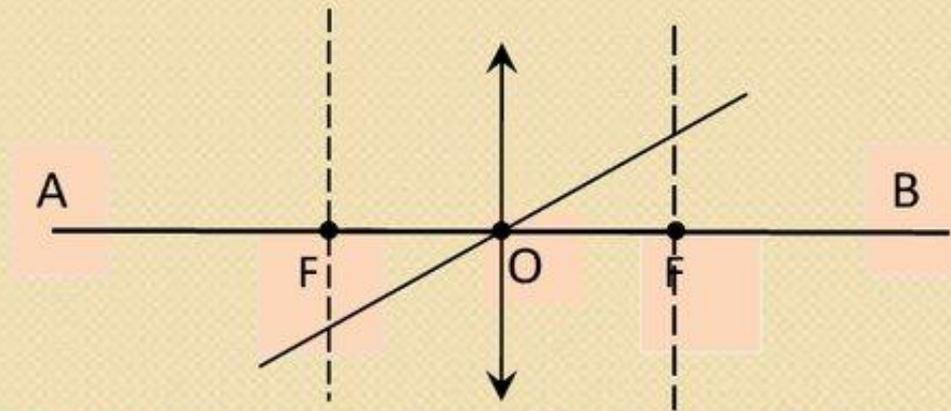
- изображение действительное

$$\frac{1}{f} < 0$$

- изображение мнимое

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

Основные параметры линзы



- **Главная оптическая ось** (AB) – прямая, проходящая через центры сферических поверхностей линзы.
- **Оптический центр линзы** (O) – точка пересечения главной оптической оси с линзой.
- **Побочная оптическая ось** – любая прямая, проходящая через оптический центр.
- **Фокус** – точка, в которой после преломления собираются все лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси.
- **Фокусное расстояние** – расстояние от линзы до ее фокуса.
- **Оптическая сила линзы** – величина, обратная ее фокусному расстоянию: $D = 1/F$

Величину **D**, обратную фокусному расстоянию называют **оптической силой линзы**.

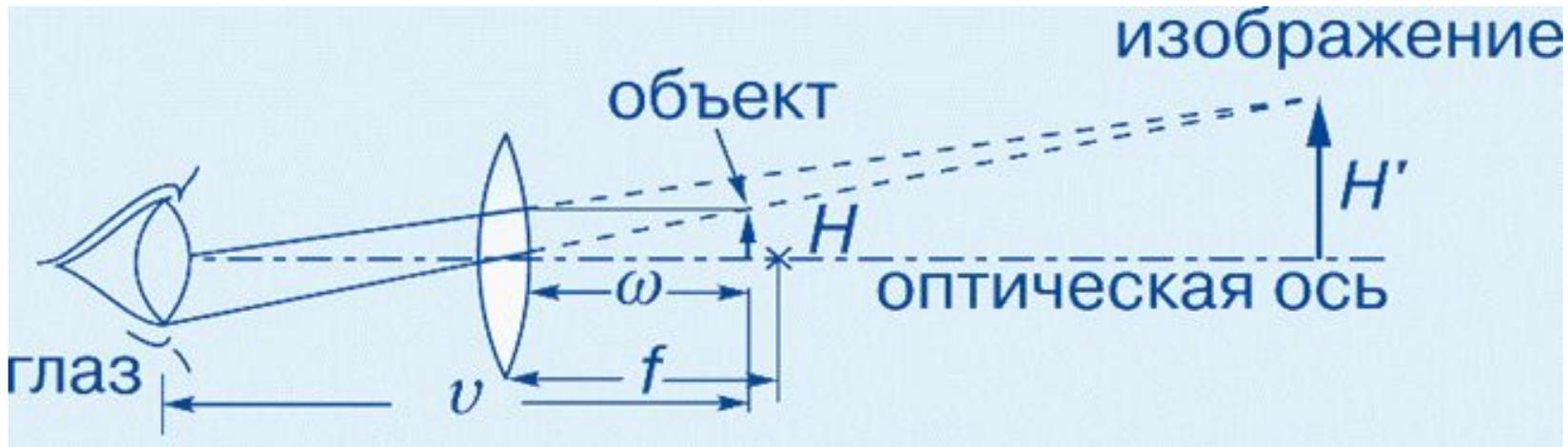
Единицей измерения оптической силы является **диоптрия (дптр)**. **Диоптрия – оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м: 1 дптр = м⁻¹**

Фокусным расстояниям линз принято приписывать определенные знаки: для собирающей линзы $F > 0$, для рассеивающей $F < 0$.

4. Лупа, увеличительное стекло.

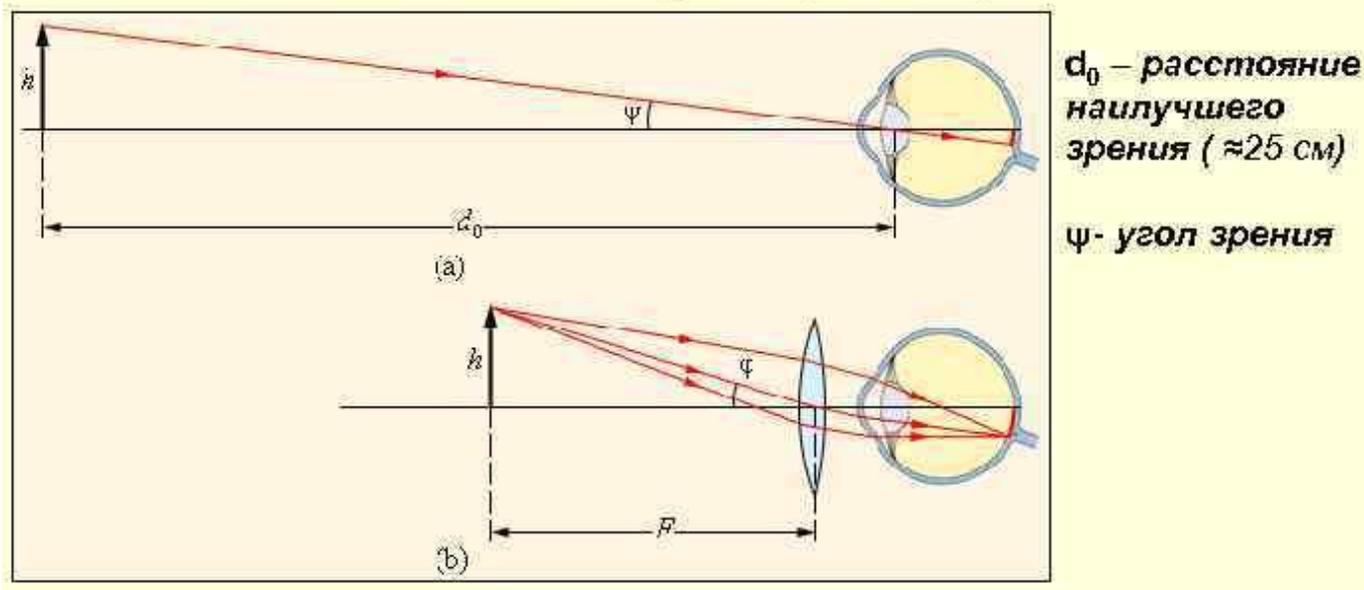
Если рассматривать через положительную (собирающую) линзу предмет, расположенный за линзой не дальше ее фокальной точки, то видно увеличенное мнимое изображение предмета. Такая линза представляет собой *простейший микроскоп и называется лупой или увеличительным стеклом*.

