

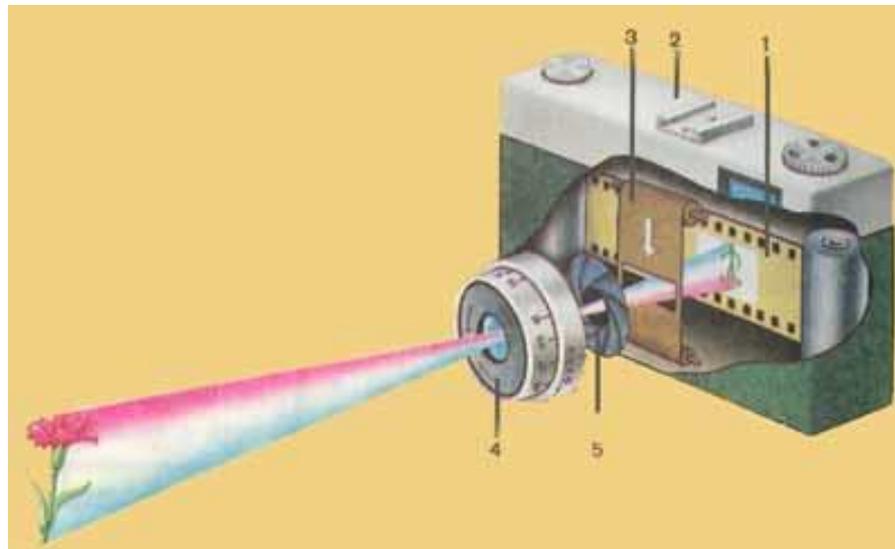
Лекция №2

Основы фотографии

1. Устройство фотоаппарата
2. Оптические искажения
3. Обработка фотоматериалов

Основы фотографии

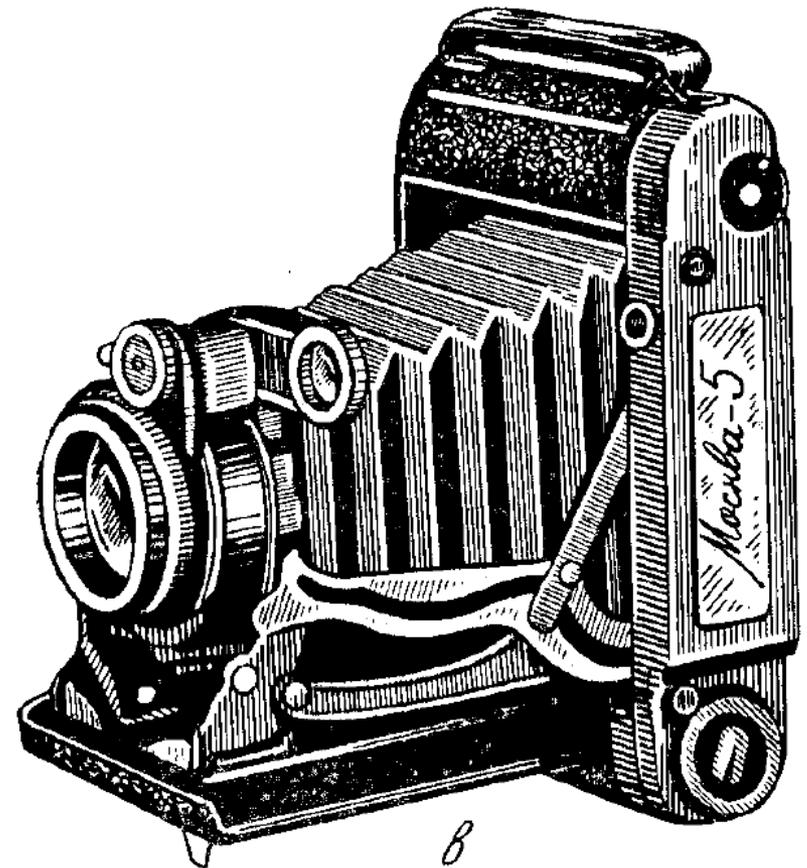
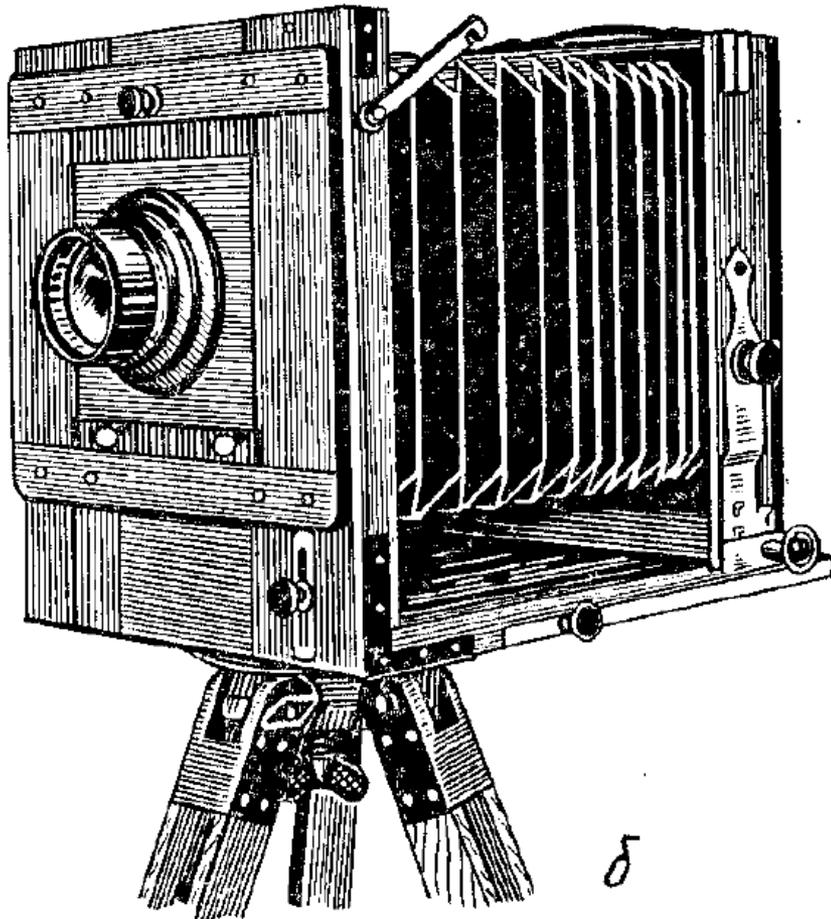
- **Фотоаппарат** представляет собой светонепроницаемую камеру, с одной стороны которой находится объектив с диафрагмой и затвором, а с противоположной светочувствительный элемент (пленка).



Основы фотографии

- Фотоаппараты различаются по назначению, по формату получаемых негативов и по виду применяемых в них фотоматериалов.
- Фотоаппараты общего назначения применяют для обычных съемок,
- Специальные фотоаппараты — панорамные, стереоскопические, аэрофотоаппараты, стационарные репродукционные камеры и др. — служат для специальных съемок.
- По формату получаемых снимков фотоаппараты делят на три группы:
 - миниатюрные — 14 X 21 мм и меньше,
 - малоформатные — 24 x 36 мм
 - крупноформатные — 6x6 см, 6x9 см, 13x18 см, 18x18 см, 24x36 см и более.

Основы фотографии



Основы фотографии



Основы фотографии



Основы фотографии





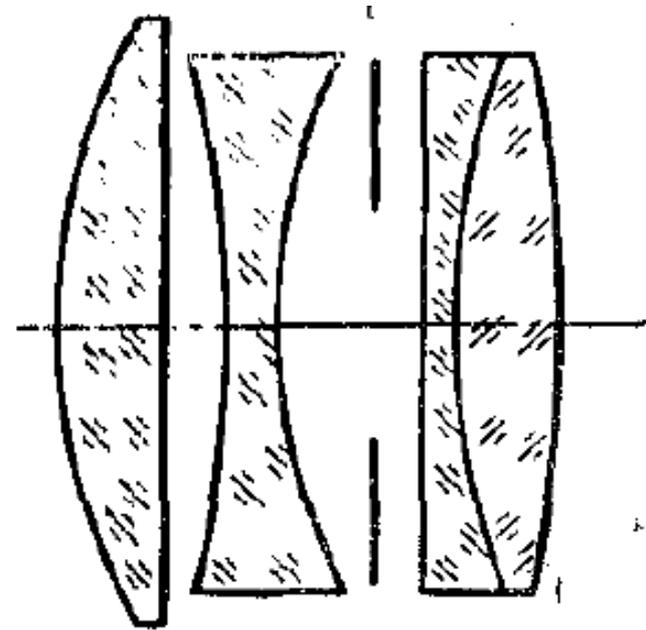
31.01.2014

© Ломакин С.Б., доц. кафедры ВУП

Основы фотографии

Фотографический объектив представляет собой **оптическую систему**, заключенную в оправу, состоящую из нескольких линз различного профиля и дающую действительное изображение предметов.

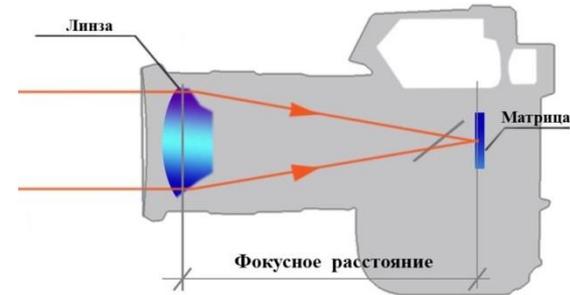
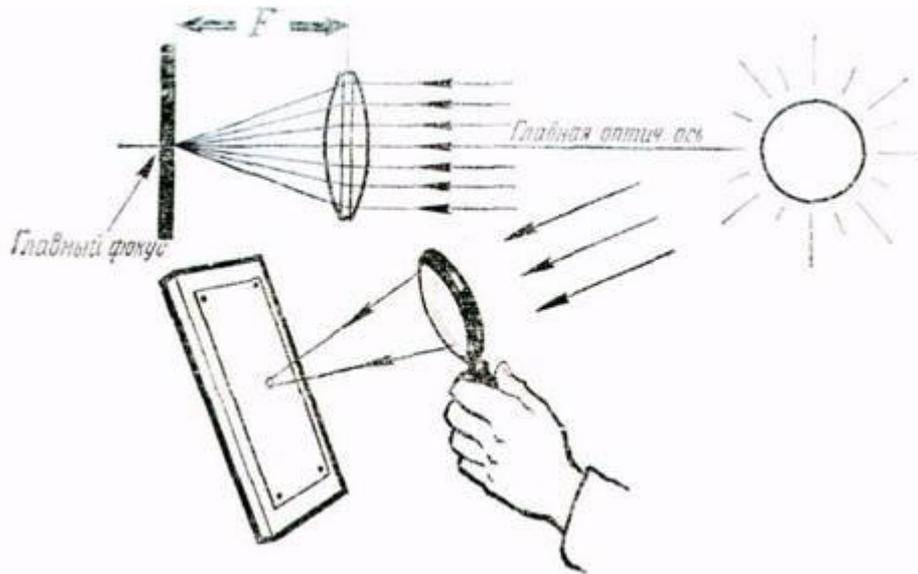
Центры всех линз, составляющих объектив, лежат на воображаемой прямой, называемой **главной оптической осью объектива**.



- Основные Характеристики объективов
- Фокусное расстояние
- Угол поля зрения объектива
- Максимальное относительное отверстие (светосила)
- Уровень и характер оптических искажений (аббераций)
- Разрешающая способность

Основы фотографии

- Фокусное расстояние — расстояние до точки, в которой пересекаются («фокусируются») первоначально параллельные **лучи** после прохождения через собирающую систему.

