

Исследование законов преломления света на границе раздела сред. Явление полного внутреннего отражения.

Цель – изучение хода лучей в плосковыпуклой сферической линзе и определение показателя преломления.

Теоретическая часть.

Закон прямолинейного распространения света: в оптически однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Закон отражения света: падающий и отраженный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости (рисунок 1). Угол падения α равен углу отражения γ :

$$\alpha = \gamma.$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..1)**

Полное внутреннее отражение (ПВО).

Если угол падения α невелик, то часть поля отражается, а часть преломляется. Однако, при переходе из более плотной среды в менее плотную ($n_1 > n_2$), при некотором угле падения синус угла преломления по закону преломления должен быть больше единицы, что невозможно. Поэтому преломления не происходит, а происходит полное внутреннее отражение. Условие ПВО:

$$\sin \alpha \geq \frac{n_2}{n_1}$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..2)**

Закон преломления света: падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке

падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина постоянная для двух данных сред:

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

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..3)**

Относительным показателем преломления второй среды относительно первой называют величину:

$$n = \frac{n_2}{n_1}.$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..4)**

Показатель преломления среды относительно вакуума ($n_1 = 1$) называют абсолютным показателем преломления:

$$n = \frac{n_2}{1} = n_2.$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..5)**

Если свет проходит через одну оптическую среду, характеризующуюся показателем преломления n_1 , в другую с показателем преломления n_2 , его направление изменяется по закону Снеллиуса (Рисунок **Ошибка! Текст
указанного стиля в документе отсутствует..1)**):

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta.$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..6)**

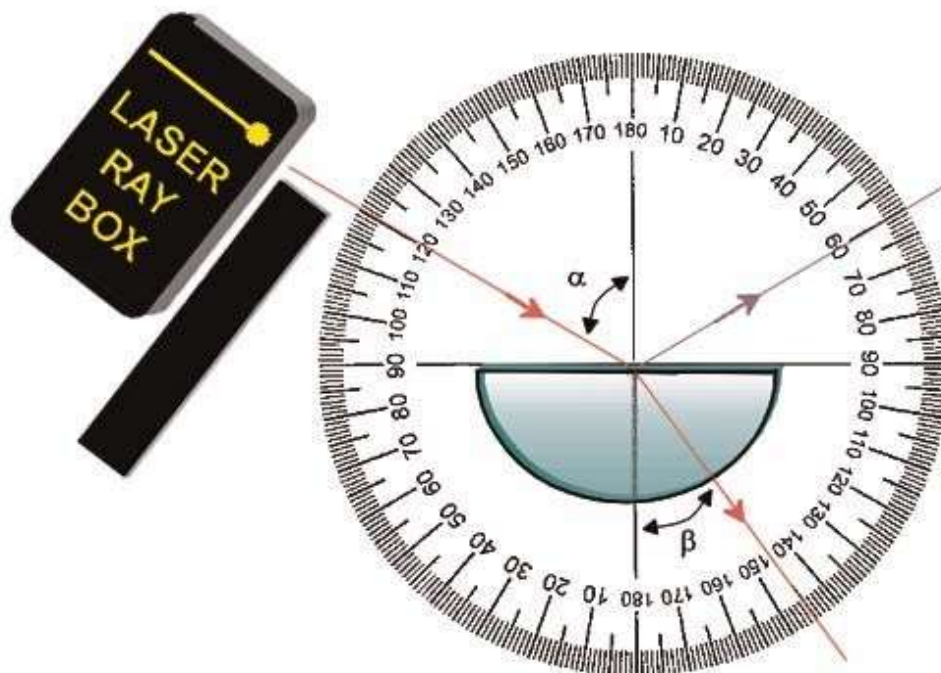


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1. Явление преломления света

Практическая часть.

Установите источник света (лазер) и рисунок-макет «Транспортер» на рабочую поверхность. Поместите плосковыпуклую сферическую линзу 6 и 7 на рисунок-макет «Транспортер», как показано на рисунках (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2 и Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3):

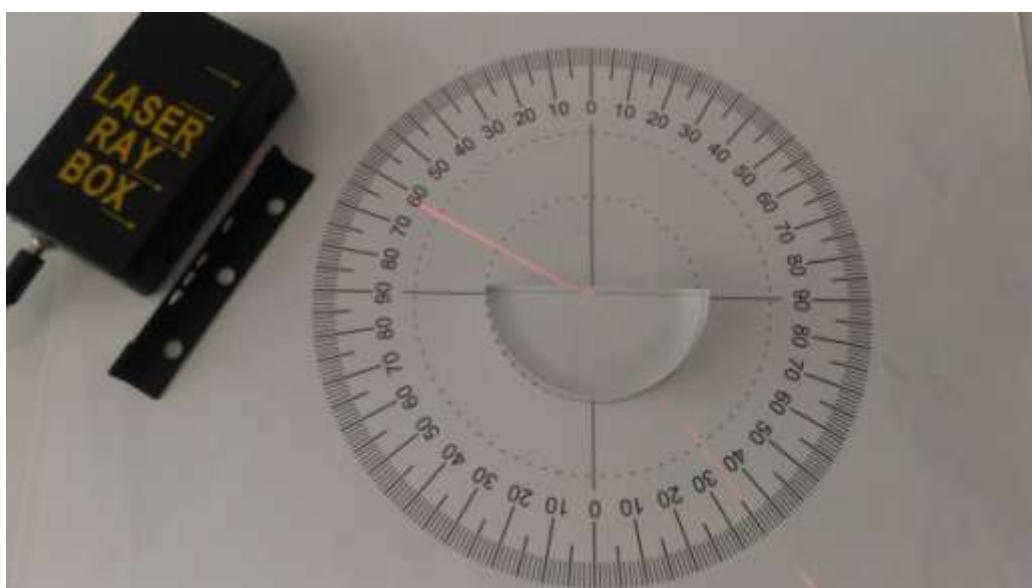


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2. Модель преломления на границе двух сред

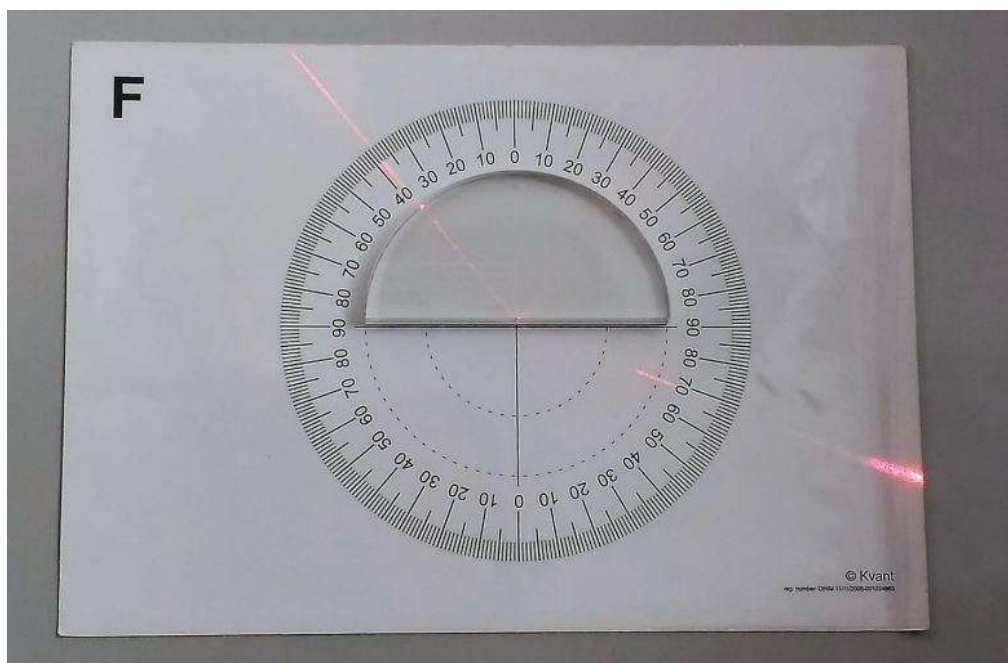


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3. Модель полного внутреннего отражения

Рассчитайте относительный показатель преломления n данной среды.
Изучите явление полного внутреннего отражения.
Сделайте вывод о проделанной работе.