Из оптической схемы можно определить размер увеличенного изображения.



Когда глаз настроен на параллельный пучок света (изображение предмета находится на неопределенно большом расстоянии, а это означает, что предмет расположен в фокальной плоскости линзы), видимое увеличение Γ можно определить из соотношения: $\Gamma = \text{tg}b / \text{tga} = (H/f)/(H/v) = v/f$, где f - фокусное расстояние линзы, v - расстояние наилучшего зрения, т.е. наименьшее расстояние, на котором глаз хорошо видит при нормальной аккомодации.

M увеличивается на единицу, когда глаз настраивается так, что мнимое изображение предмета оказывается на расстоянии наилучшего зрения.



К основным характеристикам лупы относят: **видимое увеличение Γ** , **линейное поле $2u$** в пространстве предметов и **свободный световой диаметр** (диаметр выходного зрачка) **D** .

Видимым увеличением называется отношение тангенса угла, под которым виден предмет через лупу, к тангенсу угла, под которым наблюдается предмет невооруженным глазом (см .рис.), т.е. увеличение **$\Gamma = \text{tg} \phi / \text{tg} \psi$** , где: **$\text{tg} \phi = h/F$** , **$\text{tg} \psi = h/250$**

Таким образом, увеличение лупы Γ , при отсутствии аккомодации глаза, определяется на практике отношением **$\Gamma = 250 / F$**

где **F** - заднее фокусное расстояние, а цифра **250** представляет собой среднее минимальное расстояние в мм от объекта до "нормального" невооруженного глаза.

16. Что можно определить по приведенной формуле **$\Gamma = 250 / F$** ?

а - увеличение лупы;

б - фокусное расстояние лупы;

в - минимальное расстояние от объекта до невооруженного глаза;

г - варианты: а, б, в.

Линейным полем оптической системы в пространстве предметов называют **наибольший размер** расположенной на конечном расстоянии изображаемой части плоскости предмета.



Большой размер поля



Маленький размер поля

Диаметр объектива (световой диаметр) - диаметр линз объектива — это диаметр передних линз, он задается в миллиметрах и ставится после увеличения через знак "x".

Например, у лупы **7x35** — увеличение 7 крат, диаметр линз 35 мм.

Промышленность выпускает лупы общего назначения различных типов и конструкций: **складные**, **карманные**, **измерительные**, **часовые**, **лупы с ручкой** и др.

Международный стандарт ISO/FDIS 3D 58:1997 классифицирует увеличители (лупы) как средства визуального контроля на следующие типы:

1. Одноэлементные - с увеличением до 4^{\times} (тип А).
2. Многоэлементные - с увеличением до 10^{\times} (тип В).
3. Стереоскопические.
 - 3.1. Биноклярные, обычно с большим рабочим расстоянием (тип С.1).
 - 3.2. Двоокулярные (тип С.2).
4. Увеличители в виде вогнутого зеркала с отражателем - с увеличением до 6^{\times} (тип О).

Самым простым и удобным оптическим средством для визуального контроля являются накладные измерительные лупы (типа ЛИЗ- 10^{\times}).

Они состоят из стеклянной плоской шкалы (обычно длина 15 мм, цена деления 0,1 мм), накладываемой на объект и рассматриваемой в окулярную лупу, с увеличением 10^{\times} .



Многоэлементная измерительная лупа - с увеличением 10^{\times} (тип В)



Одноэлементная лупа - с увеличением до $4\times$ (тип А)



Ювелирная лупа с 25-кратным увеличением 25мм, и 50-кратным увеличением 14мм, с подсветкой



Бинокулярный стереомикроскоп



Лупа налобная бинокулярная

При использовании увеличителей следует придерживаться следующих рекомендаций.

При визуальном контроле параметры увеличителей выбирают в соответствии с таблицей.

Одноэлементные и составные увеличители, которые держат в руке, с увеличением от 2^x до 4^x применимы для широкой номенклатуры изделий. Более высокое увеличение часто неэффективно по следующим причинам:

- большое увеличение сокращает как рабочее расстояние, так и расстояние между глазом и линзой;
- указанные выше короткие расстояния, когда объект контроля рассматривают только одним глазом, приводят к усталости оператора;
- при уменьшенном поле зрения значительно увеличивается длительность контроля;
- при уменьшенной глубине поля зрения трудно оценить пространственные соотношения контролируемой поверхности.

Увеличение	Поле зрения, <i>мм</i>	Рабочее расстояние, <i>мм (приблизительно)</i>
2x	125	140
4x	65	62
8x	18	31
10x	14	25
15x	10	13

18. При росте увеличения лупы расстояние между глазом и линзой ... , поле зрения ...:

а - можно не изменять ..., будет уменьшаться;

б - можно не изменять ..., будет увеличиваться;

в - будет уменьшаться ..., будет уменьшаться;

г - будет увеличиваться ..., будет увеличиваться.

Вследствие большого разнообразия расстройств зрительного аппарата человека разработано значительное количество **оптических средств коррекции зрения**.

Все средства коррекции зрения могут быть разделены на две группы:

одноэлементные и многоэлементные.