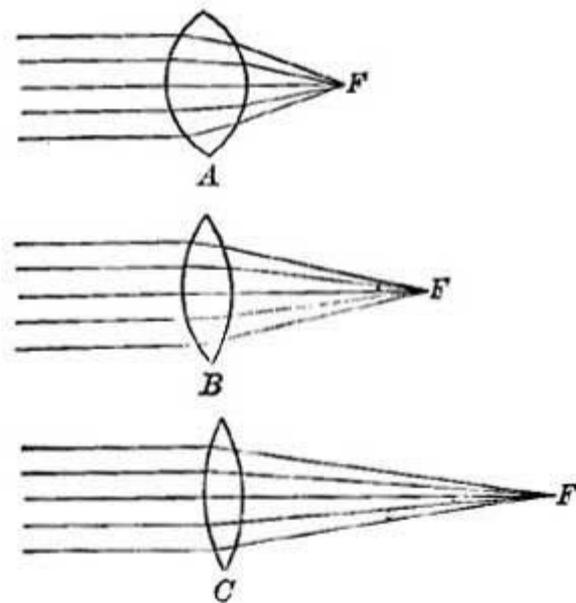


Фокусное расстояние **зависит от радиусов кривизны поверхностей и показателей преломления стёкол.**

Величина фокусного расстояния является **основным параметром**, которым принято характеризовать любую оптическую систему.

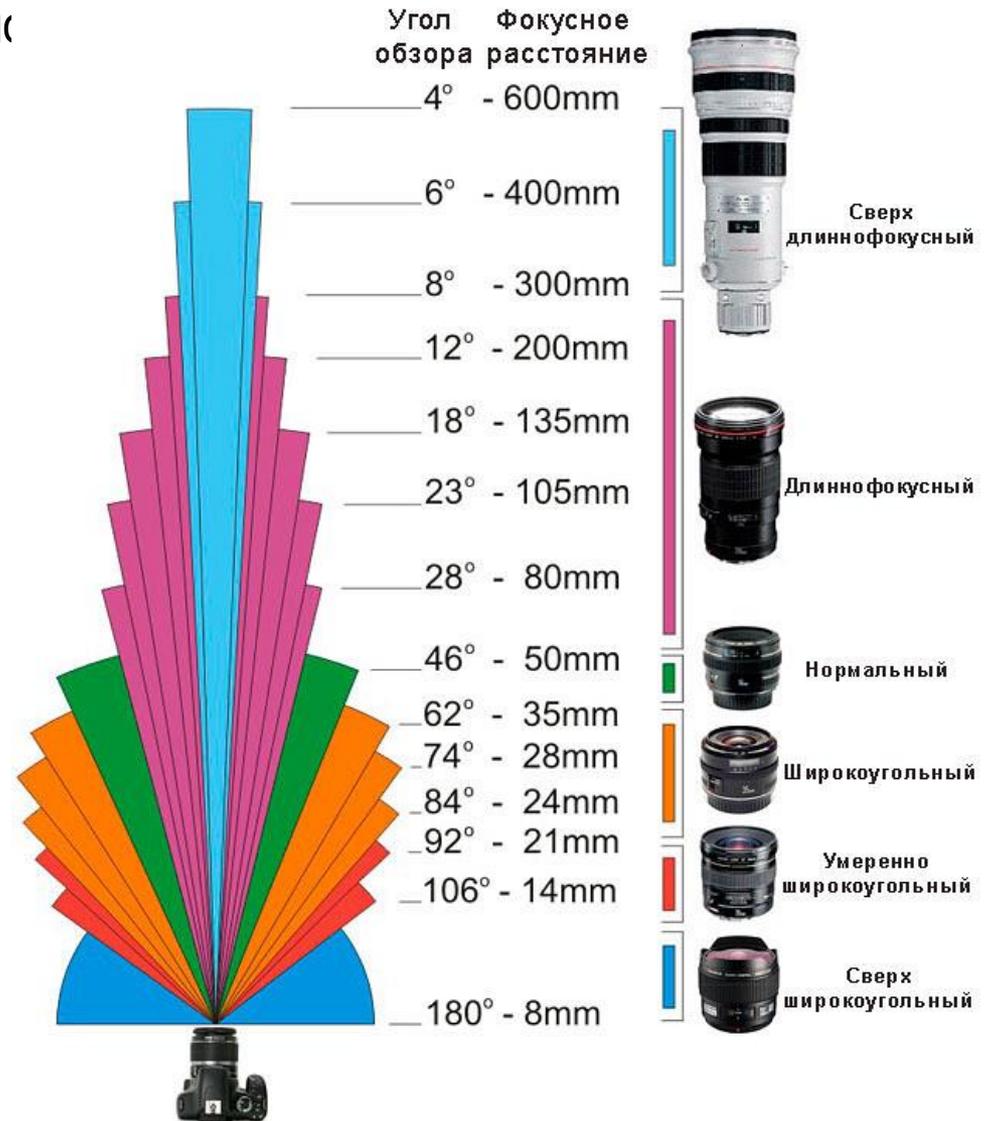
Основы фотографии

- На оправе объектива подписывается название объектива, главное фокусное расстояние и максимальное относительное отверстие (Светосила объектива), например, «Индустар-13», $F=300\text{мм}$, $1 : 6,3$.
- Фокусное расстояние объектива является одной из величин, **определяющей масштаб изображения.**
- Объективы, применяемые при аэрофотосъемке, **по длине фокусного расстояния** условно делят на:
 - короткофокусные (55—150 мм),
 - средне-фокусные (180—300 мм)
 - длиннофокусные (350—1000 мм)



Основы фотографии

- Схематическое обозначение фокусного расстояния и их угол поля зрения:
- Ультраширокоугольный объектив.
- Широкоугольный объектив.
- Стандартный объектив.
- Телеобъектив.
- Супер-телеобъектив



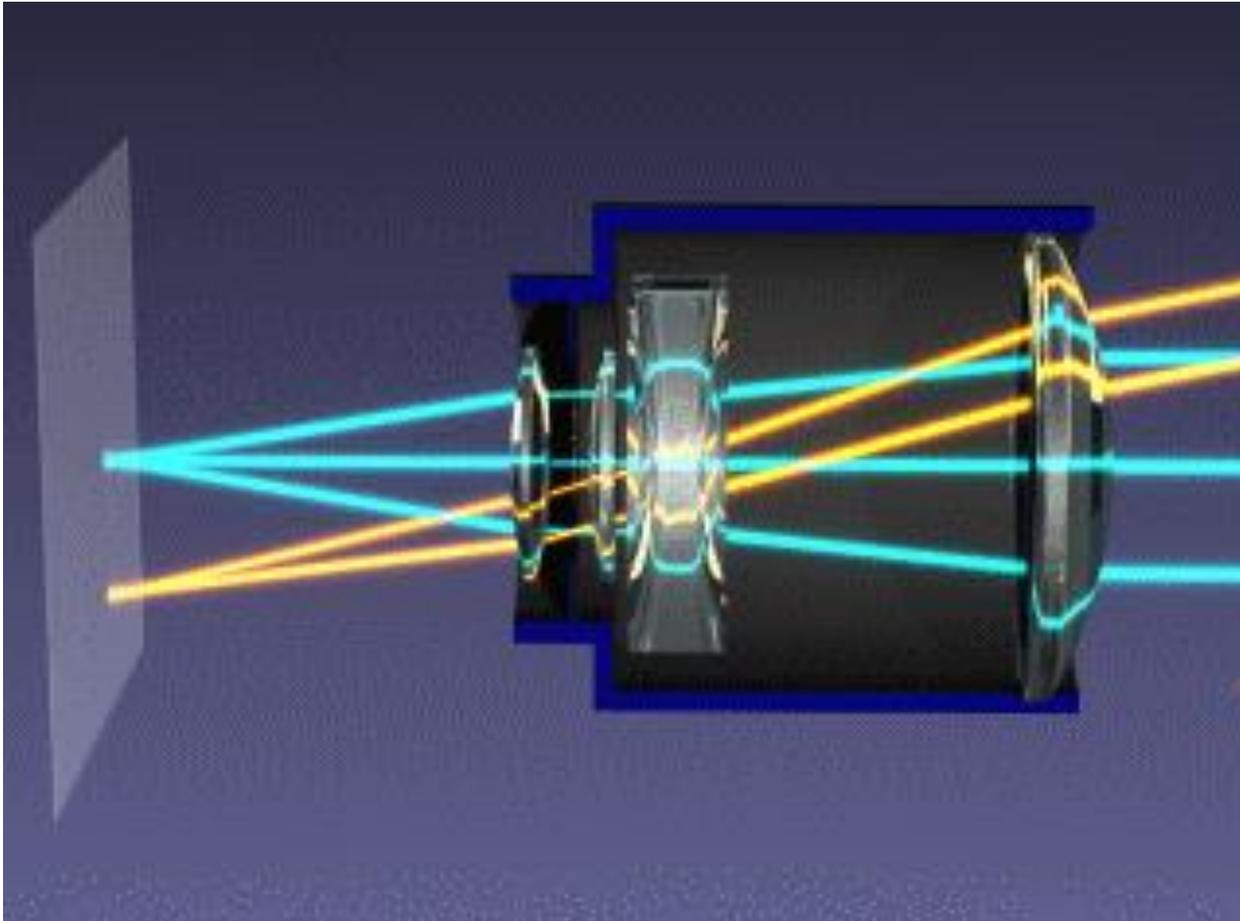
Основы фотографии

- Примеры фото с разных объективов: 17 мм, 50 мм, 200 мм, 2000 мм



Основы фотографии

- В настоящее время массовое применение получил современный тип объективов с **переменным фокусным расстоянием**, называемый вариообъектив (трансфокатор, «зум» (англ. Zoom)).



Основы фотографии

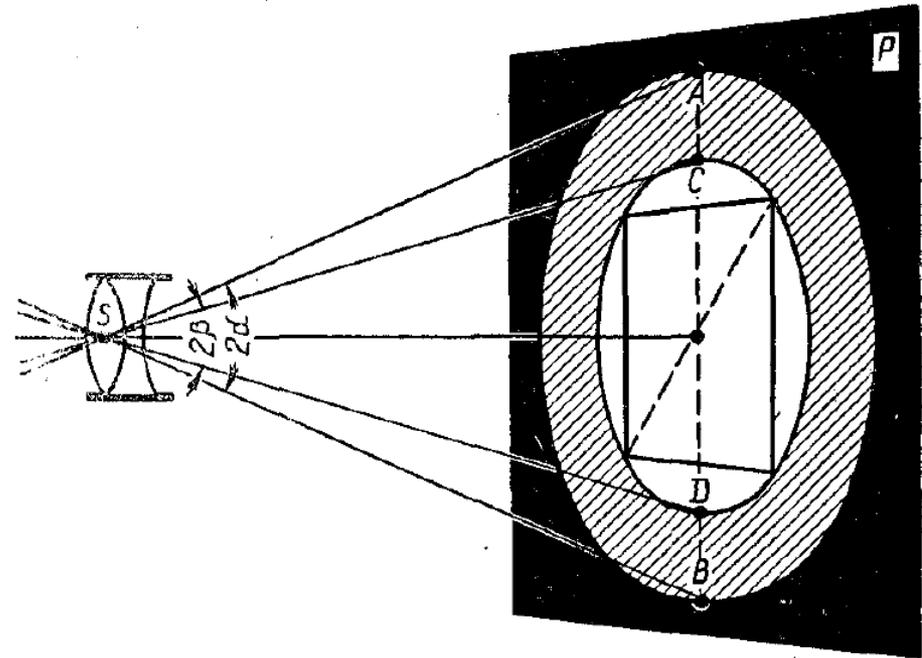
Характеристиками объектива являются так же угол поля зрения и угол поля изображения.

Угол поля зрения объектива характеризуется максимальной площадью светового пятна проходящего через объектив и описывается как $\angle ASB=2\alpha$

Центральная часть поля зрения, в пределах которого наблюдается удовлетворительное по равномерности резкости и яркости изображение, называется полем изображения.