Исследование глаза как оптической системы

Цель – познакомить студентов с оптическим конструктором, его компонентами, дать представление о корректирующей оптике.

Задачи:

- Смоделировать оптическую систему с использованием рисунка-макета «Глаз».
- Определить фокусное расстояние.

Теоретическая часть

Человеческий глаз (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**4) имеет шарообразную форму. Диаметр глазного яблока – примерно 2,5 см, масса – 7-8 г. Снаружи глаз покрыт склерой — плотной непрозрачной оболочкой. Её передняя часть переходит в прозрачную роговую оболочку — роговицу. Склера и роговица защищают глаз и являются местом крепления двигательных мышц.

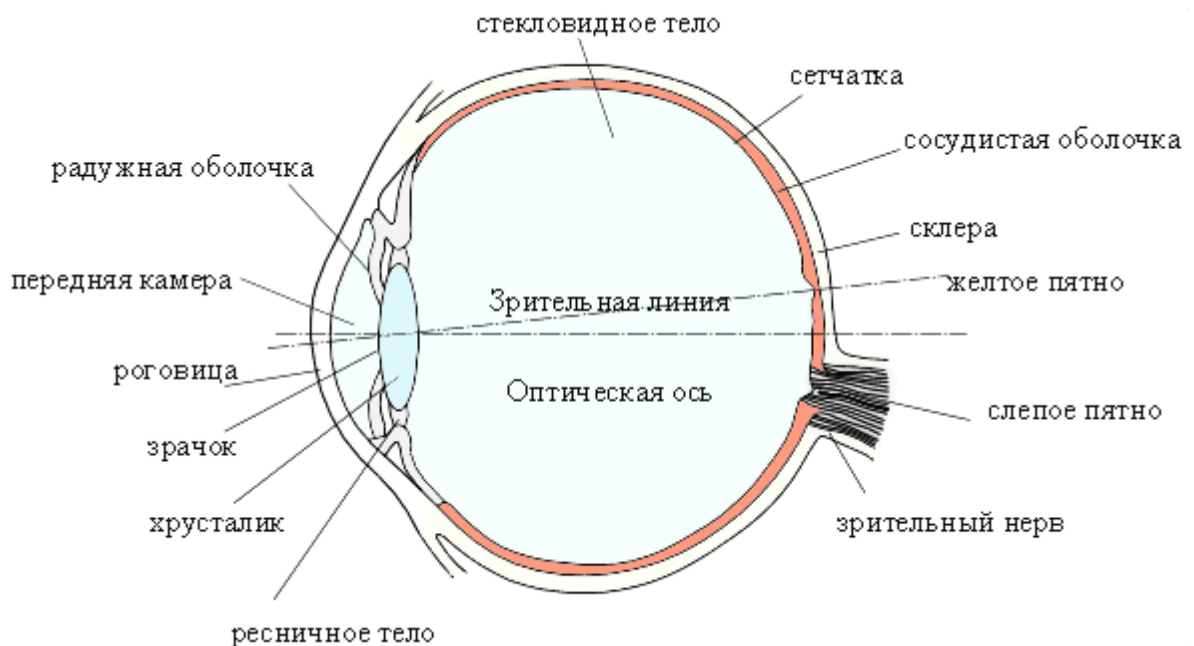


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**4. Разрез глазного яблока

Тонкая сосудистая пластинка (радужная оболочка) является диафрагмой, ограничивающей проходящий пучок лучей. Через отверстие в радужной оболочке (зрачок) свет проникает в глаз. В зависимости от величины падающего светового потока диаметр зрачка может изменяться от 1 до 8 мм.

Хрусталик – двояковыпуклая эластичная линза, крепящаяся на мышцах ресничного тела. Ресничное тело обеспечивает изменение формы хрусталика. Хрусталик делит внутреннюю поверхность глаза на две камеры: переднюю и заднюю, заполненные водянистой влагой и стекловидным телом соответственно.

Внутренняя поверхность задней камеры покрыта сетчаткой, представляющей собой светочувствительный слой. Раздражение

светочувствительных элементов сетчатки поступает через волокна зрительного нерва к зрительным центрам мозга. Между склерой и сетчаткой находится тонкая сосудистая оболочка, которая состоит из сети кровеносных сосудов, питающих глаз.

Слепое пятно – место входа зрительного нерва. Выше расположен участок ясного видения – желтое пятно. Линия, проходящая через центр желтого пятна и центр хрусталика - зрительная ось, которая отклонена от оптической оси глаза на угол около 5° .

Поток излучения, который отражается от наблюдаемого предмета, пройдя через оптическую систему глаза, фокусируется на внутренней поверхности глаза – сетчатой оболочке, формируя на ней обратное и уменьшенное изображение. Оптическую систему глаза составляют роговица, водянистая влага, хрусталик и стекловидное тело. Показатель преломления n в последней среде, которую проходит свет непосредственно перед образованием изображения на сетчатке, отличен от единицы. В результате, фокусные расстояния оптической системы глаза во внешнем пространстве (переднее фокусное расстояние) и внутри глаза (заднее фокусное расстояние) неодинаковы.

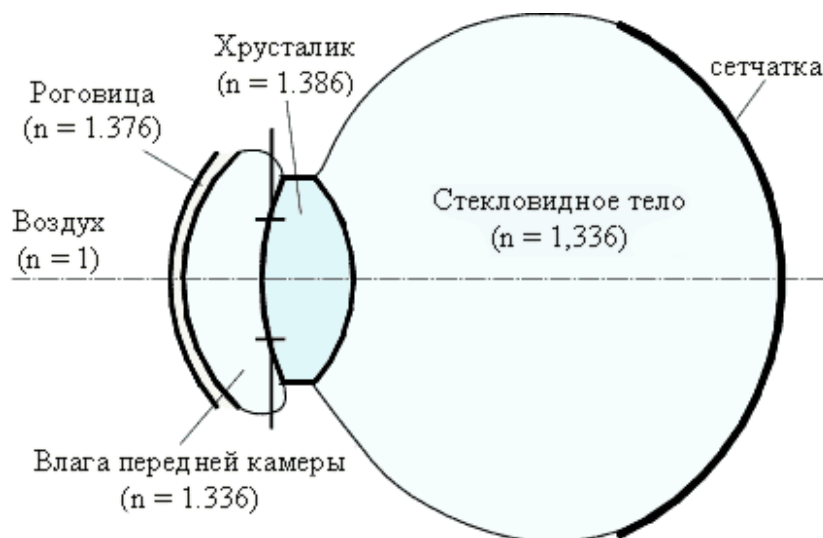


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5. Оптическая система глаза, n – показатель преломления

Преломление света в глазе происходит главным образом на роговой оболочке, или роговице, а также на поверхностях хрусталика. Радужная оболочка определяет диаметр зрачка.