К **одноэлементным** относятся очковые и контактные линзы, однолинзовые лупы, диафрагмы различных видов;

к **многоэлементным** - телескопические системы, многолинзовые лупы, проекционные системы, катоптрические системы. Последние изменяют направления хода лучей. Они состоят из призмы и системы зеркал.

Очковые линзы, являющиеся самыми массовыми средствами коррекции зрения, имеют большую разновидность и выпускаются в широком диапазоне рефракций и комбинаций.



Лупа-очки с регулируемой кратностью 2X-4X крат

19. К одноэлементным средствам коррекции зрения относятся:

а - диафрагмы различных видов;

б - проекционные системы;

в - телескопические системы;

г - нет неправильного ответа.

6. Телескопические системы.

При визуальном контроле **далеко расположенных поверхностей**, например, **отливков, изделий аэрокосмической техники** широко используются телескопические системы (бинокли и зрительные трубы).

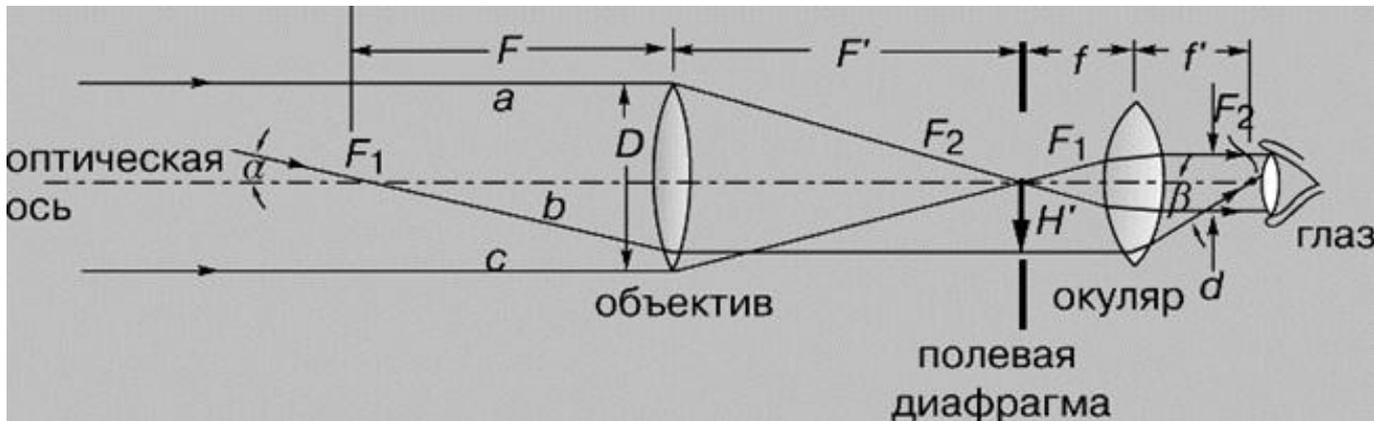
В этих системах параллельный пучок излучения, поступающий в их входной зрачок, преобразуют в параллельный, более узкий пучок излучения, выходящий через выходной зрачок системы.

Фокусы таких систем находятся в бесконечности, а оптическая сила равна нулю, т.е. предмет и его изображение находятся в бесконечности.

Такие системы называются **афокальными**.

Телескоп (зрительная труба).

Телескоп увеличивает видимые размеры удаленных предметов. В схему простейшего телескопа входят две положительные линзы.



20. При визуальном контроле отливок лучше использовать телескопические системы такие, как :
- а - телескопы;
 - б - зрительные трубы;
 - в - бороскопы;
 - г - нет неправильного ответа.

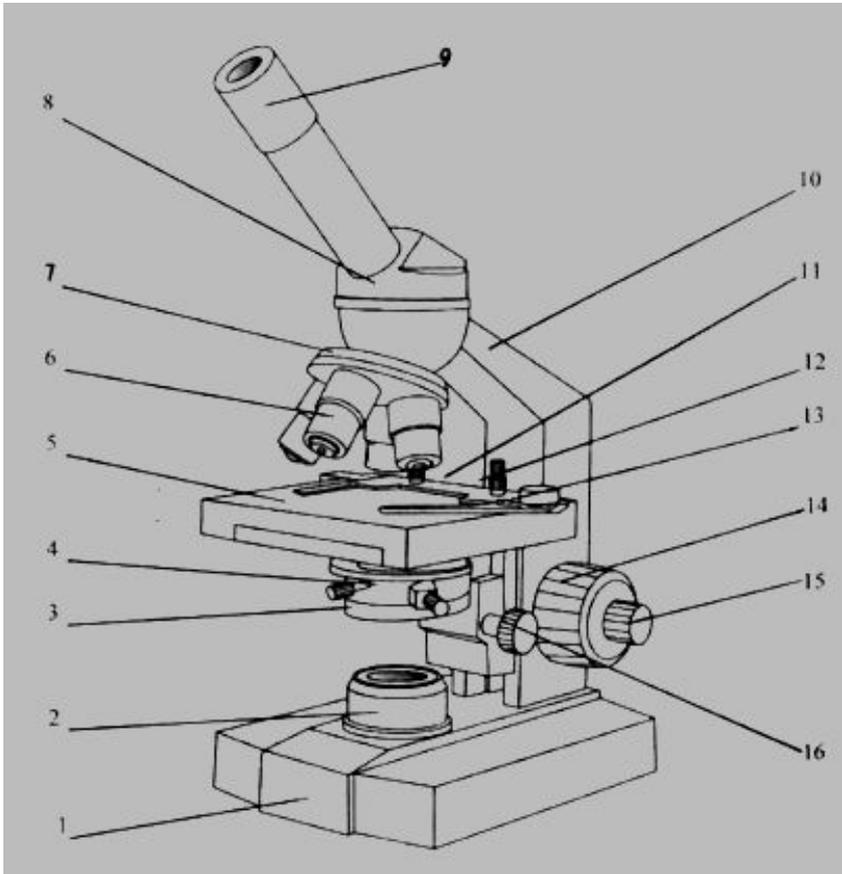
7. Микроскопы.

Микроскоп, как и лупа, предназначен для наблюдения близко расположенных предметов. Это оптический прибор, состоящий из двух частей:

механической (подсобной) и оптической (главной).

1. **Оптическая часть:** окуляр (9), объектив (6) - их может быть несколько, конденсор Аббе (4), осветитель (2) (зеркальце), светофильтр (3), рукоятка перемещения конденсора (16).