Угол $\angle CSD=2\beta$, под которым диаметр поля изображения наблюдается из центра объектива, называется углом изображения объектива.

При уменьшении диаметра отверстия диафрагмы (диафрагмировании) освещенность поля изображения становится более равномерной.



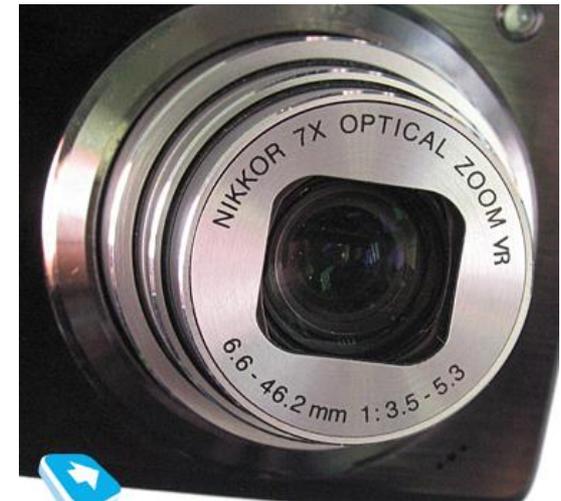
Светосила объектива

- **Светосила объектива** — величина, характеризующая степень ослабления объективом светового потока.
- Светосила объектива тем выше, чем больше его максимальное относительное отверстие.

$\frac{\pi}{4}d^2 : f^2$ (где d — диаметр действующего отверстия), делённой на

квадрат фокусного расстояния

На оправе объектива подписаны относительные числа — величины, указывающие, сколько раз диаметр действующего отверстия укладывается в главное фокусное расстояние объектива.



Учет светосилы при съёмке

- Два объектива Canon EF с одинаковым фокусным расстоянием 85 мм, но разным максимальным относительным отверстием: слева 1:1.8, справа 1:1.2; у более светосильного объектива диаметр линзы больше.



- **Относительное отверстие объектива** — отношение диаметра входного зрачка объектива D к его заднему фокусному расстоянию f .
- Его величину выражают в виде дроби, когда числитель приведён к единице:

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

Знаменатель относительного отверстия называют «диафрагменным числом» или «числом диафрагмы». Чем больше диафрагменное число, тем меньше освещённость кадра. Таким образом, диафрагмирование уменьшает освещённость кадра.

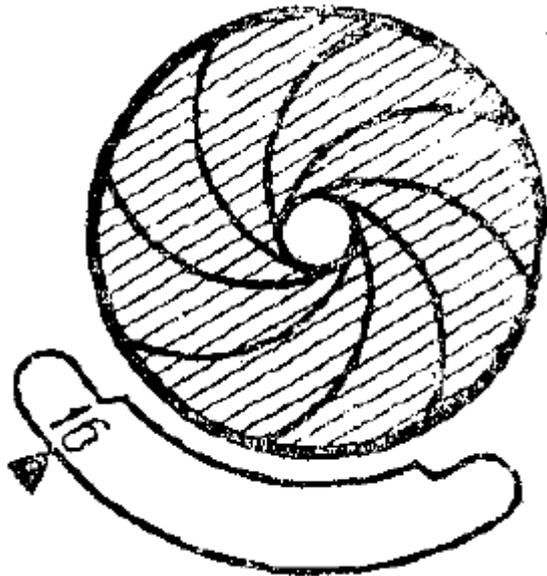
Диафра́гма (от греч. διάφραγμα — перегородка) в фототехнике — устройство объектива фотокамеры, позволяющее регулировать относительное отверстие, то есть изменять количество проходящего через объектив света, что определяет соотношение яркости оптического изображения фотографируемого объекта к яркости самого объекта, а также устанавливать необходимую глубину резкости.

- На данной иллюстрации наглядно показано, что чем больше диафрагменное число, тем меньше света попадает через объектив.



Основы фотографии

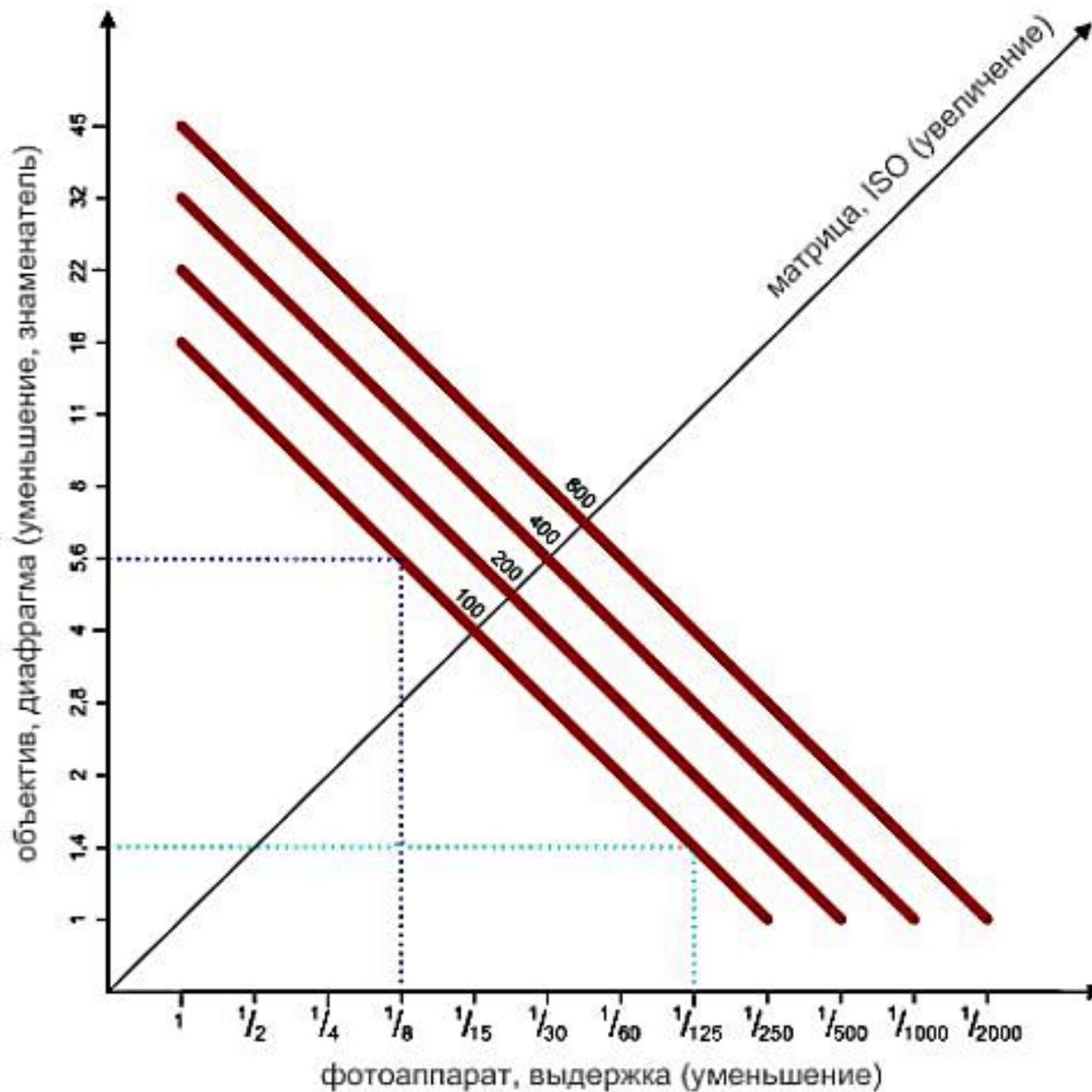
- **Диафрагмы бывают различных типов.** Наибольшее применение получили ирисовые диафрагмы, состоящие из налегающих друг на друга серпообразных пластинок, прикрепленных основаниями к кольцу расположенному на оправе объектива. В объективах используют стандартные значения 1 – 1,4 – 2 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22.
- Переход к соседнему индексу диафрагмы изменяет отверстие в 1.41раза ($\sqrt{2}$) а освещенность в 2 раза.



Основы фотографии

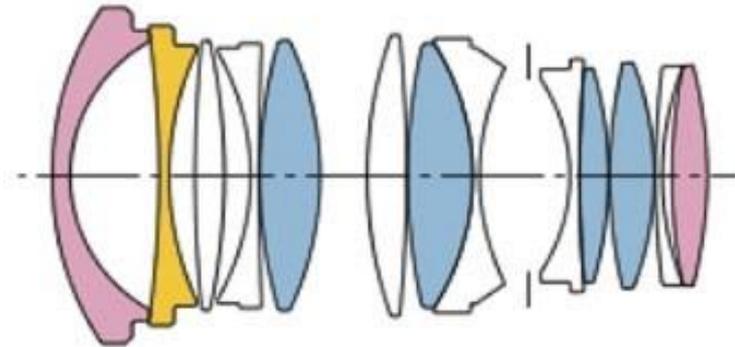
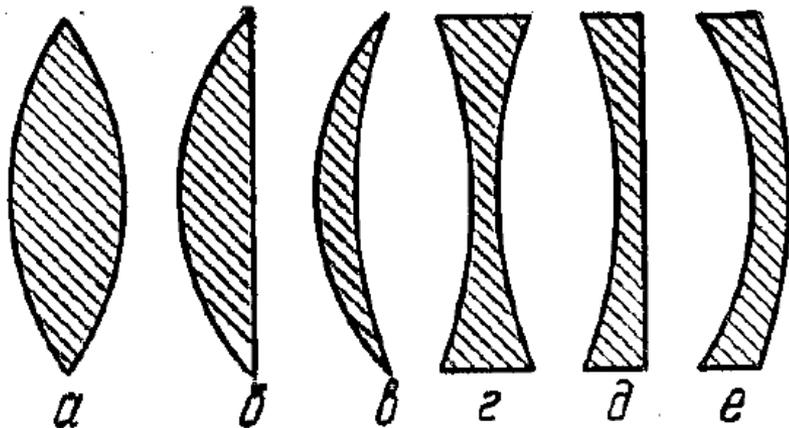
- Дополнительные понятия, применяемые в фотографии.
- **Выдержка** — **Выдержка** — время, в течение которого фотопленка или матрица фотоаппарата подвергается непрерывному действию света через открытый затвор фотокамеры.
- **Экспозиция (экспопара)** — это соотношение значений выдержки и диафрагмы, которое определяет количество света, попадающего на поверхность матрицы или фотопленки.
- **Экспонирование** — процедура освещения светочувствительного материала.
- **Оптическая плотность** — мера фотографического почернения светочувствительного слоя; выражается десятичным логарифмом непрозрачности (отношение прошедшего через оптическую среду светового потока к падающему).