У человека с нормальным зрением фокус оптической системы глаза в ненапряженном (спокойном) состоянии расположен на сетчатке (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6**). Параллельные лучи после преломления в оптической системе глаза собираются на сетчатке, и изображение предметов на ней будет четким.

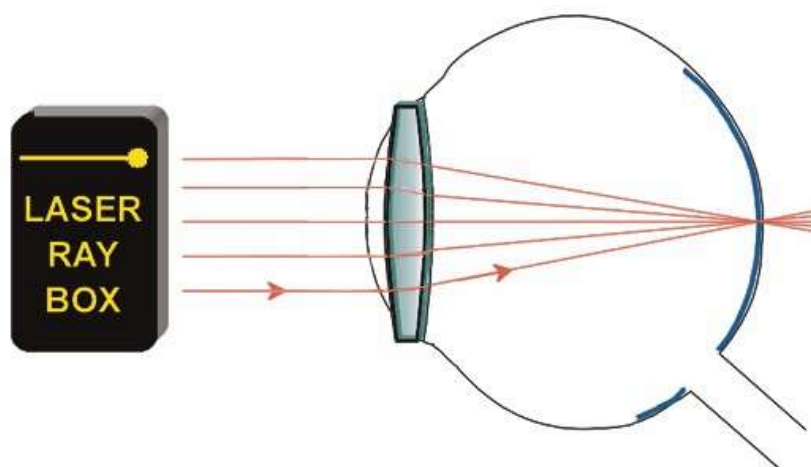


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6**. Схема оптической системы глаза при нормальном зрении

При близорукости фокус оптической системы глаза в спокойном состоянии расположен перед сетчаткой (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..7**). Это происходит, потому что в случае близорукости угол преломления светового пучка в оптической системе глаза оказывается большим, чем у человека с нормальным зрением. Поэтому изображение предметов на сетчатке будет нечетким, размытым.

Близорукость корректируется с помощью рассеивающих линз. Расстояние между O_1 и O_2 – область для корректирующей линзы.

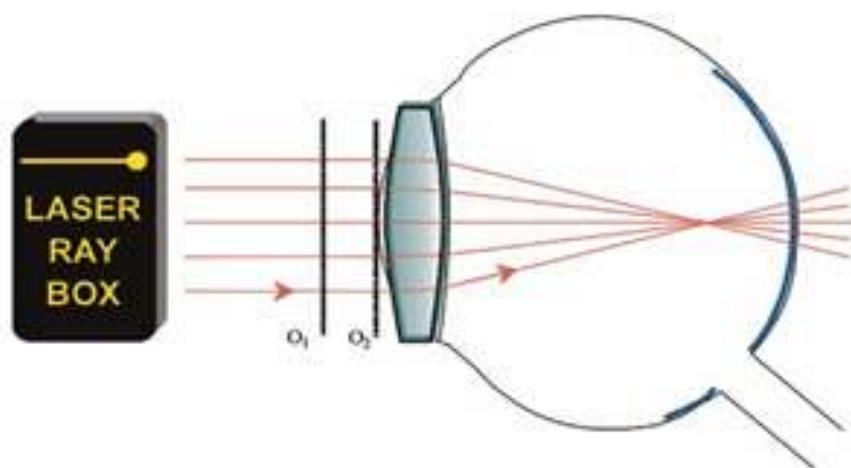


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..7. Схема оптической системы глаза при близорукости

Дальнозоркость — это недостаток зрения, в случае которого оптический фокус расположен за сетчаткой (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..8). Это происходит потому, что угол преломления светового пучка в оптической системе глаза оказывается меньшим, чем у человека с нормальным зрением.

Дальнозоркость корректируется с помощью собирающих линз. Расстояние между O_1 и O_2 — область для корректирующей линзы.

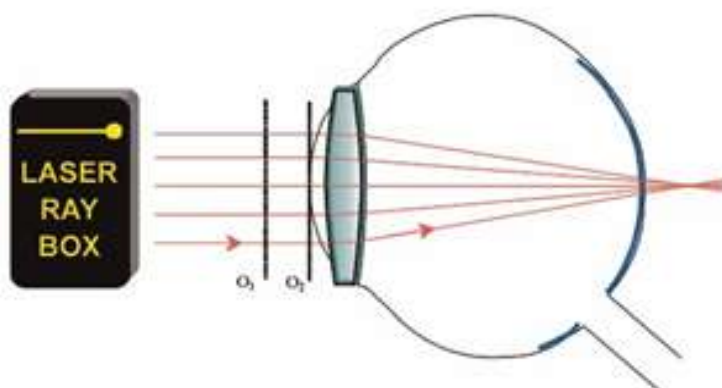


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..8. Схема оптической системы глаза при дальнозоркости

Практическая часть

При нормальном зрении:

Установите источник света (лазер) и рисунок-макет «Глаз» на рабочую поверхность. Линзу 1 необходимо поместить на рисунок-макет «Глаз» чётко

за линией O_2 (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9**):

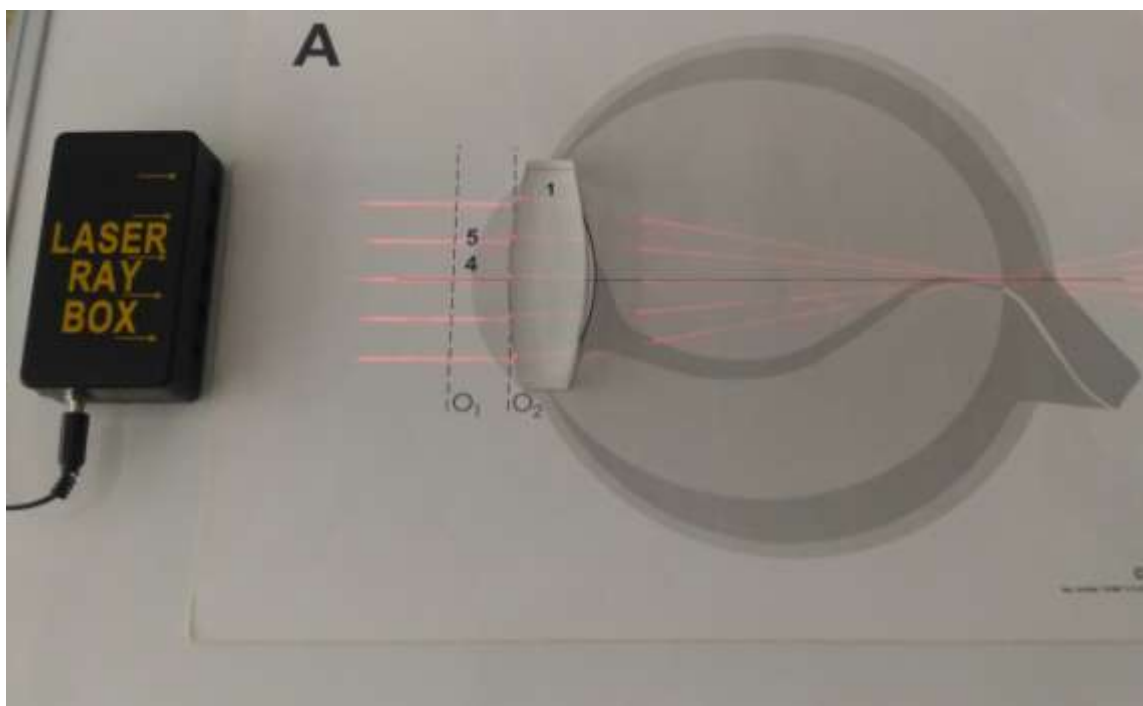


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9**. Модель оптической системы глаза при нормальном зрении