2. **Механическая часть:** штатив (10), основание (1), предметный столик (5), монокулярная насадка (8), макровинт или ручка грубой настройки (14), микровинт или ручка точной настройки (15).



Устройство медицинского микроскопа:

- 1 - основание; 2 - осветитель; 3 - светофильтр;
- 4 - конденсор Аббе; 5 - предметный столик;
- 6 - объективы; 7 - револьверная головка;
- 8 - монокулярная насадка; 9 - окуляр;
- 10 - штатив; 11 - измерительный нониус;
- 12 - ограничительный винт; 13 - держатель препарата;
- 14 - ручка грубой настройки;
- 15 - ручка точной настройки;
- 16 - рукоятка перемещения конденсора

Основные характеристики промышленных микроскопов

Рабочие микроскопы, используемые в цеховых условиях, имеют увеличение порядка 40^x , поле зрения около 5 мм, разрешающую способность $\sim 3,5$ мкм. Их используют при контроле поверхностей, имеющих гальваническое покрытие, окрашенных и полированных поверхностей, **для обнаружения трещин, пузырей и других дефектов, для измерения небольших отверстий в штампах, шаблонах** и т.п.

Измерительные микроскопы используются в машиностроении для точных измерений линейных размеров объекта. Имеют увеличение порядка $10-20^x$, поле зрения $\sim 1-20$ мм, точность измерения линейных размеров $\sim 1,0$ мкм.

Микроскопы металлографические используются для исследования микроструктуры металлов и других непрозрачных объектов. Образцы металла - шлифы - предварительно полируются и протравливаются, благодаря чему зерна структуры становятся отличными друг от друга. Имеют увеличение порядка до 1350^x , поле зрения около 0,1 мм, разрешающую способность $\sim 0,5 - 0,3$ мкм. Можно изучать структуру кристаллизации (зерен) металла, внешние качества металла – шероховатость и плоскостность.

21. В каких пределах имеют увеличение современные промышленные микроскопы?

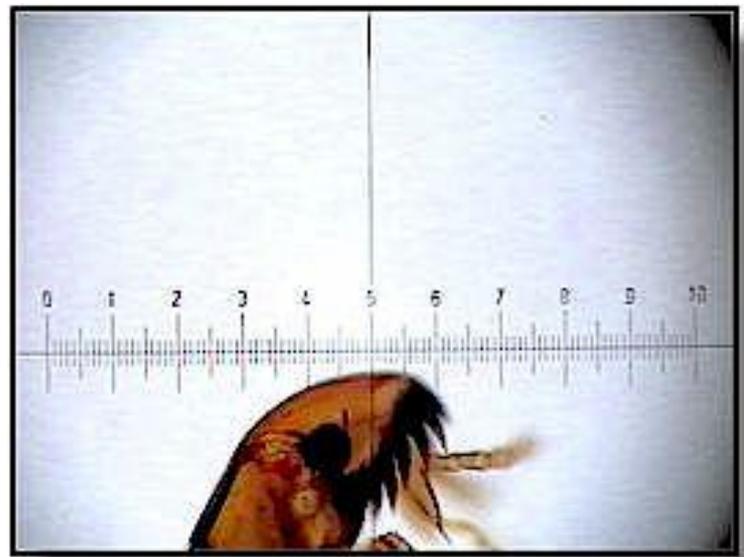
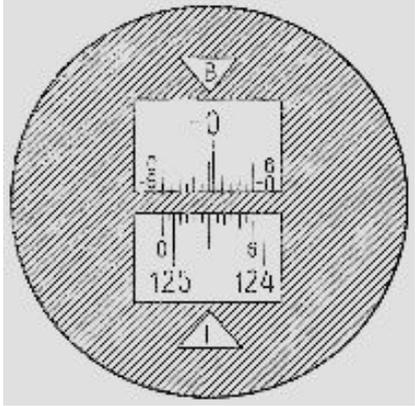
- а - от 1 до 120-х;
- б - от 2-х до 40-х;
- в - от 2-х до 50-х;
- г - от 2-х до 1350-х.

22. К какому виду относится микроскоп, имеющий увеличение от 100-х и поле 0,1 мм?

- а - рабочий;
- б - измерительный;
- в - металлографический;
- г - нет такого микроскопа.

Измерительные микроскопы (в том числе портативные накладные) содержат набор измерительных шкал, расположенных в плоскости изображения микрообъектива и позволяющих контролировать линейные размеры деталей, радиусы, углы и т.п.

Точность измерения с помощью окулярного винтового микрометра типа МОВ-15^х достигает **0,5 ... 1 мкм** при увеличениях **10^х ... 20^х**. Поле зрения микроскопов обычно **1 ... 20 мм**.



8. Бинокли.

Биноклярный телескоп, обычно именуемый биноклем, представляет собой компактный прибор для наблюдений обоими глазами одновременно; его увеличение, как правило, **от 6 до 10 крат**. В биноклях используют пару оборачивающих систем, в каждую из которых входят **две прямоугольные призмы** (с основанием под 45°), ориентированные навстречу прямоугольными гранями.



Чтобы получить большое увеличение в широком поле зрения, свободном от aberrаций объектива, и, следовательно, значительный **угол обзора (6-9°)**, биноклю необходим очень качественный окуляр, более совершенный, чем телескопу с узким углом зрения.

В окуляре бинокля **предусмотрена фокусировка изображения**, причем с коррекцией зрения, - его шкала размечена в диоптриях.

Кроме того, в бинокле положение окуляра подстраивается под расстояние между глазами наблюдателя. Обычно бинокли маркируются в соответствии с их увеличением (в кратях) и диаметром объектива (в миллиметрах), например, 8×40 или 7×50 .

Как работает бинокль.

Чтобы рассмотреть предмет на большом расстоянии, нужно взять две выпуклые линзы и поместить их на одной линии друг за другом. Первая линза будет собирать свет от далекого объекта и строить четкое его изображение на небольшом расстоянии позади себя. Эта линза называется **объективом**, она расположена ближе к объекту.

Вторая линза увеличивает изображение, построенное первой, также как лупа увеличивает газетный текст. Если поместить эти линзы в закрытую трубу – получится **телескоп**.