Связь выдержки диафрагмы и чувствительности



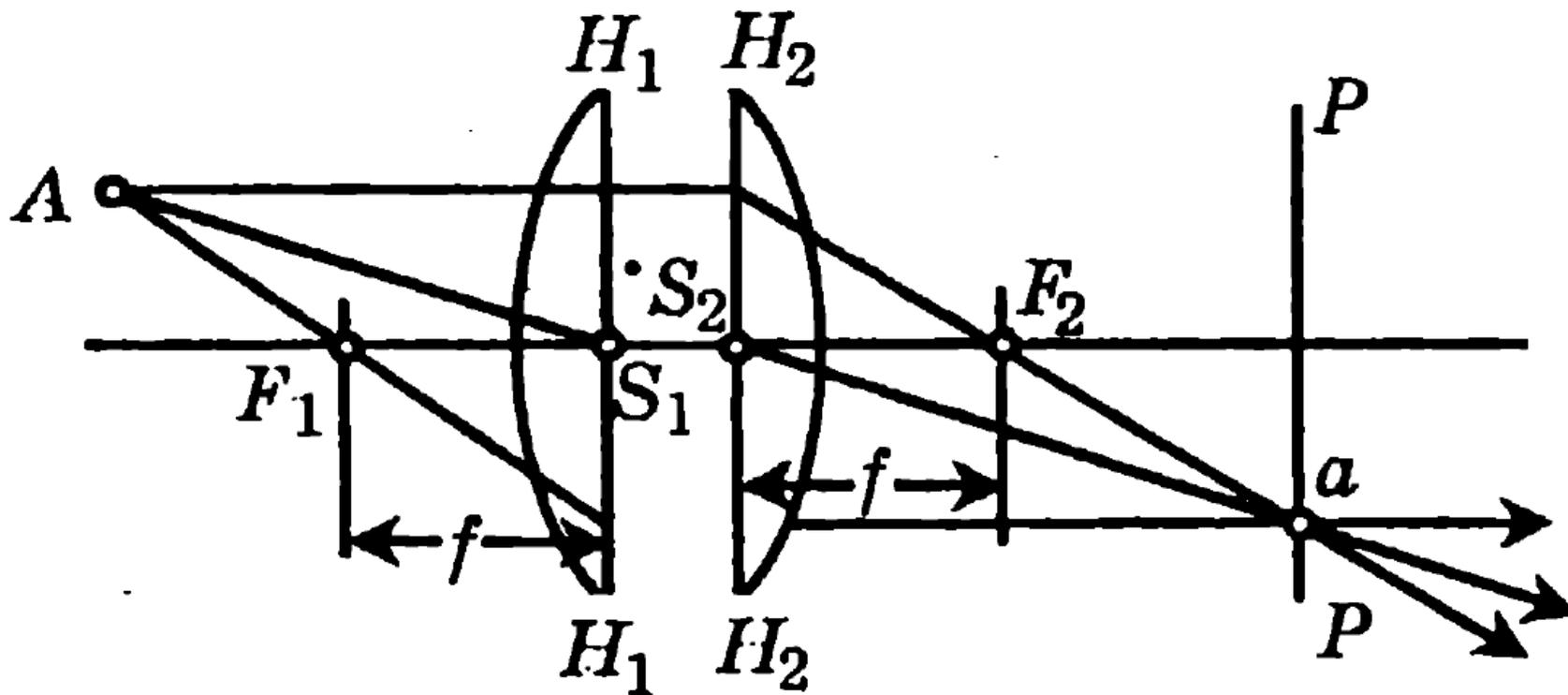
Основы фотографии

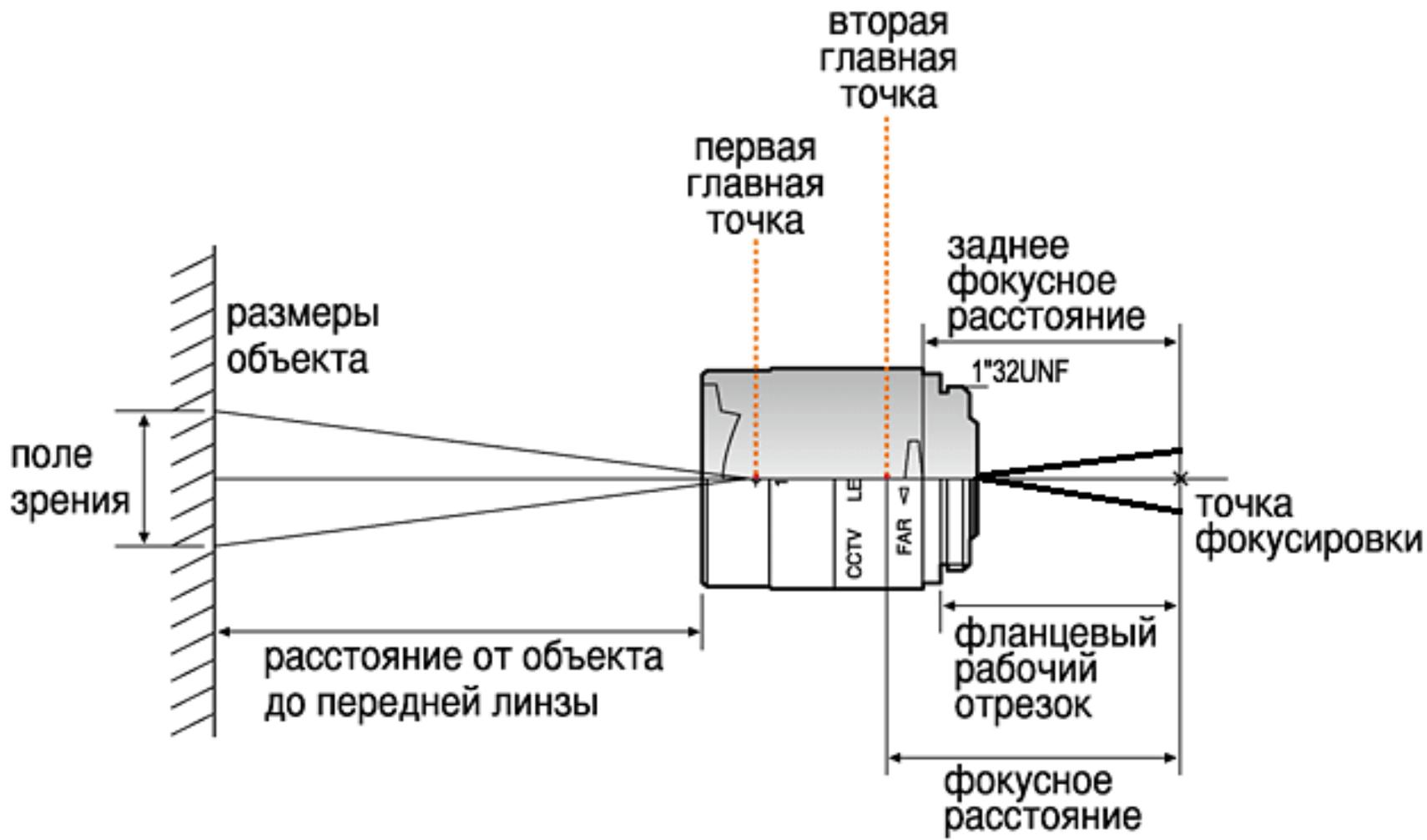
- Линзы делятся на собирательные (положительные), у которых середина толще краев (а,б,в), и рассеивающие (отрицательные), у которых края толще середины (г,д,е).
- Первые преобразуют пучок взаимно параллельных лучей в сходящиеся лучи, а вторые — в расходящиеся. Поэтому собирательные линзы дают действительное оптическое изображение освещенных или светящихся предметов, а рассеивающие — мнимое.
- Собирательная линза имеет главную оптическую ось, на которой расположены два центра ее сферических поверхностей и два главных фокуса: передний, находящийся в пространстве предмета, и задний — в пространстве изображения.



Оптические искажения

Пучок одноцветных лучей, исходящих от предмета параллельно главной оптической оси, преломившись в собирающей линзе, сойдется в главном фокусе пространства изображения.





Искажения снимков в фотографии

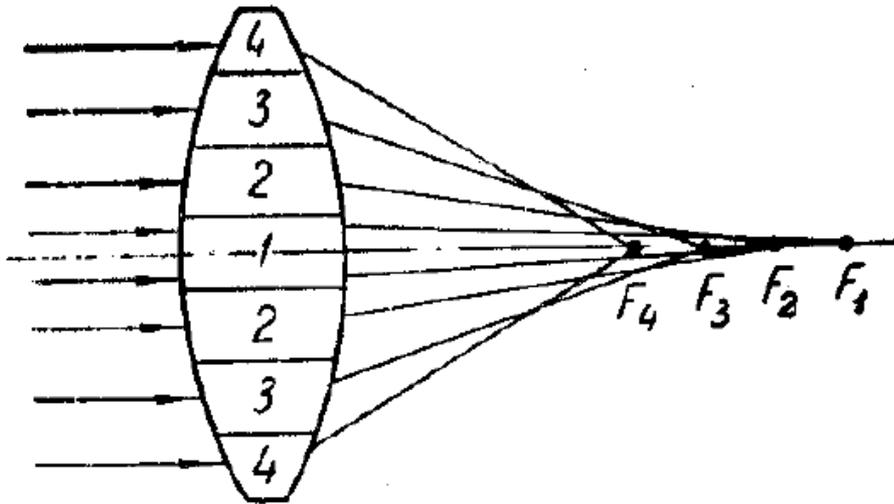
- Изображение предмета, **создаваемое одной линзой**, обладает существенными недостатками:
 - малой резкостью,
 - явлением цветной каймы, по границам ярких участков изображения
 - искривлением прямых линий, находящихся на краях поля изображения.
- **Искажения снимков** в фотографии, сформированные системой оптики при преломлении света, называют **абберациями** (лат. — отклонение).
- Абберациям, в разной степени, подвержены **любые объективы**, даже самые дорогие.
- **Чем больше диапазон фокусных расстояний** объектива, тем выше уровень его аббераций.

Искажения снимков в фотографии

Сферическая aberrация. Края линзы преломляют однородные по цвету лучи света сильнее» чем ее центральная часть. Поэтому лучи светового пучка пересекаются не в одной общей точке, а во многих, расположенных вдоль оси на различных расстояниях от линзы. Это явление называют сферической aberrацией.

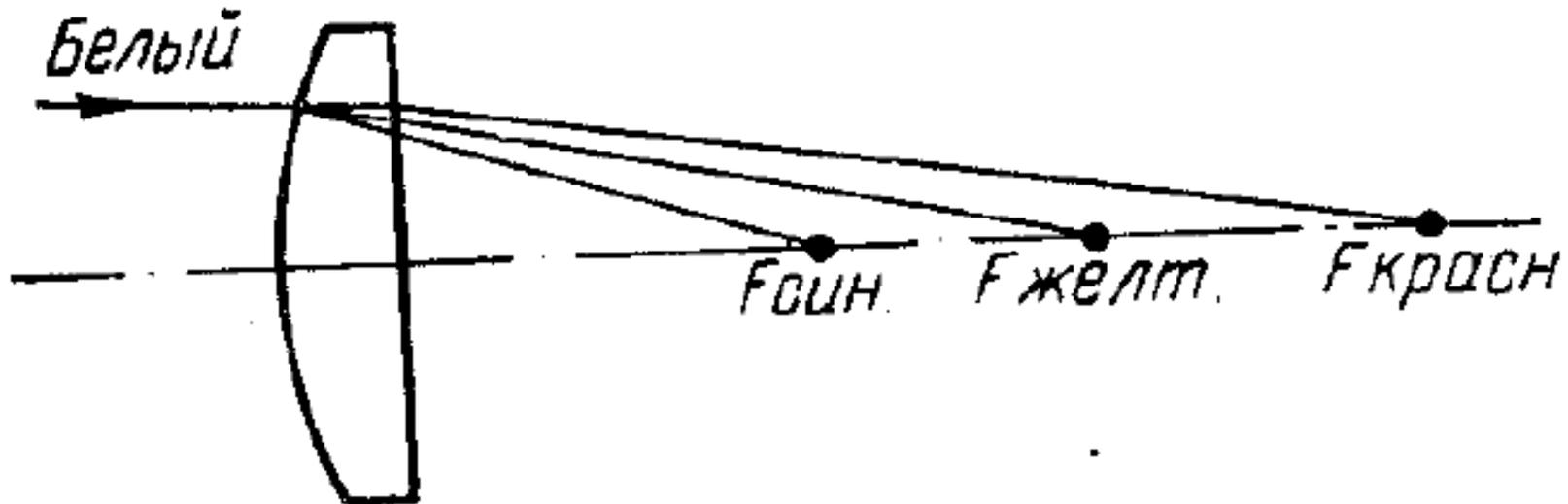
Сферическая aberrация характеризуется нерезким изображением вокруг источников света, вызванным разностью фокусов лучей света, проходящих через объектив на разных расстояниях от оптической оси.