Измерьте расстояния d и f . Рассчитайте значение фокусного расстояния линзы:

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

(**Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..7**)

При близорукости/дальнозоркости:

Установите источник света (лазер) и рисунок-макет «Глаз» на рабочую поверхность. Линзу 2 (при близорукости) либо линзу 3 (при дальнозоркости) необходимо поместить на рисунок-макет «Глаз» чётко за линией O_2 (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..10** и Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..11**).

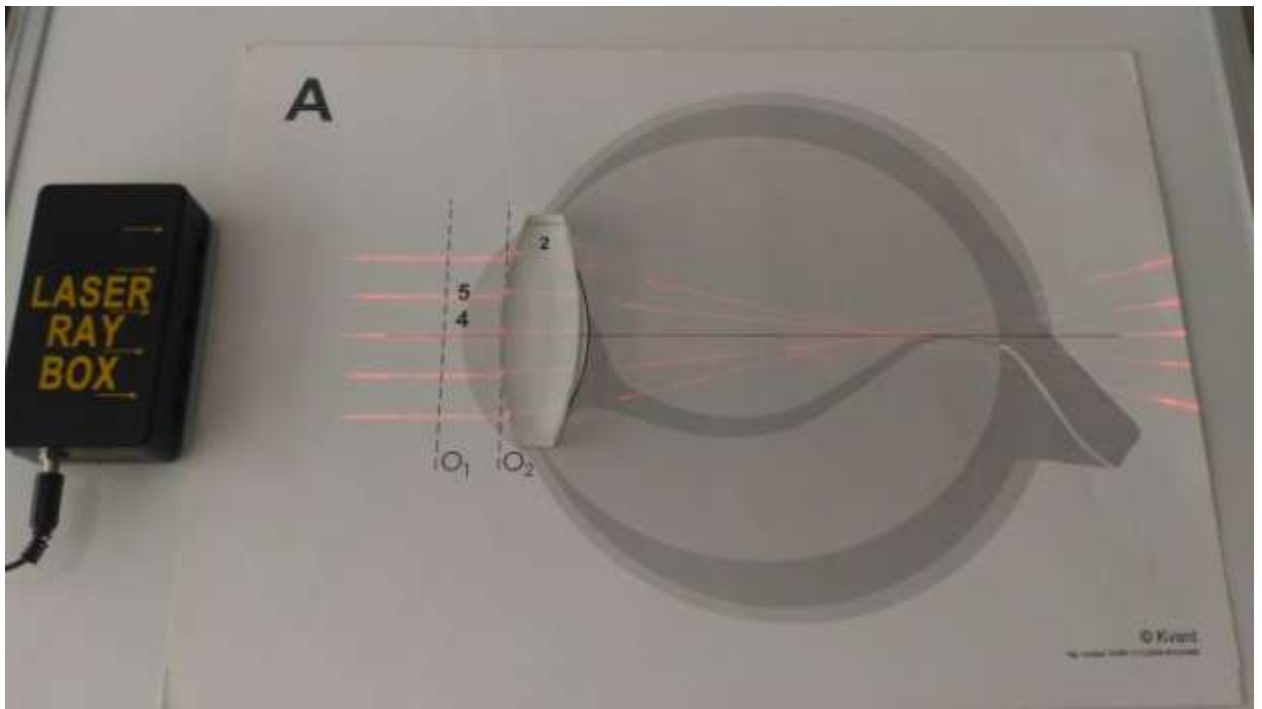


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..10.** Модель глаза при близорукости без корректирующей линзы

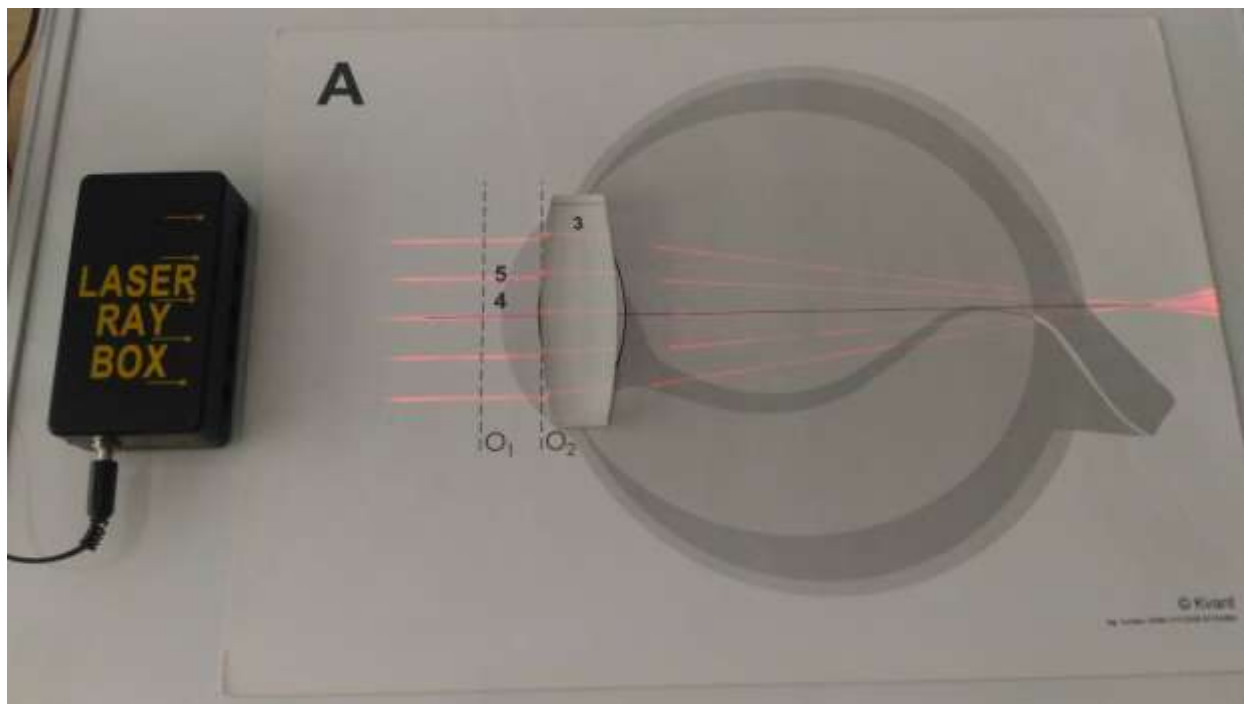


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..11.** Модель глаза при дальнозоркости без корректирующей линзы

Поместите корректирующую линзу 5 (при близорукости) либо корректирующую линзу 4 (при дальнозоркости) в область между O_1 и O_2 (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..12** и Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..13**).