Бинокль – это два телескопа, смонтированные вместе и дающие изображения для обоих глаз. Но тут есть подробности. Когда лучи света от далекого объекта проходят через выпуклую линзу, они перекрещиваются. Поэтому далекие объекты, если рассматривать их через лупу, выглядят перевернутыми. Вторые линзы эту проблему не исправляют. Поэтому в биноклях применяют две призмы (объемные стеклянные клинья), которые поворачивают изображение на 180 градусов. Одна призма поворачивает изображение на 90 градусов, и вторая тоже поворачивает на 90 градусов, и таким образом две призмы переворачивают изображение.

Наличие призм объясняет то, почему бинокли такие тяжелые и часто достаточно толстые в середине. Впрочем, есть бинокли без призм, театральные, например. Они невелики по размерам, легкие и компактные, но, к сожалению, имеют невысокое качество изображения.

Поле зрения биноклей (или угол обзора биноклей).

Угол обзора, или угол зрения, – это видимая область пространства, выраженная в градусах.

Стоит отметить, что у биноклей углы обзора могут быть разными. В целом, надо понимать, что чем шире угол обзора бинокля, тем большую область горизонта можно увидеть, а значит – рассмотреть большее количество объектов. К тому же, с помощью такого прибора намного проще найти объект, который вы уже увидели невооруженным глазом. Чаще всего, **чем меньше увеличение бинокля, тем шире поле его зрения**, но не всегда – бывают широкоугольные бинокли и с высоким увеличением.

Показатели диаметра объектива указываются в цифровой части названия модели.

К примеру: **надпись 10×25 обозначает, что бинокль имеет объектив диаметром 25мм и кратность 25. Чем выше этот показатель, тем лучше изображение.**

Дело в том, что **большой объектив получает много света, поэтому увеличенная картинка получается контрастной и хорошо освещенной. Так, если бинокль с диаметром 25 мм сможет работать только на хорошем дневном свете, то с объективом на 70 мм можно делать наблюдения в ночное время.**

Показатели выходного зрачка

Это важный параметр, на который нужно обратить внимание, подбирая бинокль. Иными словами, под данным понятием скрывается **уровень потока света, который окуляр может передать глазу**. Он высчитывается простой математической формулой.

Необходимо диаметр объектива разделить на кратность. К примеру: устройство с показателями 10x50 имеет показатель выходного зрачка **5 мм** ($50/10=5$ мм).

Необходимо, чтобы этот показатель соответствовал возможностям человеческого глаза.

Так **в дневное время зрачок сужается до уровня 2-4 мм**.

Таким образом, если прибор тоже работает в этом диапазоне, смотреть через него будет более чем комфортно.

Ночью зрачок человека значительно расширяется до показателей 6-8 мм, поэтому бинокль с показателем выхода зрачка 2 мм будет не комфортным для зрения.

Оптимальным считается, если характеристика выходного зрачка располагается в пределах от 4 до 7 мм, что сделает оптику универсальной для дня и ночи.

23. Если показатель выходного зрачка бинокля около 2 - 4 мм, то при каком освещении лучше его использовать?

а - ночью;

б - днем;

в - можно днем и ночью;

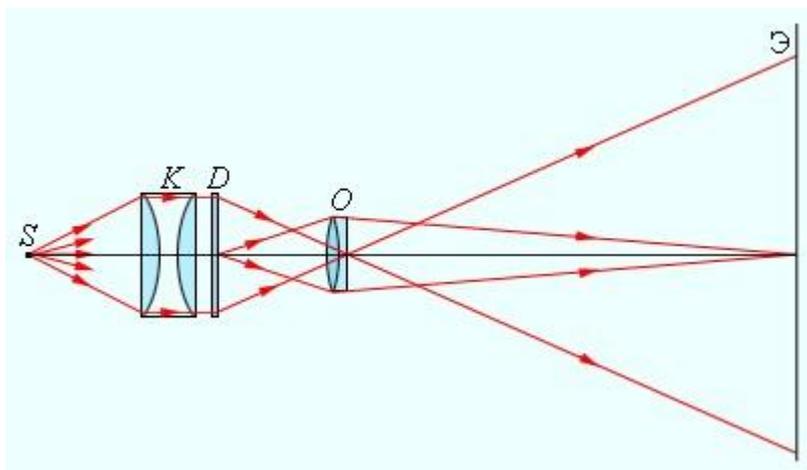
г - нет такого параметра у бинокля.

9. Проекционный аппарат

Предназначен для получения крупномасштабных изображений.

Объектив **О** проектора фокусирует изображение плоского предмета (**диапозитив D**) на удаленном экране **Э**. Система линз **К**, называемая **конденсором**, концентрирует свет источника **С** на диапозитиве. На экране **Э** создается **действительное увеличенное перевернутое изображение**.

Увеличение проекционного аппарата можно менять, приближая или удаляя экран Э с одновременным изменением расстояния между диапозитивом D и объективом О.



На практике часто применяются **оптические измерительные проекторы** – категория приборов, **предназначенная для измерения и контроля линейных и угловых размеров изделий в проходящем и отраженном свете.**

Принцип работы проекторов довольно прост: **приборы позволяют проецировать на специальный экран увеличенный контур проверяемого изделия.** Проекционные приборы широко применяются не только в лабораториях, но и в производственных цехах для контроля различных элементов изделий (**элементов зубчатых, червячных и резьбовых сопряжений, профиля шаблонов и контршаблонов** и т. д.).

Особенно широко проекторы применяются в приборостроении, при контроле деталей малых размеров.

Отклонения размеров изделия определяют на проекторах различными способами:

- **непосредственным сличением контура изображения изделия** с контуром, вычерченным на экране в соответствующем масштабе;
- **измерением отклонений контура изображения изделия от контура**, вычерченного на экране с помощью микрометрических винтов или индикаторов, расположенных в двух координатных направлениях и связанных с предметным столом проектора;
- **сличением контура изображения изделия с двойным контуром**, вычерченным по предельным размерам изделия и т. п.



Сличение контура изображения зубьев шестерни с контуром, вычерченным по предельным размерам изделия при помощи измерительного проектора PJ-A3000.

24. Для чего можно использовать технические проекторы?
- а - для измерения линейных размеров изделий;
 - б - для измерения угловых размеров изделий;
 - в - для наблюдения на процессом изготовления изделия;
 - г - варианты: а, б, в.

10. Эндоскопы.

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ

Приборы этого типа называют **эндоскопами** или **бороскопами**.