Для исправления этой aberrации создают оптическую систему из двух линз — собирающей и рассеивающей.



Хроматическая аберрация

- **Хроматическая аберрация.** Пучок лучей белого цвета, проходя через линзу и преломляясь, разлагается на лучи всех цветов спектра, которые собираются на неодинаковых расстояниях от линзы. Ближе всего к линзе располагается фокус фиолетовых и синих лучей и дальше всего — красных лучей, как наименее преломляющихся.
- Хроматическая аберрация **исправляется** соединением линз собирающей и рассеивающей, изготовленных из различных сортов оптического стекла. Такие склеенные линзы представляют собой одну ахроматическую систему.



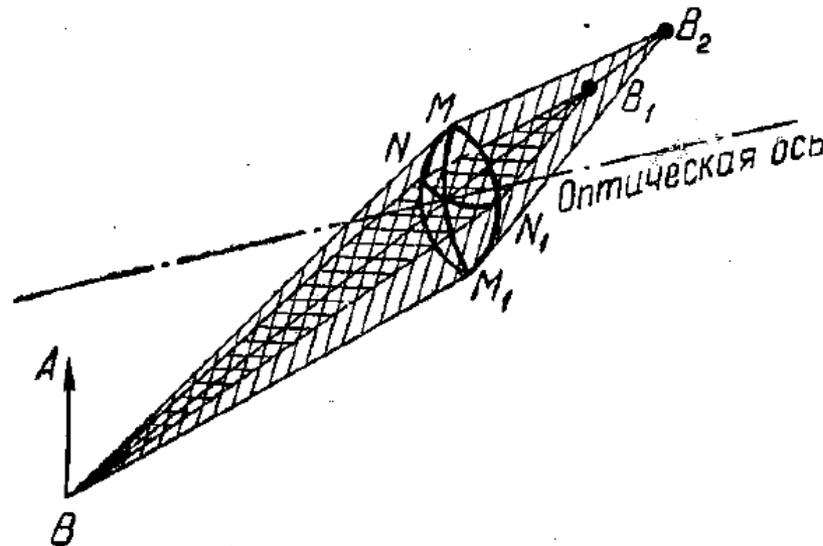
Хроматическая аберрация



Хроматические аберрации возникают на границе предметов съемки, в особенности, предметов, снятых на ярком фоне. Например, веток деревьев на фоне неба. Они представляют собой фиолетовую, зеленую или красную кайму

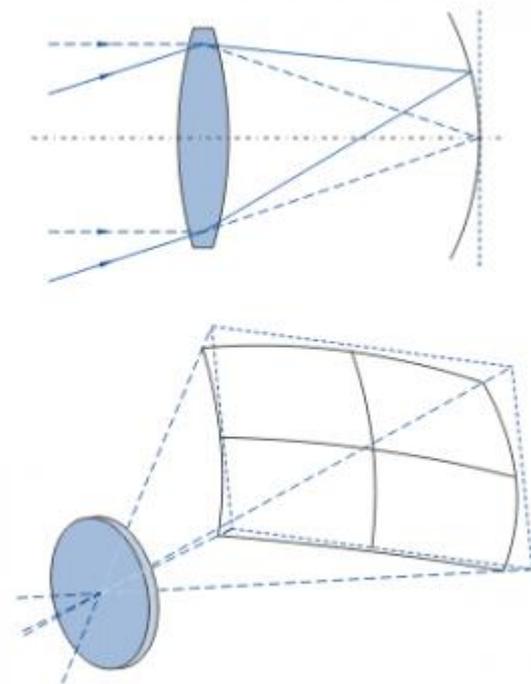
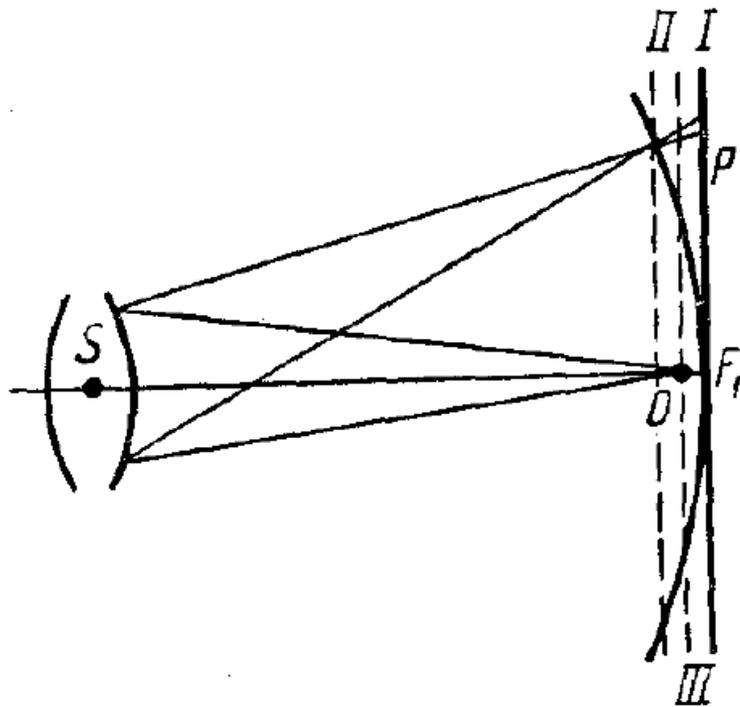
Основы фотографии

- **Астигматизм.** Наклоненный к главной оптической оси объектива конусообразный пучок одноцветных лучей, исходящий из светящейся точки B , после преломления в линзе вместо одного даст два изображения B_1 и B_2 этой точки.
- Такое явление объясняется **неодинаковой кривизной сферической линзы** как в меридиональном сечении, так и па дуге малого круга.
- При этом виде искажения предметы на фотографии выглядят искривленными, местами размытыми, прямые линии выглядят изогнутыми, возможны затемнения. Если линза страдает астигматизмом, то её пускают на запчасти, так как это явление не излечимо.



Основы фотографии

- **Кривизна поля изображений** выражается в том, что резкое изображение плоского предмета, перпендикулярного к оси объектива, располагается не на плоскости, а на кривой поверхности, обращенной своей вогнутостью к объективу.
- Поэтому при проектировании изображения на плоский экран **оно может быть резким только в центре и расплывчатым на краях экрана или наоборот.**
- Как правило, выбирают среднее положение экрана.



Основы фотографии

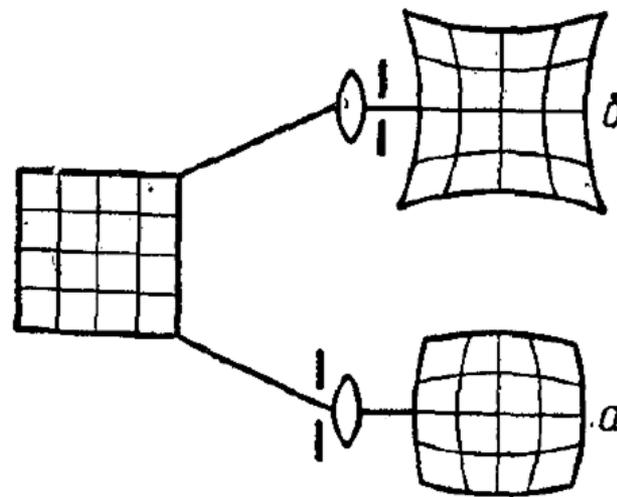
Дисторсия — искривление прямых линий на краях изображения, построенного простой линзой или оптической системой линз. Характер дисторсии зависит от расположения диафрагмы относительно линзы. *Диафрагмой называется светонепроницаемая пластинка, расположенная на пути светового пучка, имеющая круглое отверстие нужного диаметра.*

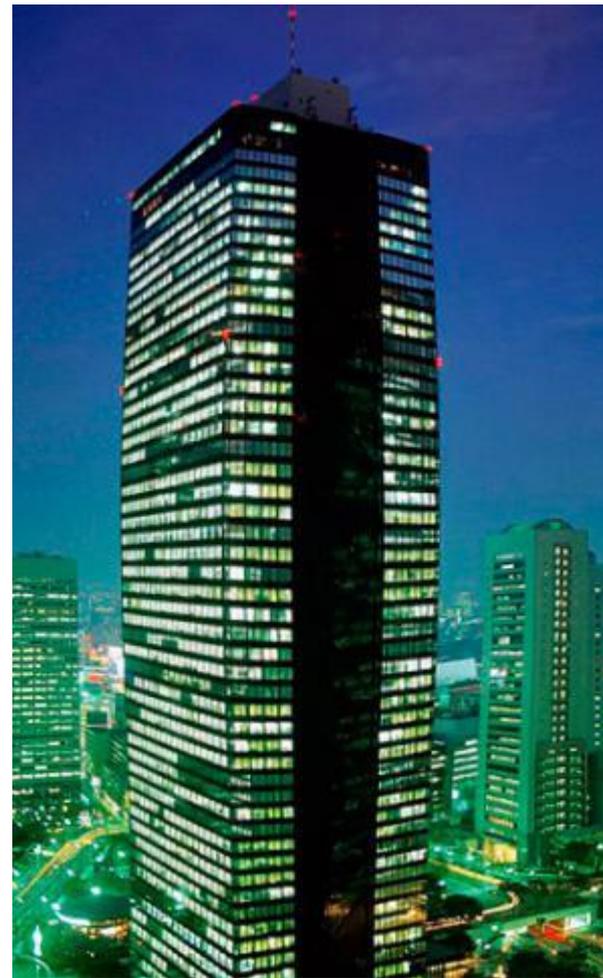
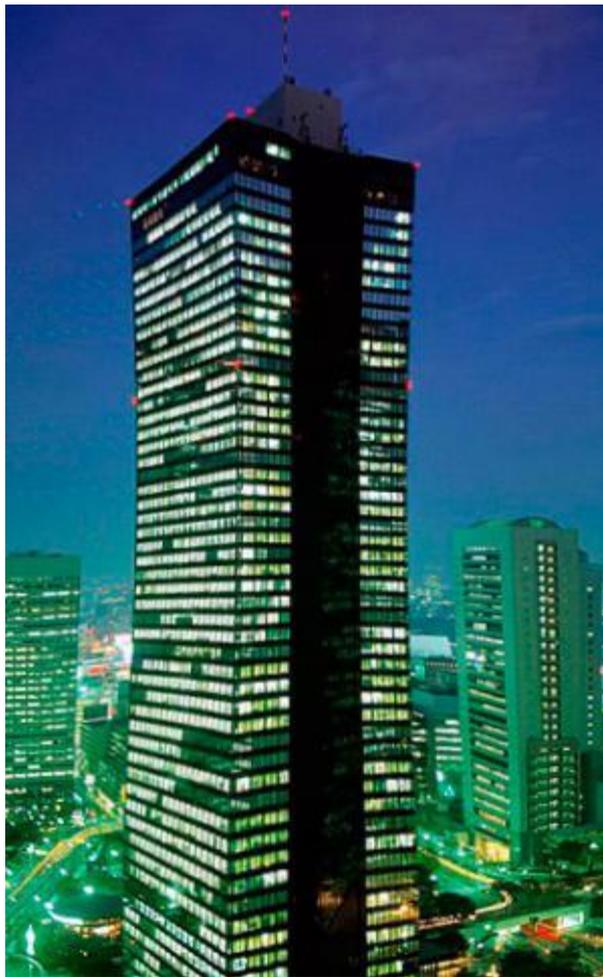
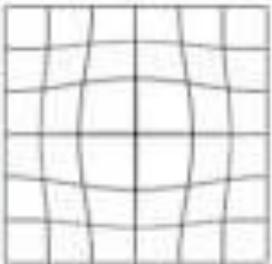
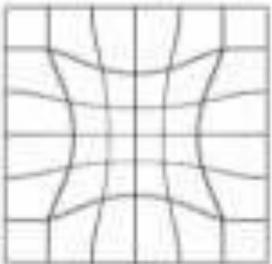
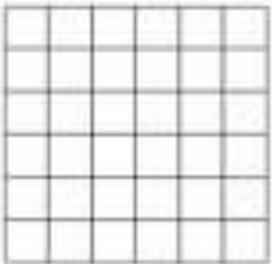
Если сфотографировать сетку квадратов при диафрагме, расположенной перед линзой, то изображение будет иметь бочонкообразный вид. Такая дисторсия называется отрицательной, так как крайние вершины углов квадрата смещены к центру.