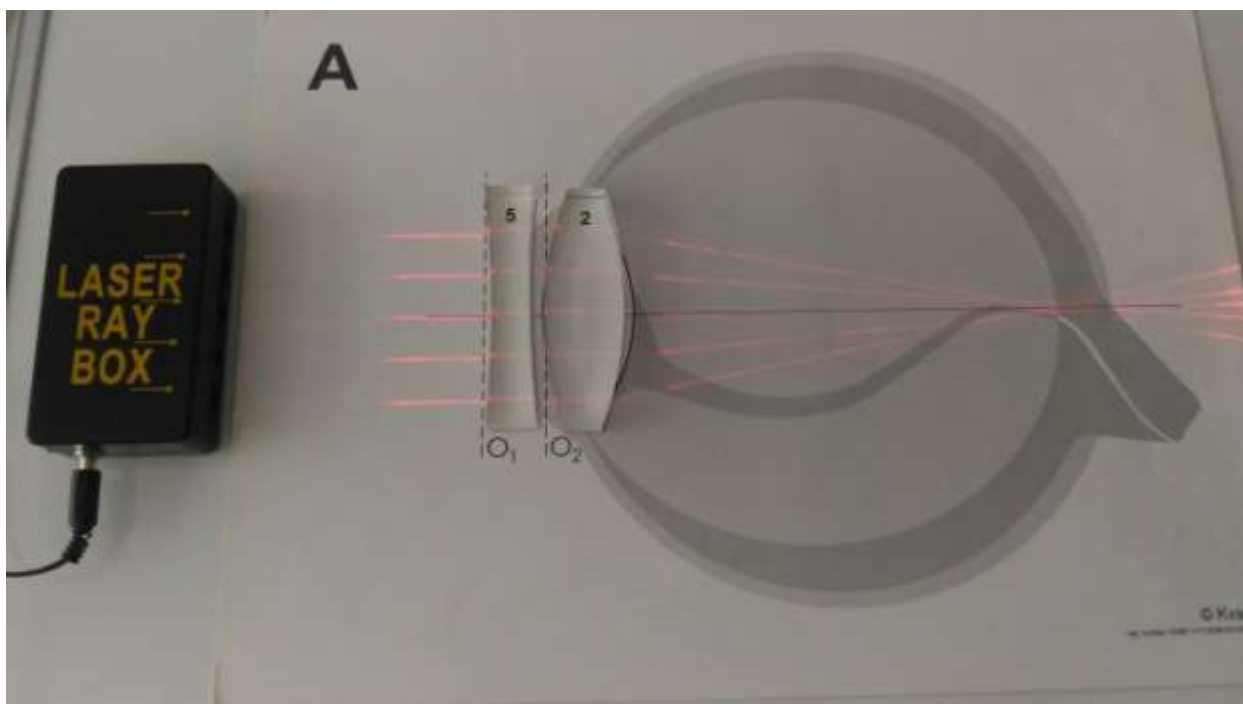


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..12. Модель глаза при близорукости с использованием корректирующей линзы

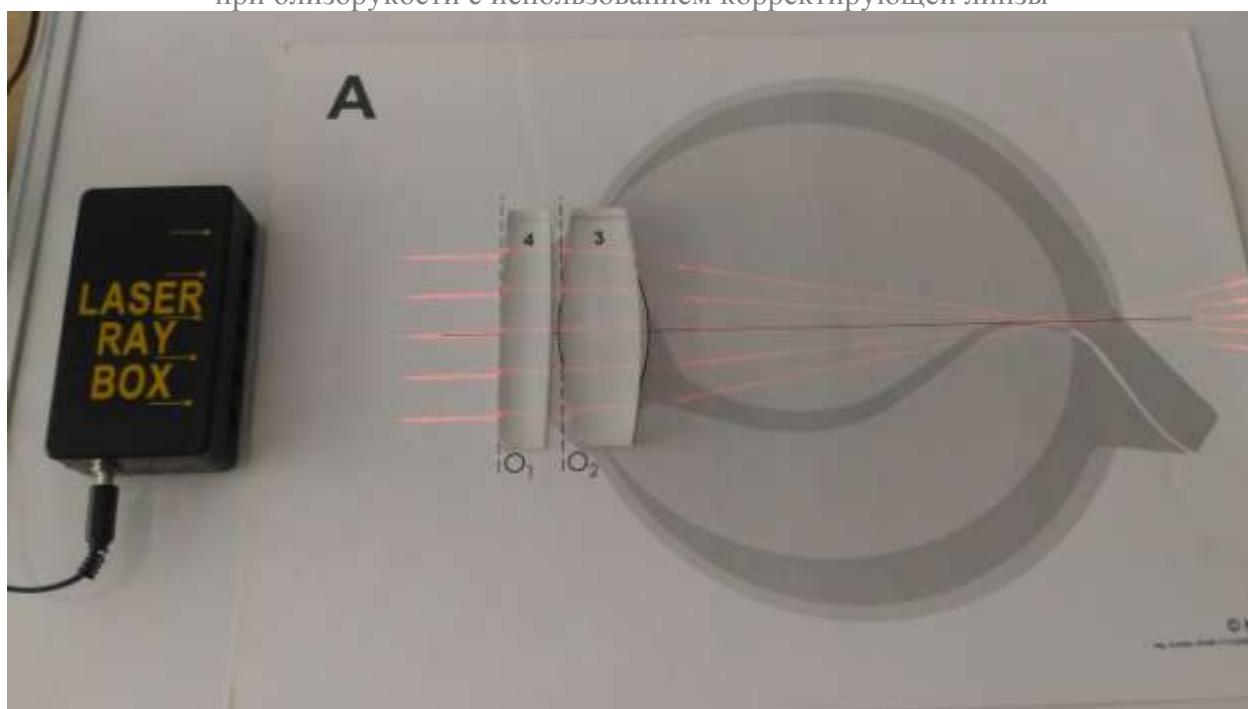


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..13. Модель глаза при дальнозоркости с использованием корректирующей линзы

Измерьте расстояния d и f для каждой из линз. Рассчитайте значения фокусного расстояния линз при использовании корректирующих линз:

$$F = \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2}$$

(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..8)

Сделайте вывод о проделанной работе.

Исследование оптических систем на базе телескопов Галилея и Кеплера

Цель – познакомить студентов с моделями оптических систем телескопов Галилея и Кеплера.

Задачи:

- Смоделировать и изучить оптические системы телескопов с помощью рисунков-макетов.

Теоретическая часть.

В телескопической схеме Кеплера объективом и окуляром является положительная оптическая система (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..14** и Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..15**). Объектив создает перевернутое действительное изображение в задней фокальной плоскости, которое можно наблюдать с помощью окуляра. Передняя фокальная плоскость окуляра совпадает с задней фокальной плоскостью объектива так, что попадающий на объектив пучок лучей выходит из окуляра так же параллельно, как и падает на него.