Их применяют в различных отраслях машиностроения, например, для осмотра лопаток турбин и внутренней поверхности камер сгорания авиационных двигателей, визуального контроля трубопроводов различного назначения, реакторов и т.п.

Принцип действия эндоскопов заключается в осмотре объекта с помощью специальной оптической системы, позволяющей передавать изображение на значительное расстояние (до нескольких метров). При этом отношение длины эндоскопа к его поперечному сечению $\gg 1$.

Существуют линзовые, волоконно-оптические и комбинированные эндоскопы.

Линзовыми эндоскопами можно обнаруживать царапины, трещины, коррозионные пятна, выбоины и другие дефекты размерами 0,03 ... 0,08 мм в изделиях длиной до 10 м и диаметром от 5... 100 мм и более.

Линзовые эндоскопы обычно представляют собой **жесткую конструкцию**.

Однако в последнее время созданы приборы (имеющие **участки корпуса с гибкой оболочкой**), изгибающиеся в пределах $5 \dots 10^0$ (**бороскопы** - можно сказать полужесткие).

Возможности технической эндоскопии существенно расширены благодаря применению **волоконно-оптических элементов** – созданы **гибкие волокнистые эндоскопы**.

25. Жёсткие телескопические приборы (бороскопы) включают в себя:

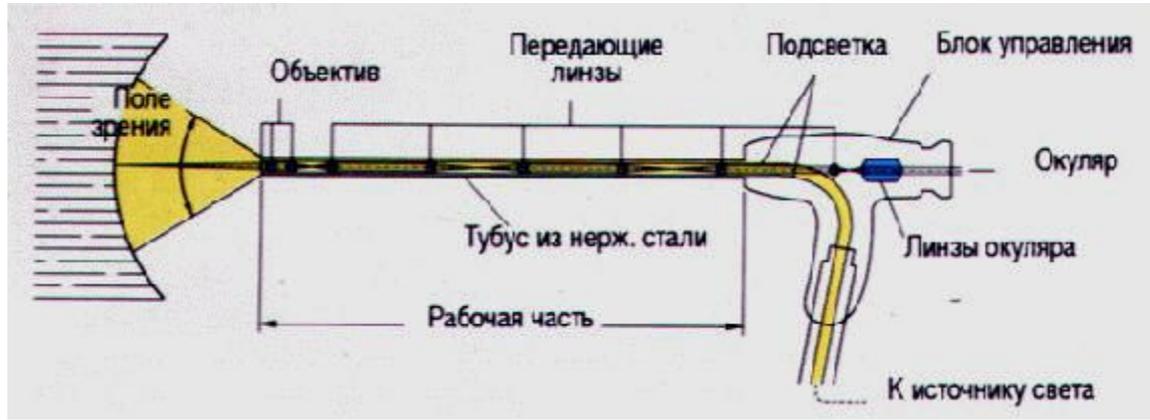
а - набор оборачивающих линз;

б - зеркало;

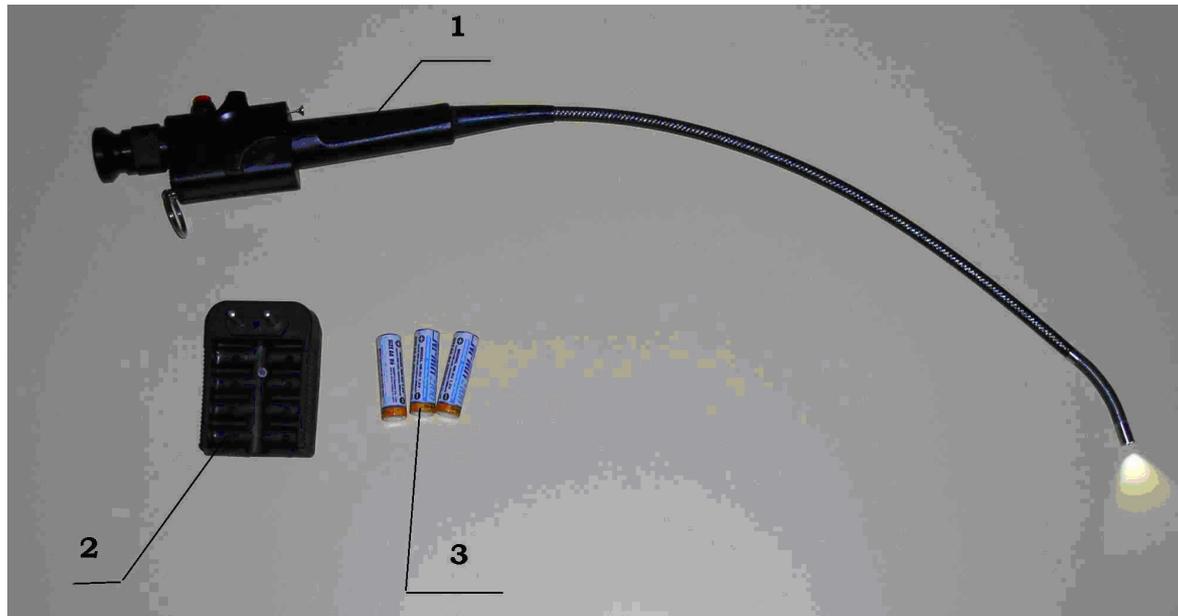
в - призма;

г - варианты: а и в.

Устройство жесткого эндоскопа



Эндоскоп полужесткий (бороскоп)