При диафрагме, расположенной позади линзы, фотографическое изображение получится подушкообразной формы — дисторсия положительная.

Оптические системы, у которых дисторсия отсутствует, называются **ортоскопическими**.

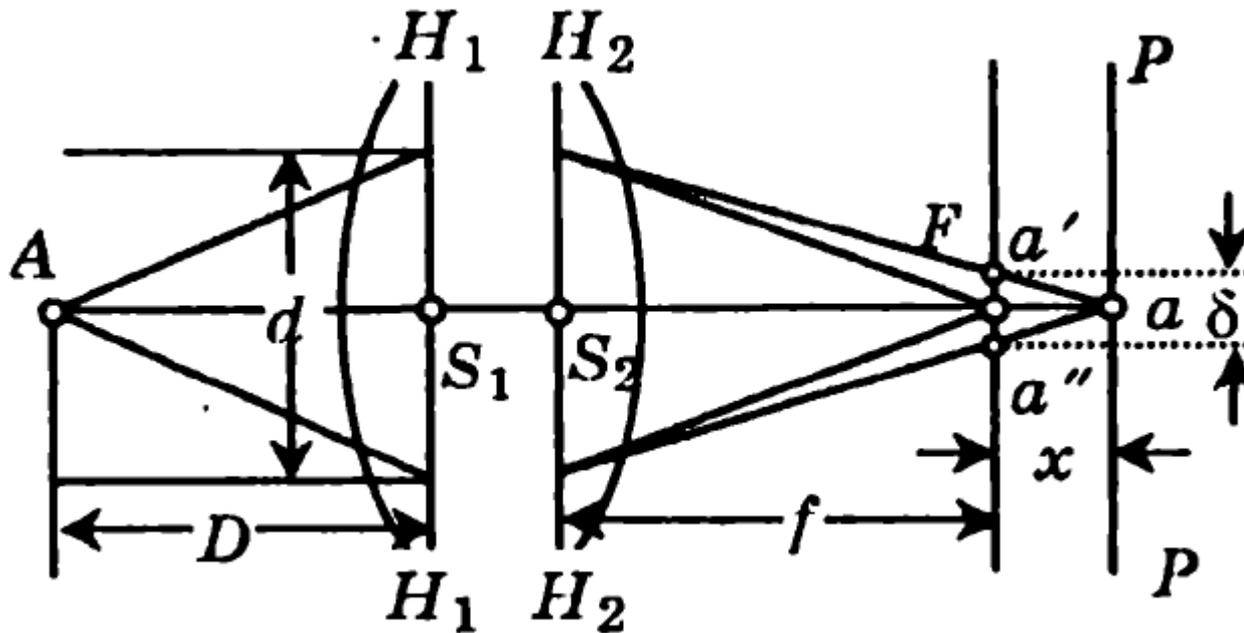
Полностью дисторсию устранить нельзя, ее можно только свести к минимуму





Основы фотографии

- **Глубина резкости**, или глубина резко изображаемого пространства, характеризуется свойством объектива резко изображать предметы, находящиеся на различном от него удалении.
- **Расстояние**, измеряемое вдоль главной оптической оси объектива, от переднего до заднего предметов, изобразившихся на снимке **практически резко**, называется глубиной резкости.



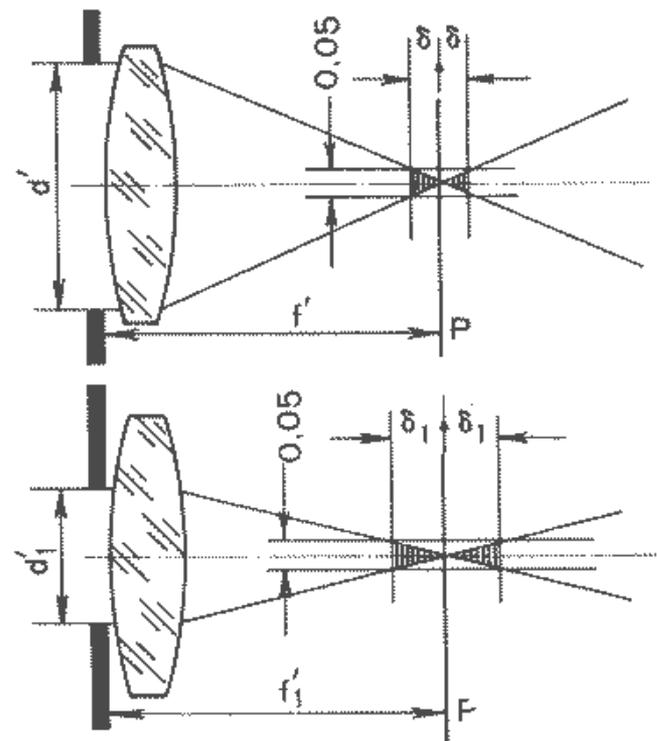
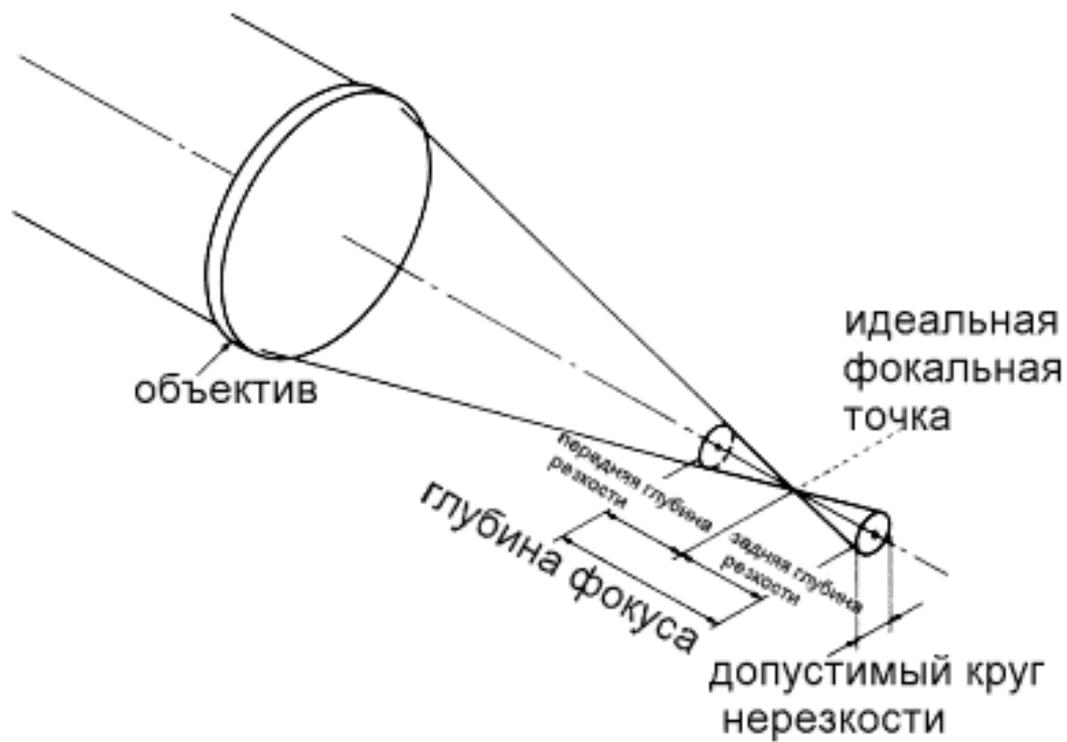
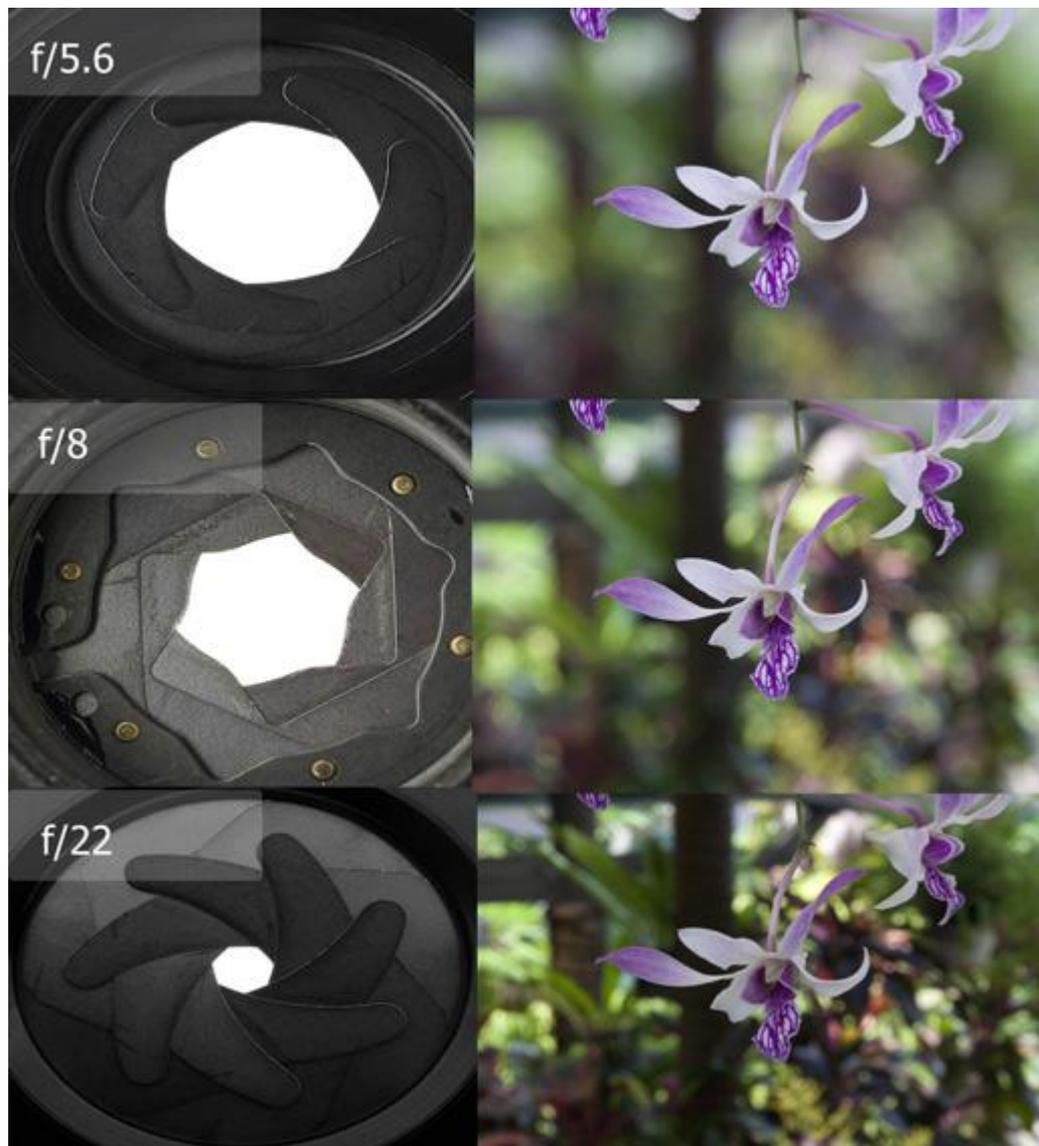


Рис. П.4. При уменьшении светового отверстия диафрагмы глубина резкости объектива возрастает: d и d_1 — диаметры светового отверстия; $0,05$ — диаметр допустимого кружка рассеяния; δ и δ_1 — глубина резкости — допустимое нарушение точности фокусировки объектива; P — фокальная плоскость

- Под этим термином подразумевается расстояние на котором все объекты воспринимаются резко, чётко, с хорошо очерченными контурами.
- Зависит эта характеристика от относительного отверстия или, говоря проще, величины диафрагмы.
- Чем выше значение знаменателя этого отверстия - тем больше ГРИП. Скажем, при диафрагме 1/4 ГРИП всегда будет меньше, чем при 1/5,6.