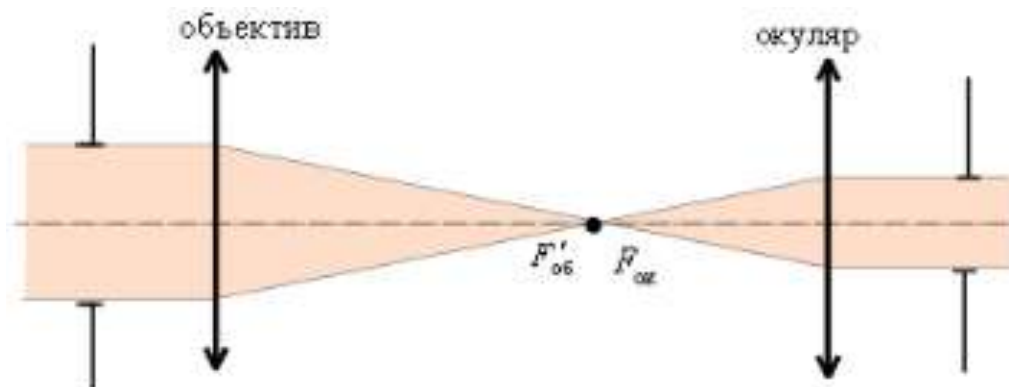


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..14**.
Телескопическая схема Кеплера

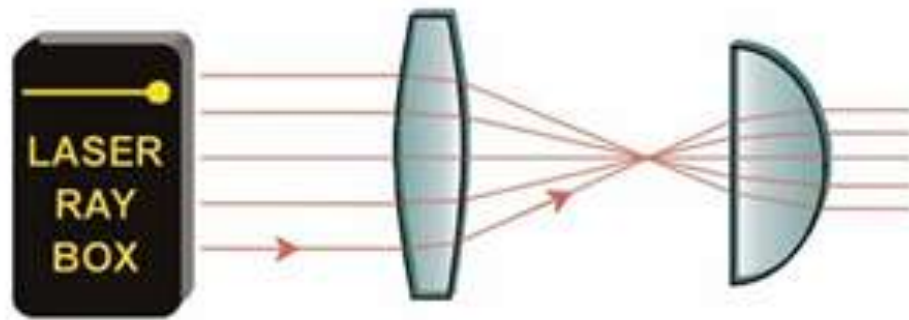


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..15**. Схема оптической системы телескопа Кеплера

Один из недостатков телескопа Кеплера – большая длина оптической системы L :

$$L = F_{об} + F_{ок},$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..9)**

где $F_{об}$ – фокусное расстояние объектива, $F_{ок}$ – фокусное расстояние окуляра.

Чем больше увеличение, тем длиннее должна быть система. Главное достоинство системы Кеплера – промежуточное изображение в фокусе объектива. Благодаря этому, возможно проведение точных измерений расстояний и углов.

Оптические системы на основе схемы Кеплера, помимо телескопов, используются в подзорных трубах, дальномерах, морских биноклях и измерительных системах.

В схеме Галилея в качестве объектива используется положительная оптическая система, в качестве окуляра – отрицательная (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..16** и Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..17**). Задний фокус объектива совпадает с передним фокусом окуляра. Промежуточное изображение в фокусе отсутствует.

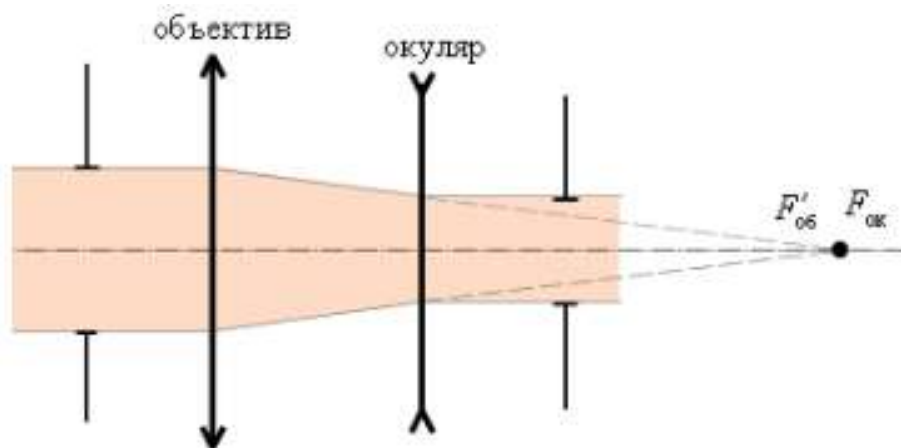


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..16.
Телескопическая схема Галилея

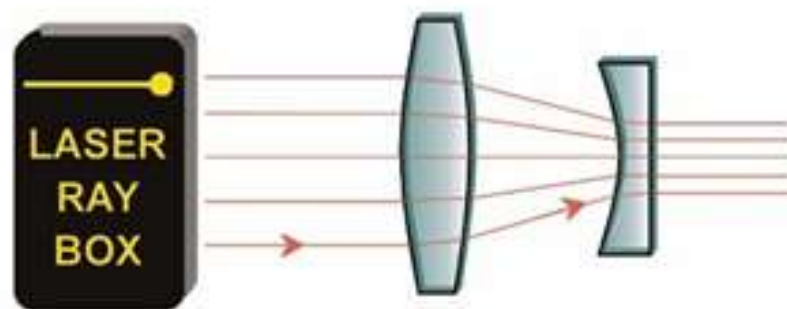


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..17. Схема
оптической системы телескопа Галилея

Достоинства схемы Галилея: прямое изображение и малая длина относительно схемы Кеплера. В данной схеме общая длина:

$$L = F_{об} - |F_{ок}|.$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..10)**

Недостатки: малое поле зрения, отсутствие промежуточного изображения и, соответственно, невозможность использования данной системы в измерительных приборах.

Оптические системы на основе схемы Галилея используются в некоторых биноклях, системах сумеречного и ночного наблюдения, в видоискателях фотоаппаратов.

Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..18** и Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..19** описывают схемы прохождения лучей в телескопе Кеплера:

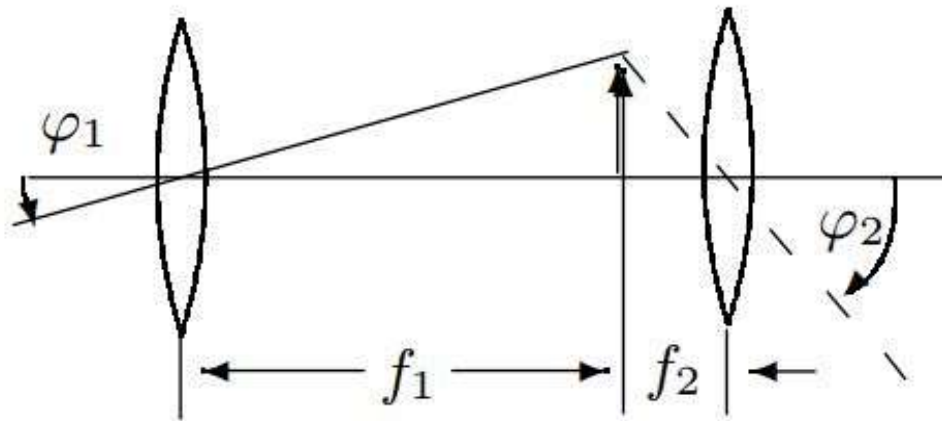


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..18** Схема прохождения лучей в телескопе Кеплера

