

Физика 7. Основы Гауссовой оптики.

Основы Гауссовой оптики

Гауссова (параксиальная) оптика рассматривает лучи, которые идут **близко к оптической оси** и под малыми углами.

В этих условиях система ведёт себя линейно: положение и угол луча можно описать матрицами.

Основное приближение:

$$\sin \theta \approx \theta, \quad \tan \theta \approx \theta$$

Характеристики оптической системы в гауссовой оптике

- Главные плоскости (передняя и задняя).
- Фокусное расстояние f (для тонкой линзы одинаково спереди и сзади).
- Оптическая сила:

$$\Phi = \frac{1}{f}$$

- Положение изображений определяется формулой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

где

a – расстояние до предмета,

b – расстояние до изображения.

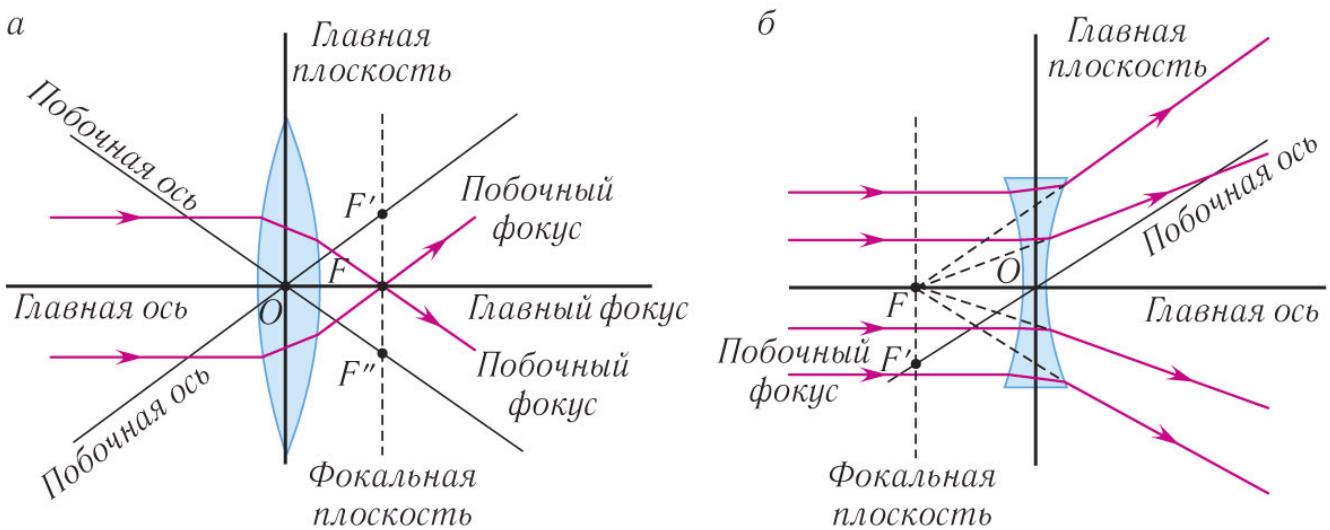


Рис. 148. Основные характеристики линз:
а — собирающая линза; б — рассеивающая линза

Узловые точки и плоскости

Узловые точки — такие точки в сложной системе, для которых:

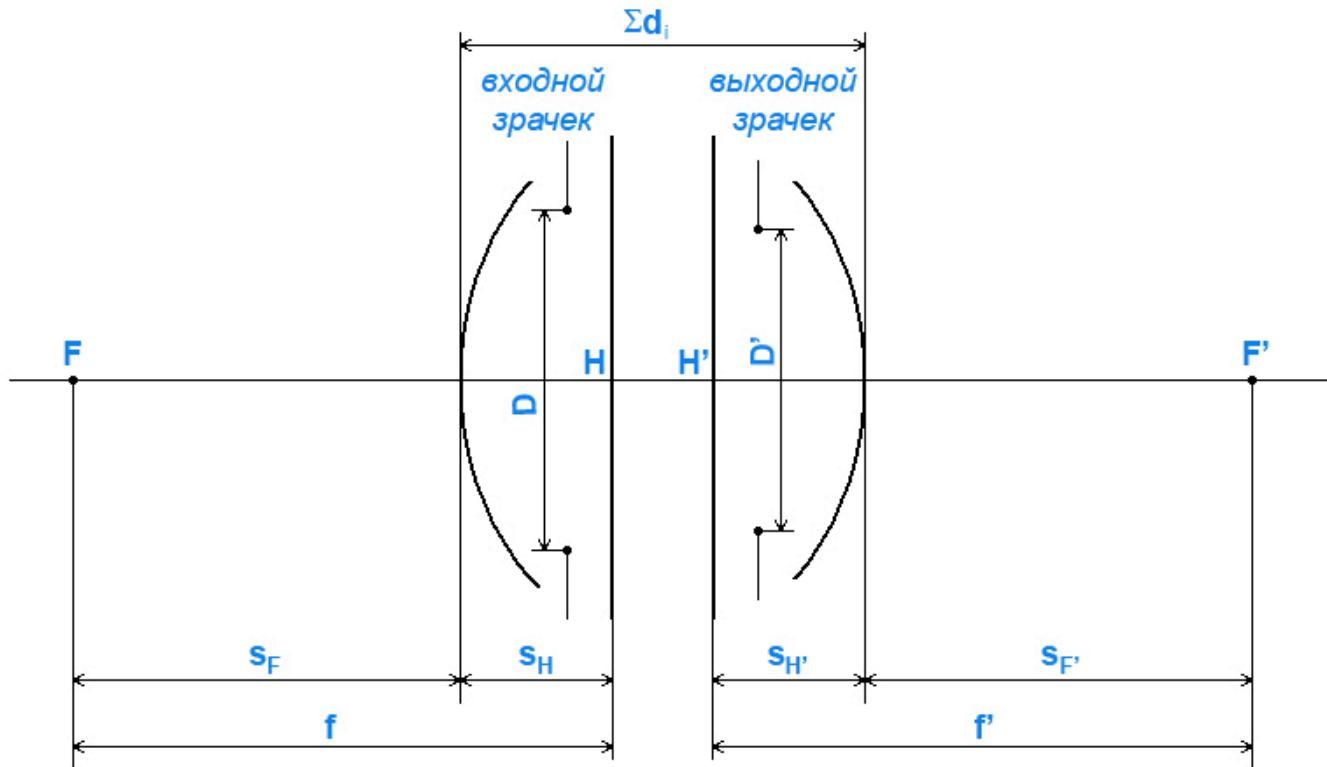
- луч, входящий в первую узловую точку под углом θ ,
- выходит из второй узловой точки **под тем же углом**.

Для систем в воздухе узловые точки совпадают с главными.

Если среда разная — точки раздвигаются.

Узловые плоскости проходят через узловые точки и перпендикулярны оптической оси.

Они удобны при построении изображений в системах сильно отличающихся элементов.



Сложение оптических систем

Для двух тонких линз, разделённых расстоянием d :

$$\Phi_{\text{eq}} = \Phi_1 + \Phi_2 - d, \Phi_1 \Phi_2$$

где $\Phi_1 = 1/f_1$ и $\Phi_2 = 1/f_2$.

Эквивалентное фокусное расстояние:

$$f_{\text{eq}} = \frac{1}{\Phi_{\text{eq}}}$$

Если линзы подходят близко друг к другу:

$$f_{\text{eq}} \approx \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

Сложные оптические приборы строятся через последовательное сложение линз.

Оптические инструменты (гауссовое описание)

Увеличительное стекло (лупа)

Использует линзу с фокусом f :
предмет ближе фокуса \rightarrow увеличенное мнимое изображение.

Увеличение:

$$M \approx \frac{D}{f}$$

где $D = 25$ см – наилучшая дистанция зрения.

Микроскоп (микроскопическое увеличение)

Состоит из **объектива** и **окуляра**.

Общее увеличение:

$$M = M_{\text{obj}}, M_{\text{eyepiece}}$$

Приблизительно:

$$M \approx \frac{l}{f_1} \cdot \frac{D}{f_2}$$

где

l – тубусное расстояние,
 f_1, f_2 – фокусы объектива и окуляра.

Зрительная труба / телескоп

Система из объектива и окуляра.

Угловое увеличение:

$$M = -\frac{f_{\text{obj}}}{f_{\text{eyepiece}}}$$

Прибор дает удалённые изображения с изменённым углом зрения.