- Есть три аспекта, от которых зависит достигаемый эффект ГРИПа:
- размер Апертуры
- расстояние до объекта
- ТИП ЛИНЗЫ

Изменение Апертуры (одинаковая дистанция)



Изменение Объективов ($f/8$ – same distance)



Изменение Фокуса/Дистанции (70mm – $f/8$)



Основы фотографии

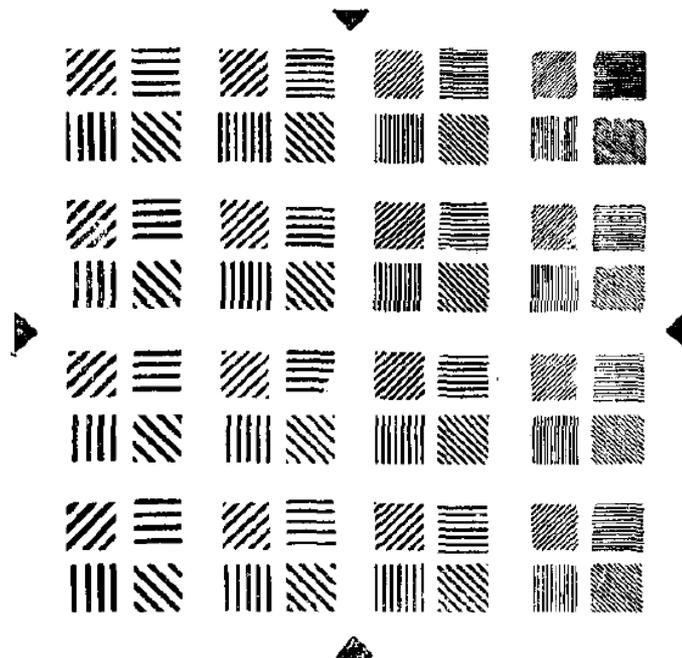
Разрешающая сила (способность) объектива— его способность отдельно изображать близкие мелкие детали объекта. За разрешающую силу объектива принимается максимальное число штрихов равной толщины, которые можно различать отдельно на протяжении одного миллиметра оптического изображения.

Для определения разрешающей силы объектива применяют специальные **штриховые миры**, представляющие собой совокупность групп линий различного направления, разделенных равными с ними по величине белыми промежутками.

Разрешающая сила объектива по всем поле неодинакова: она наибольшая в центральной части и снижается к краям поля.

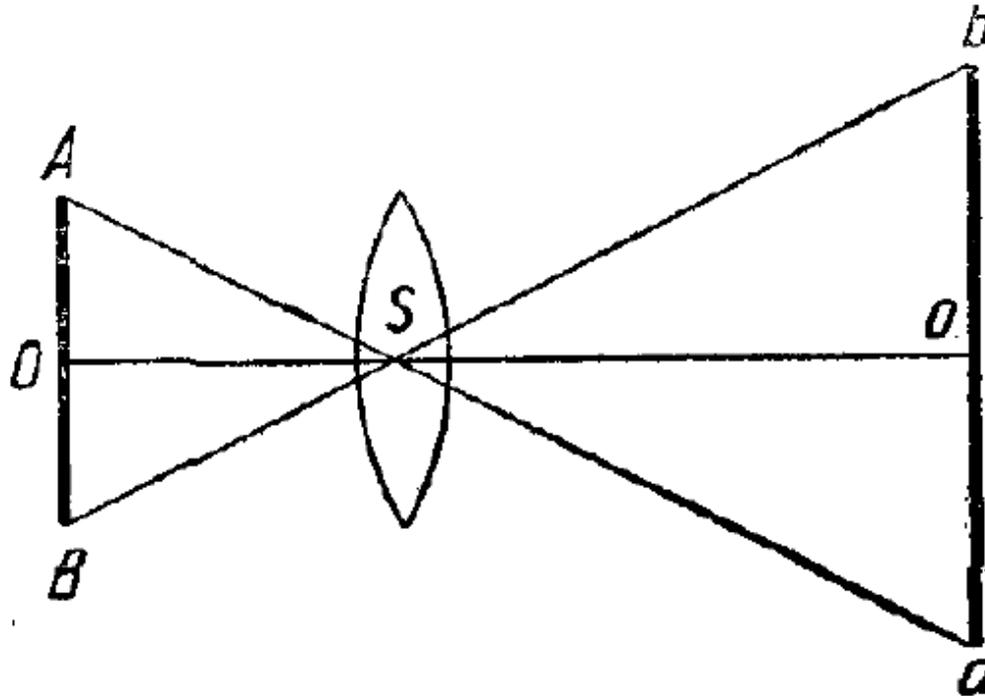
У короткофокусных объективов разрешающая сила меньше, чем у длиннофокусных.

Разрешающая способность объектива имеет очень важное значение при аэрофотосъемке, так как от нее зависит степень получаемой детальности фотографического изображения местности.



Основы фотографии

- Построение изображения в фотоаппарате.
- **Фотографический снимок** (аэроснимок, аэронегатив), в соответствии с законами геометрии, представляет собой перспективное изображение, построенное в центральной проекции, в которой часть лучей света, отраженных от объекта съемки, проходят через одну точку, называемую центром проекции.

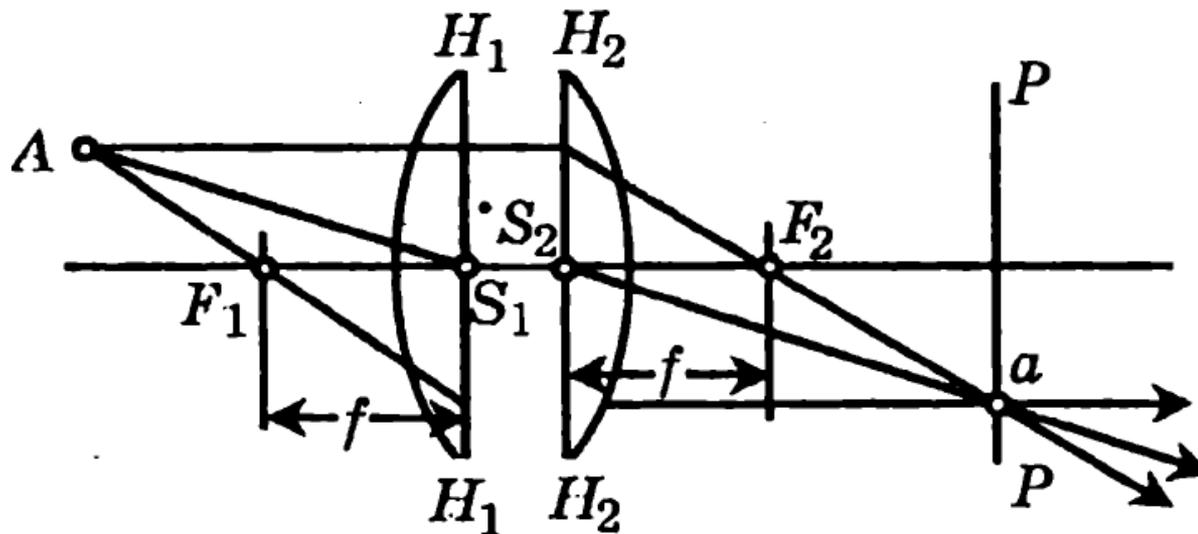


Основы фотографии

Т.к. объектив представляет собой **сложную оптическую систему**, то идеальная оптическая система, ограничивается двумя сферическими поверхностями. На главной оптической оси расположены **передняя (S1) и задняя (S2) узловые точки**, отнесенные к **пространству предметов и пространству изображения** соответственно.

Передняя узловая точка называется центром фотографирования, а задняя - центром проектирования. **Луч, попадающий в переднюю узловую точку S1, при выходе из задней узловой точки S2 сохраняет первоначальное направление.**

Расстояние между точками объектива S1 и S2 не влияет на ход лучей, и в фотограмметрических построениях их объединяют в одну точку.



Основы фотографии

Удаления точек A и a от передней и задней узловых точек связаны с фокусным расстоянием известной формулой оптического сопряжения

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

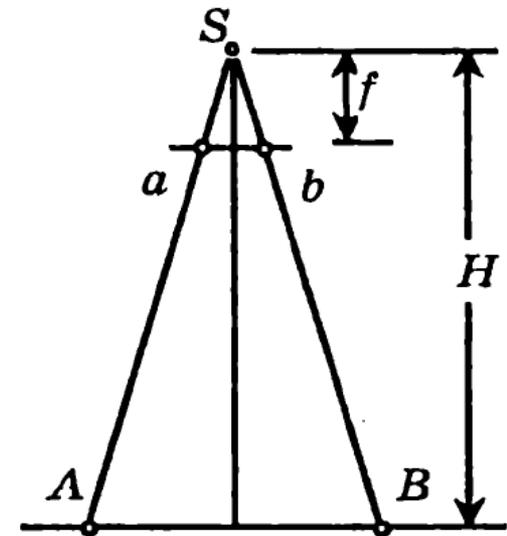
где f - фокусное расстояние объектива; D, d - расстояния вдоль главного оптического луча от передней и задней узловых точек до точки объекта A и точки изображения a соответственно.

Т.к. при аэрофотосъемке объект находится в бесконечности, то величиной $1/D$ в формуле можно пренебречь. В этом случае $d = f$, т. е. изображение объекта (местности) строится в главной фокальной плоскости. В этой плоскости и помещают светочувствительный материал (фотопленку), на которой получается изображение фотографируемой местности.

Это позволяет применять для определения масштаба горизонтального аэроснимка простую зависимость, вытекающую из подобия треугольников Sab и SAB

$$\frac{l}{m} = \frac{ab}{AB} = \frac{l}{L} = \frac{f}{H}$$

Где AB и ab - расстояния между точками на местности и их изображениями на снимке; f - фокусное расстояние объектива съемочной камеры; H - высота фотографирования.



Основы фотографии

Светочувствительные слои и их основные показатели

Фотопленка (Аэрофотопленка) — часть фотографической съемочной системы. С ее помощью регистрируется оптическое изображение. От свойств фотопленки зависит метрическое и изобразительное качество аэроснимков, т. е. качество изготавливаемых планов и карт.

Фотопленки, фотопластинки, и фотобумаги получают в результате нанесения на соответствующую подложку (стекло, целлулоид или бумагу) фотографической светочувствительной эмульсии, представляющей собой водный раствор желатина.

Желатин несет в себе во взвешенном состоянии чувствительные к свету зерна галоидных солей серебра - бромистого, хлористого или йодистого.