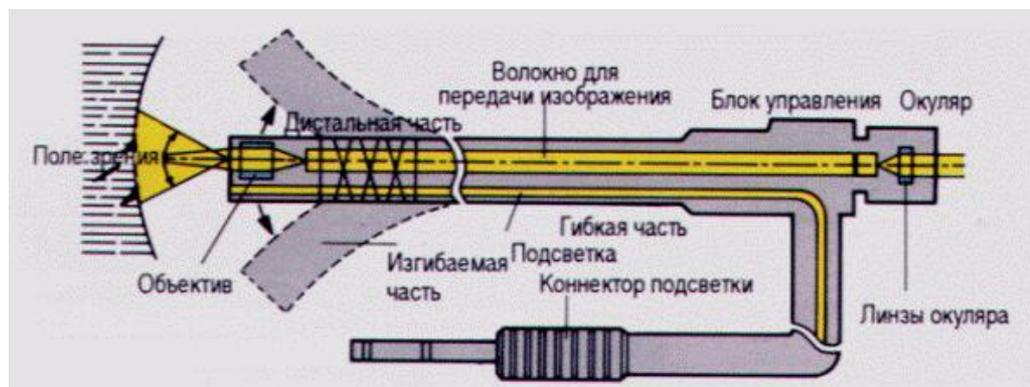
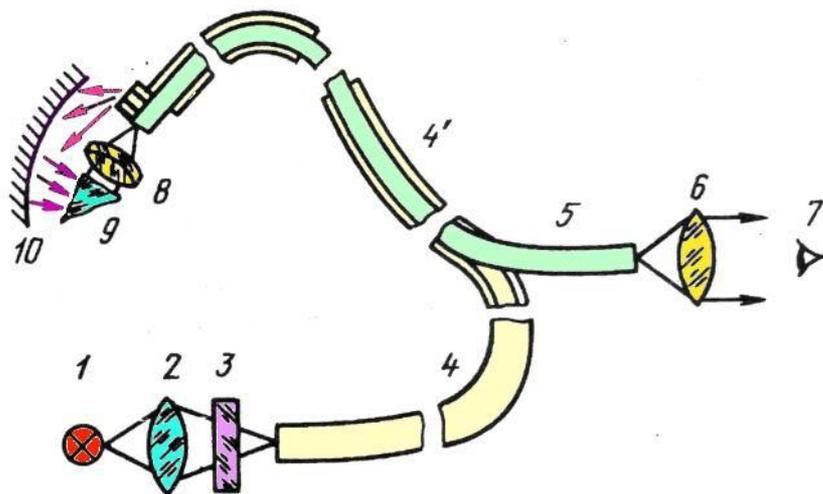
Фиброэндоскопы – гибкие волокнистые эндоскопы.

В основе их рабочей части – гибкий резиновый тубус (рубашка), которая с одной стороны присоединена к корпусу с рычагами управления и клапанами, с другой стороны, к рабочей части с изгибаемым концом.

Сами внешние рубашки фиброэндоскопов изготовлены в виде многослойной системы из нескольких спиральных пружин ленточного типа, снаружи которых надет металлический корд с резиновой оболочкой.

Такая многослойная конструкция ленточного типа позволяет добиться высоких технических показателей на сминание и кручение при требуемых показателях жесткости фиброскопа. Внутри тубуса находятся: регулярное волокно, передающее изображение, инструментальный канал, светопередающее волокно.

На дистальном конце в зависимости от модели могут находиться: световоды, объектив, канал для омывания объектива, инструментальный канал, в некоторых случаях



26. Чем отличаются бороскопы и волоконно-оптические эндоскопы?

- а - жесткостью конструкции;**
- б - равномерностью освещения объекта;**
- в - применением разных источники света;**
- г - варианты: а, б, в.**



техническая эндоскопия внутренней полости

11. Фотообъектив и фотографическая съемка

Под **фотографической съемкой** следует понимать сложный технологический процесс, включающий работы от проведения фотографирования нужного объекта с помощью фотоаппарата до получения **фотографических снимков**.

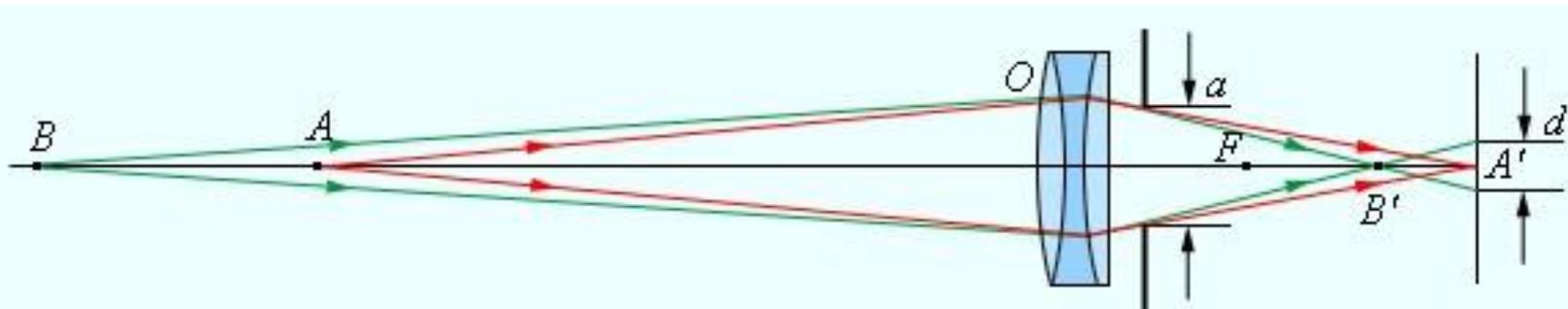
Фотоаппарат представляет собой замкнутую светонепроницаемую камеру. Изображение фотографируемых предметов создается на фотопленке системой линз, которая называется объективом. Специальный затвор позволяет открывать объектив на время экспозиции.

Особенностью работы фотоаппарата является то, что **на плоской фотопленке должны получаться достаточно резкими изображения предметов, находящихся на разных расстояниях**.

В плоскости фотопленки получают резкими только изображения предметов, находящихся на определенном расстоянии. Наведение на резкость достигается перемещением объектива относительно пленки.

Изображения точек, не лежащих в плоскости резкого наведения, получаются размытыми в виде кружков рассеяния.

Размер d этих кружков может быть **уменьшен путем диафрагмирования объектива**, т.е. **уменьшения относительного отверстия a / F** . Это приводит к увеличению глубины резкости.



Относительное отверстие объектива — оптическая мера светопропускания [объектива](#). Различают *геометрическое* и *эффективное* относительные отверстия. *Геометрическим* отверстием считается отношение диаметра [входного зрачка объектива](#) к его [заднему фокусному расстоянию](#).

Геометрическое относительное отверстие выражают в виде дроби:

$$N = \frac{D}{f'}$$

где D обозначает диаметр входного зрачка, а f' — заднее фокусное расстояние. Отно D гельное отверстие принято обозначать соотношением двух чисел, написанных через двоеточие. При этом первое число всегда принимается за единицу, например 1:5,6.