Фотоаппарат

Моделируется линзой и экраном.

Для резкости:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Где b – положение матрицы/плёнки.

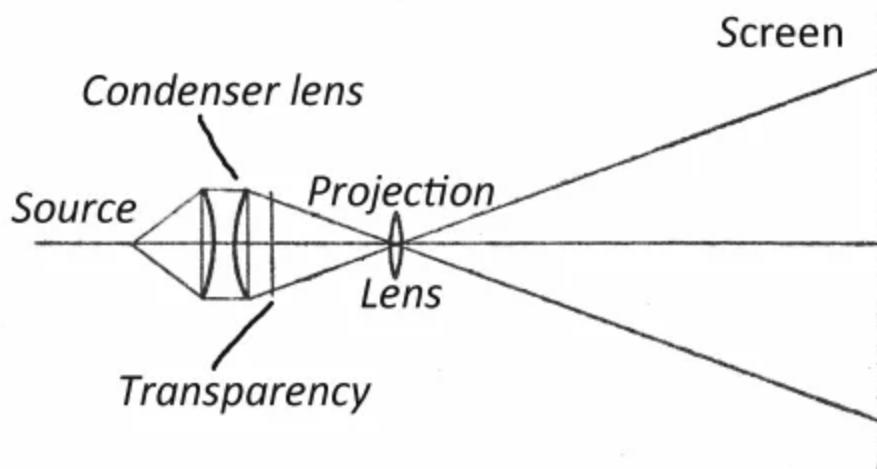
Светосила определяется **диафрагмой**.

Проекционные устройства

Реальное изображение на экране, формируемое линзой:

$$M = \frac{b}{a}$$

Поскольку экран далеко, b обычно несколько метров \rightarrow сильное увеличение.



Диафрагма

Диафрагма ограничивает **пучок лучей**, проходящий через систему.

Она задаёт:

- яркость изображения,
- глубину резкости,
- количество aberrаций.

Входной и выходной зрачок

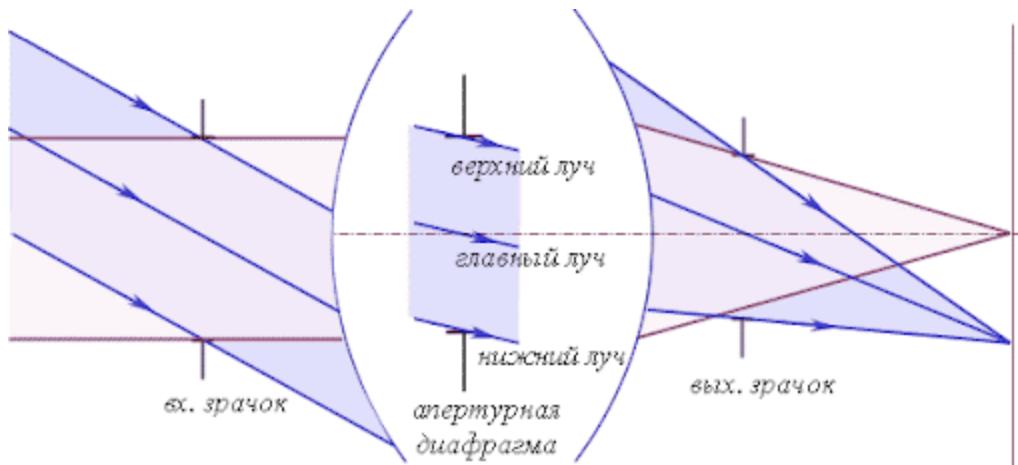
Зрачки – **изображения диафрагмы**, построенные оптической системой.

- **Входной зрачок:** видимый размер диафрагмы, если смотреть на неё со стороны предмета.
- **Выходной зрачок:** изображение той же диафрагмы, если смотреть со стороны изображения.

Связь с числовой апертурой:

$$NA = n \sin \theta$$

где θ задаётся входным зрачком для микроскопов.



Входное и выходное окно

Окна определяют **границы поля зрения**.

- **Входное окно:** первая апертура, ограничивающая поле.
- **Выходное окно:** изображение входного окна в оптической системе.

Поле зрения инструмента определяется входным окном и увеличением.