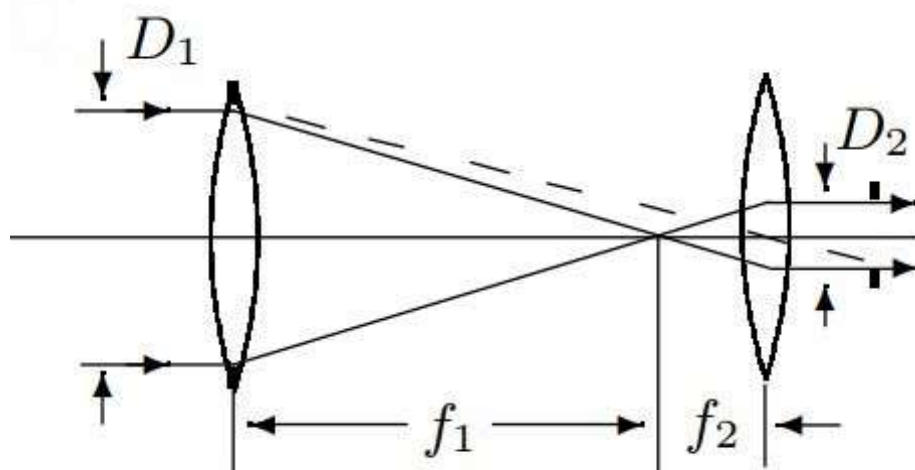


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..19** Схема прохождения лучей в телескопе Кеплера

Пусть пучок света, попадающий в объектив, составляет с осью угол φ_1 , а пучок, выходящий из окуляра, – φ_2 . Увеличение γ телескопа будет равно

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1}.$$

(**Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..11**)

Угловое увеличение телескопа равно отношению фокусов объектива и окуляра (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..18**):

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1} = \frac{f_1}{f_2}.$$

(**Ошибка!**
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..12)

Отношение фокусных расстояний равно отношению диаметров пучка, прошедшего объектив и окуляр. Ширина пучка, прошедшего объектив, определяется диаметром D_1 его оправы. Ширина пучка, выходящего из окуляра, определяется диаметром D_2 (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..19**):

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{D_1}{D_2}.$$

(**Ошибка!**
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..13)

Таким образом, угловое увеличение телескопа:

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{D_1}{D_2}.$$

(**Ошибка!**
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..14)

Практическая часть

1. Телескоп Кеплера.

Установите источник света (лазер) и рисунок-макет «Телескоп Кеплера» на рабочую поверхность. Поместите линзы 2 и 7 на рисунок-макет «Телескоп Кеплера», как показано на рисунке (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..20**):

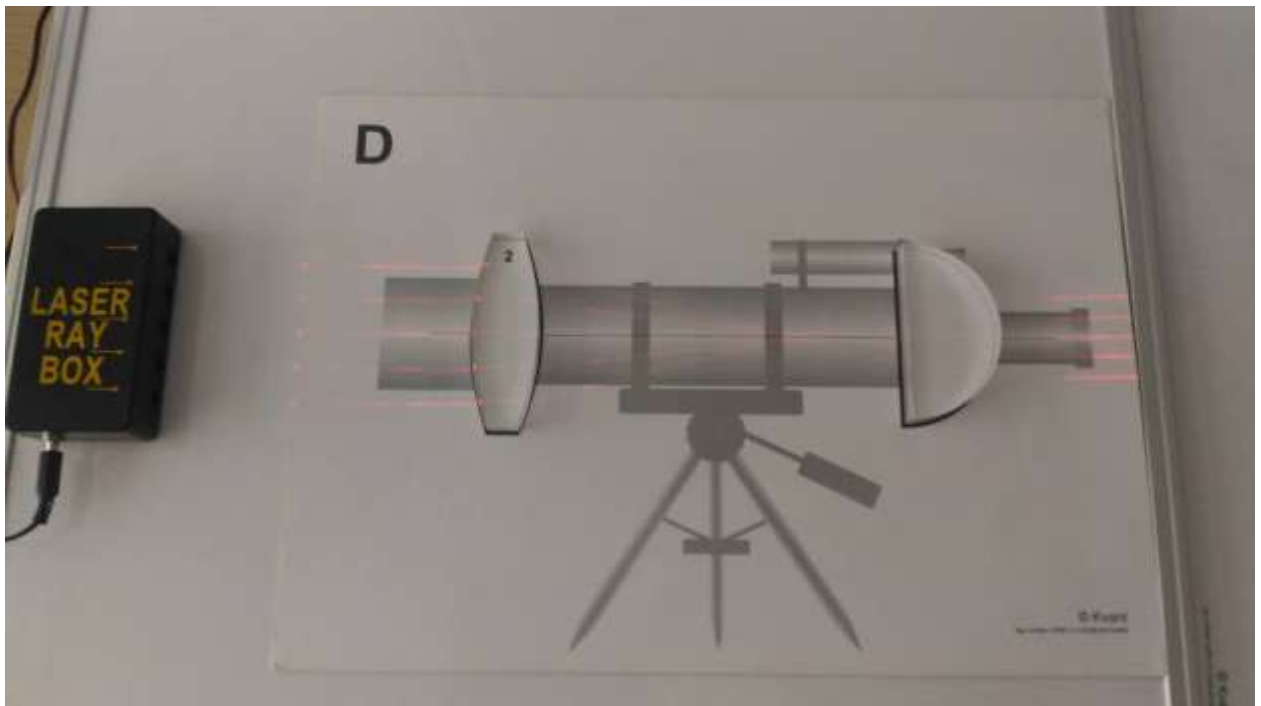


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..20.** Модель телескопа Кеплера с использованием линз

Рассчитайте значения фокусных расстояний линз, используемых в телескопе Кеплера:

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

(Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..15)

Рассчитайте длину оптической системы

$$L = F_{об} + F_{ок}$$

(Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..16)

и угловое увеличение

$$\gamma = \frac{\text{tg } \varphi_2}{\text{tg } \varphi_1}$$

(Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..17)

Сделайте вывод о проделанной работе.

2. Телескоп Галилея.

Установите источник света (лазер). Поместите линзы 2 и 8 на рисунок-макет «Телескоп Галилея», как показано на рисунке (Рисунок **Ошибка!** Текст указанного стиля в документе отсутствует..21):