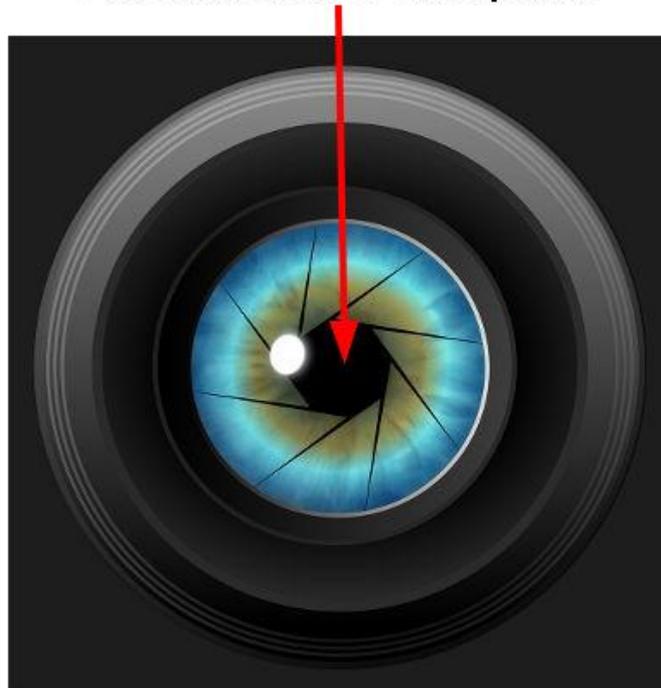
В этом случае знаменатель относительного отверстия k называют **диафрагменное число** или «число диафрагмы». Диафрагменное число вычисляется как отношение фокусного расстояния объектива к диаметру его входного зрачка и обозначается цифрой. Диафрагменное число является величиной, обратной относительному отверстию:

$$k = \frac{f'}{D} = \frac{1}{N}$$

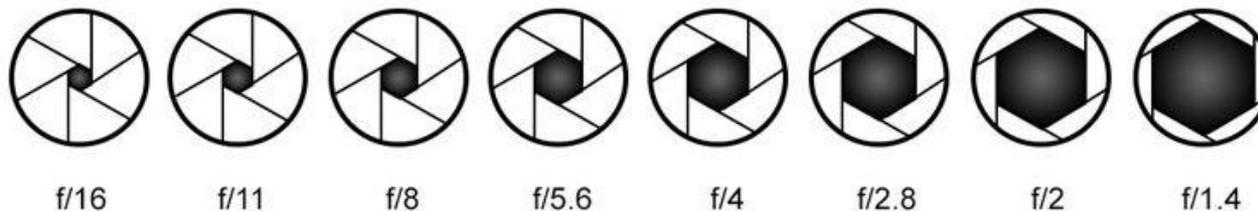
На современных фотообъективах такая шкала (как и кольцо регулировки диафрагмы) отсутствует, и установка диафрагмы производится дистанционно органами управления фотоаппарата. Шкала диафрагменных чисел современных цифровых фотоаппаратов имеет промежуточные значения, соответствующие 1/3 экспозиционной ступени:

1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	4					
4.5	5.0	5.6	6.3	7.1	8	9	10	11	13	14	16	18	20	22	25	29	32

Относительное отверстие



Относительное отверстие изменяют ирисовой диафрагмой. Видно, как с уменьшением значения диафрагмы (f) увеличивается отверстие и способность объектива пропустить больше света.





Установка диафрагмы на соответствующее значение диафрагменного числа может производиться вручную (в неавтоматических и полуавтоматических фотоаппаратах) или с помощью приводного механизма (в автоматических).

Диафрагма регулирует не только световой поток, проходящий через объектив в момент съемки, но и глубину резкости изображаемого пространства.

Глубина резкости S — *расстояние вдоль оптической оси съемочного фотографического объектива, в пределах которого нерезкость изображений различно удаленных предметов не превышает допустимого кружка нерезкости.*

Чем меньше световое отверстие (действующий диаметр объектива), тем больше значение S , т.е. шире пространство, в котором получаем резкое изображение.

Как видно из рис., при диафрагме **8** передняя граница резко изображаемого пространства будет находиться на расстоянии **1,5 м** от фотоаппарата, задняя граница — на расстоянии **2,2 м** при выбранном расстоянии наводки на резкость..

27. При увеличении «числа диафрагмы» фотообъектива получается...

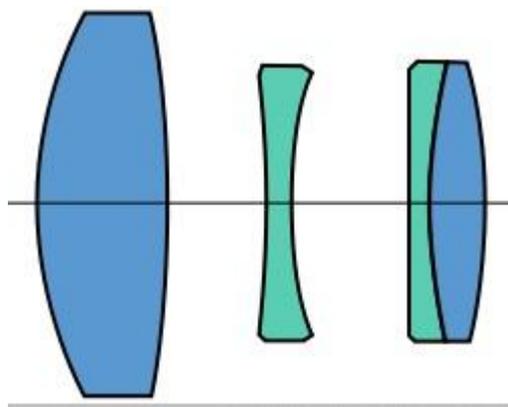
- а** - меньший световой поток на фотопленку;
- б** - большая глубина резкости изображения;
- в** - меньше действующий диаметр объектива;
- г** - варианты: а, б, в.

Объектив современной фотокамеры состоит из нескольких линз, объединенных в оптические системы (например, оптическая схема Тессар).

Число линз в объективах самых простых фотокамер — от одной до трех, а в современных дорогих фотоаппаратах их бывает до десяти или даже восемнадцати.

Практически все оптические схемы устроены и работают одинаково – они фокусируют проходящие через линзы лучи света на светочувствительной матрице.

Только от объектива зависит качество изображения на снимке, будет ли фотография резкой, не искажутся ли на снимке формы и линии, хорошо ли она передаст цвета — все это зависит от свойств объектива, поэтому объектив и является одним из самых важных элементов современной фотокамеры.



Оптическая схема Тессар

Линзы объектива делают из специальных сортов оптического стекла или оптической пластмассы.

В сравнении стеклянных и пластмассовых линз стоит отметить, то **пластмассовые линзы дешевле и легче**. В настоящее время большинство объективов недорогих любительских компактных камер изготавливается из пластмассы.

Но, **такие объективы подвержены царапинам и не так долговечны, примерно через три-четыре года они мутнеют**, и качество фотографий оставляет желать лучшего.

28. Установленный срок службы линз из оптической пластмассы с защитным покрытием по ГОСТ 25706-83 составляет:

- а - 1 года;**
- б - 2 года;**
- в - 3 года;**
- г - 4 года.**