Основы фотографии

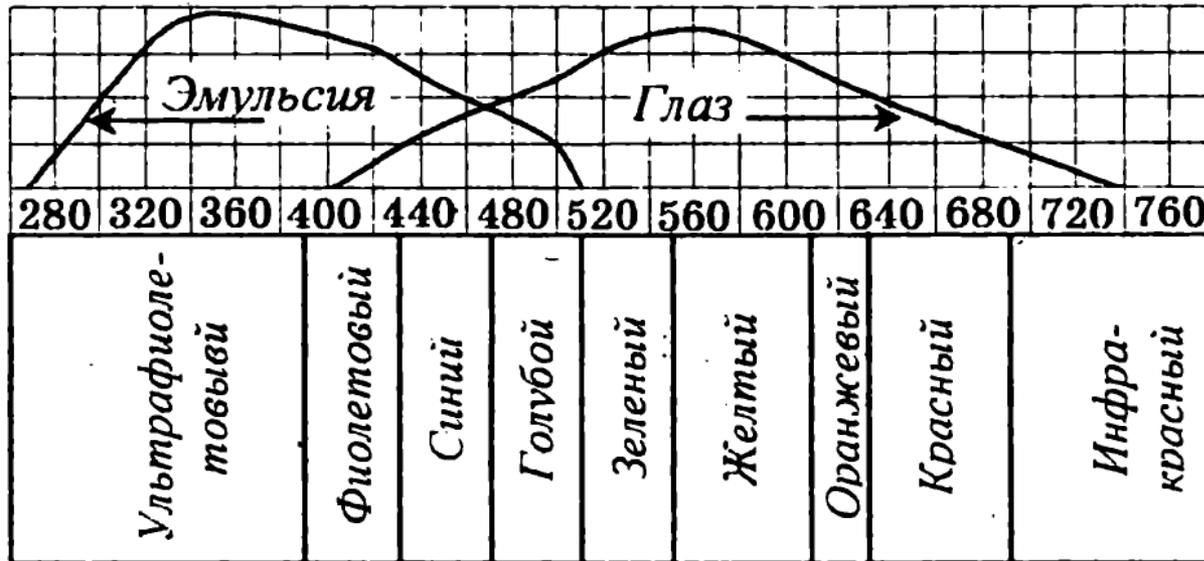
- **Светочувствительные слои** характеризуются рядом параметров:
- **Зернистость.** Фотографическое изображение, кажущееся невооруженному глазу непрерывным, на самом деле состоит из массы отдельных точек - светочувствительных зерен, число которых на 1 мм поверхности колеблется от 0,5 до 5 млн. и более, а размер - от 0,1 до 8 мкм, иногда достигая 35 мкм. По этой причине с увеличением фотоизображения снижается его резкость.
- **Разрешающая способность** фотографической эмульсии определяется максимальным числом линий, отдельно изображаемых на протяжении одного миллиметра плоскости изображения. Она выражается числом линий на миллиметр или расстоянием между этими линиями в мкм, и зависит от размера светочувствительных зерен.
- **Контрастность** - способность фотографической эмульсии передавать различие яркостей объекта или отдельных его участков через различие получаемых яркостей изображения.
 - Чем больше коэффициент контрастности u , тем более подчеркнута передаются различия в яркостях объектов и их элементов; чем меньше этот коэффициент, тем менее заметно изменение их яркостей. Оптимальными для аэрофотосъемки являются высококонтрастные эмульсии ($u = 1,5-2,4$), передающие даже незначительные изменения яркостей объектов местности.

Основы фотографии

- **Светочувствительность** — способность фотоэмульсионного слоя создавать большую или меньшую оптическую плотность при одинаковой экспозиции.
- **Светочувствительность может быть общей**, если фотоматериал экспонировался излучением широкого спектрального интервала (например, 500...700 нм) **или спектральной** — для узкой зоны спектра (например, 520...560, 680...740 нм).
- **Светочувствительность отечественных фотоматериалов определяется ГОСТом**, и ее указывают на упаковке фотопленок, фотопластинок (например, 32 ед. ГОСТ, 250 ед. ГОСТ). Зарубежные фотоматериалы той же светочувствительности имеют другие числовые значения.
- **При малой освещенности** объекта или при коротких выдержках при съемке **применяют фотопленки с высокой чувствительностью**.
- Спектральная чувствительность фотоэмульсионного слоя характеризует его способность реагировать на лучи различных зон спектра.

Основы фотографии

- **Цветопередача (цветовая чувствительность)** фотоэмульсии обусловлена избирательным поглощением цветовых излучений. Галоидные соли серебра обладают естественной чувствительностью к лучам фиолетовой части спектра.
- По мере перехода к другим лучам их чувствительность снижается и полностью исчезает в зеленой части спектра. В то же время глаз человека обладает повышенной чувствительностью к желто-зеленой части спектра. По этой причине фотографическое изображение многоцветного объекта на обыкновенной фотоэмульсии по сравнению со зрительным впечатлением дает совершенно иное представление об относительных яркостях, часть которых не изображается вообще.



Основы фотографии

- **Для исключения этого несоответствия** выполняют оптическую сенсibiliзацию фотоэмульсии путем **введения в нее тех или иных добавок (красителей)**, меняющих ее спектральную чувствительность путем поглощения лучистой энергии в соответствующих частях спектра и передачи ее микрокристаллам галоидного серебра.
- **В зависимости от наличия добавок** и характера их действия различают фотоэмульсии:
 - несенсибилизированную (с естественной цветочувствительностью);
 - ортохроматическую и изоортохроматическую (с расширенной цветочувствительностью до желтой и зеленой частей спектра);
 - изохроматическую и изопанхроматическую (с цветочувствительностью ко всем лучам спектра);
 - инфрахроматическую (с цветочувствительностью в сине-фиолетовой, дополнительной в инфракрасной частях спектра).
- В практике аэрофотосъемочных работ применяют и другие фотографические эмульсии - цветную, спектрзональную и пр.
- **Цветные изображения имеют в 2...3 раза меньшую разрешающую способность в сравнении с черно-белыми.**

Основы фотографии

Обработка материалов, негативный и позитивный процессы. После проведения аэро- или космического фотографирования получают экспонированный фильм, на котором в виде скрытого изображения записана информация о фотографируемом объекте.

Для преобразования скрытого изображения в видимое и получения негатива выполняют негативный процесс, состоящий из нескольких этапов: проявления, промывки, фиксирования, промывки и сушки.

Под действием водных проявляющих растворов (проявителей) экспонированные при съемке **частицы галоидного серебра восстанавливаются в металлическое серебро**. В тех местах, где энергия светового потока была больше (соответственно яркости объектов), фотохимическая реакция более активна. В результате избирательного восстановления серебра создается негативное изображение.

С полученных негативов изготавливают фотоотпечатки и диапозитивы. Этот процесс называют позитивным. На позитивах оптическая плотность изображения обратна негативу, но в прямом соответствии с яркостью фотографируемого объекта.

Существует, **два способа печати с негативов позитивных копий:** контактный и проекционный.

- С полученных негативов изготавливают фотоотпечатки и диапозитивы.
- Этот процесс называют позитивным. На позитивах оптическая плотность изображения обратна негативу, но в прямом соответствии с яркостью фотографируемого объекта.
- Последовательность отдельных этапов позитивного процесса аналогична съемочному и негативному процессам — после экспонирования (фотопечати) выполняют проявление, промывку, фиксирование, промывку и сушку.
- Фотоотпечатки (фотоснимки) изготавливают на фотобумаге, а диапозитивы — на фотоматериалах с прозрачной подложкой (пленка или стекло).
- Существует два способа печати)с негативов позитивных копий:
 - контактный
 - проекционный.

- При контактном способе позитивный фотоматериал (фотобумага или позитивная пленка) плотно прижимается к негативу эмульсионными слоями друг к другу и освещается через негатив. Масштаб изображения позитива равен масштабу негатива. Контактную печать выполняют на контактных копировальных приборах, схема которых приведена на рисунке 2.1. Резкость изображения на отпечатках зависит от плотности прижима позитивного материала к негативу.

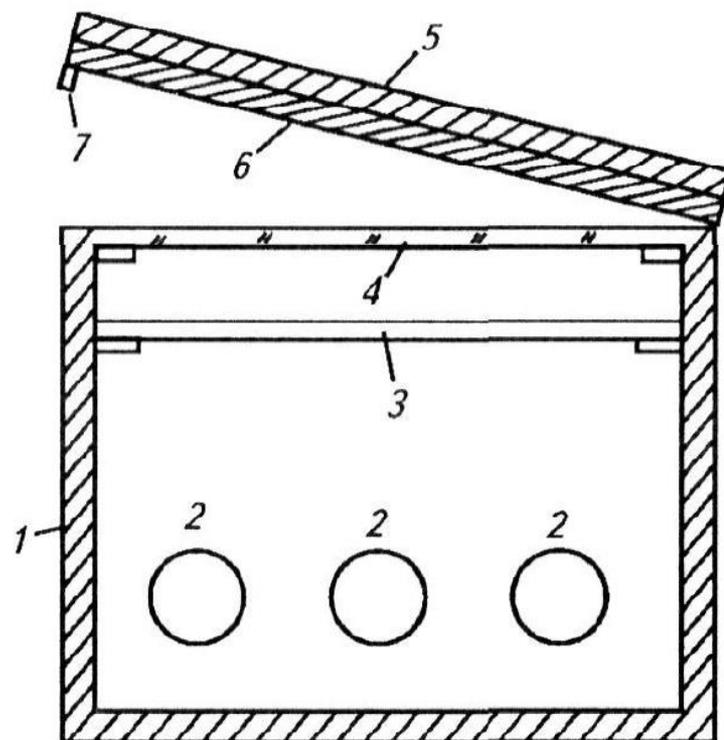


Рис. 2.1. Схема контактного копировального прибора:

1 — корпус; 2 — лампы освещения; 3 — матовое стекло; 4 — стекло, на котором укладывается негатив; 5 — прижимное устройство; 6 — уплотнитель; 7 — контактный выключатель

Проекционная печать

Проекционная печать позволяет получать **увеличенные позитивы** (снимки) в ином масштабе. Такое устройство называют фотоувеличитель.

Масштаб проецированного изображения зависит от **расстояния между объективом и экраном D** которое изменяют, перемещая проектор по вертикальной штанге.

Для получения **резкого изображения** на экране, а следовательно, и на снимке должно выполняться **оптическое сопряжение трех плоскостей**: негатива, объектива и экрана (позитива).

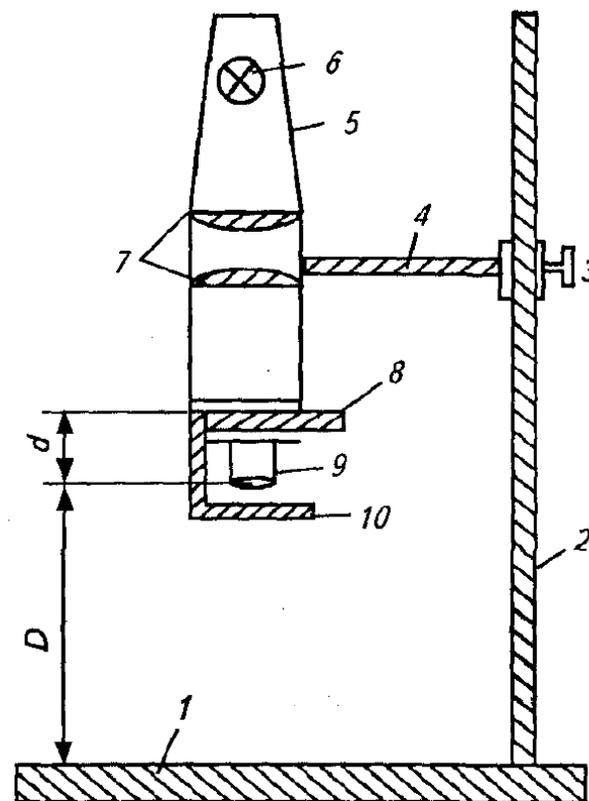
Это условие выражается уравнением:

$$1/D + 1/d = 1/F_{об}, \quad (2.2)$$

где $F_{об}$ — фокусное расстояние объектива.

Рис. 2.2. Схема фотоувеличителя:

1 — экран; 2 — штанга; 3 — муфта; 4 — кронштейн; 5 — корпус осветителя; 6 — лампа освещения; 7 — конденсор; 8 — рамка с негативом; 9 — объектив; 10 — светофильтр



Лекция окончена

Благодарю за внимание