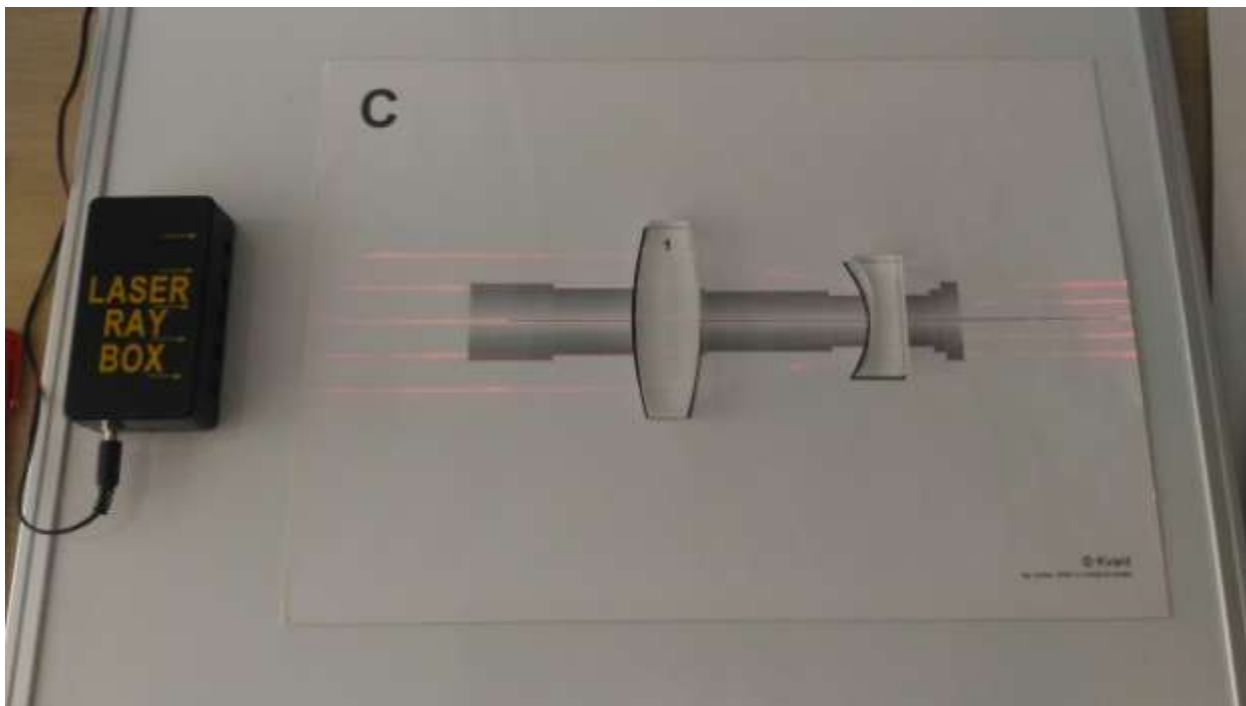


Рисунок **Ошибка!** Текст указанного стиля в документе отсутствует..21. Модель телескопа Галилея с использованием линз

Рисунок **Ошибка!** Текст указанного стиля в документе отсутствует..22 и Рисунок **Ошибка!** Текст указанного стиля в документе отсутствует..23 описывают схемы прохождения лучей в телескопе Галилея:

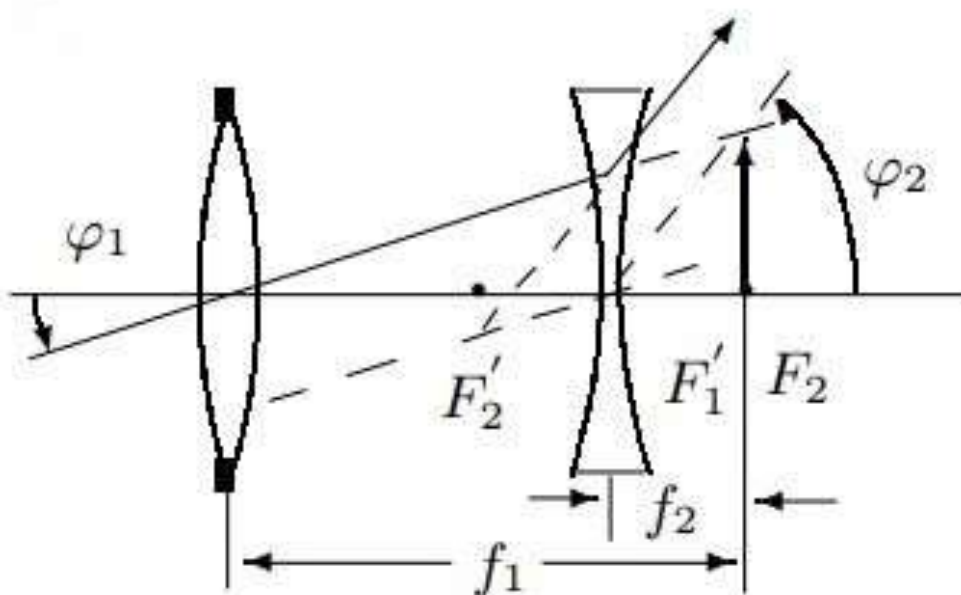


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..22** Схема прохождения лучей в телескопе Галилея

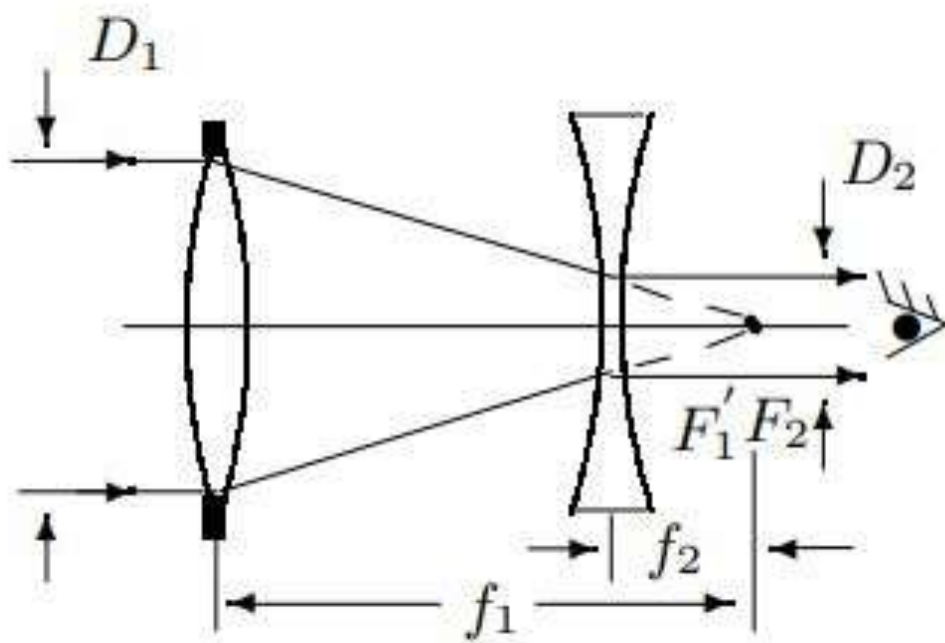


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..23** Схема прохождения лучей в телескопе Галилея

Формула, полученная для телескопа Кеплера, справедлива для телескопа Галилея.

Рассчитайте значения фокусных расстояний линз, используемых в телескопе Галилея

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

(Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..18)

Рассчитайте длину оптической системы

$$L = F_{об} - |F_{ок}|$$

(Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..19)

и угловое увеличение

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_1}$$

(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..20)

Сделайте вывод о проделанной работе.

Исследование оптической системы объектива, коррекция сферической аберрации

Цель – познакомить студентов с моделью оптической системы объектива.

Задача: Смоделировать и изучить оптическую систему объектива.

Теоретическая часть.

Объектив – оптическая система, часть оптического прибора, обращённая к объекту наблюдения или съёмки и формирующая его действительное или мнимое изображение.

Аберрация оптической системы – погрешность изображения, вызванная отклонением луча от направления, по которому он должен был идти в идеальной оптической системе. Её характеризуют нарушения гомоцентричности в пучках лучей оптической системы.

Сферическая аберрация – аберрация оптической системы, вызванная несовпадением фокусов для лучей света, проходящих на различных от оптической оси расстояниях.

Продольные аберрации – отклонения координаты точки O'' пересечения реального луча с осью от координаты точки O' идеального изображения вдоль оси (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..24**):

$$\Delta S' = S' - S'_0.$$

(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..21)

где S' - положение точки пересечения луча с осью, S'_0 - положение идеальной точки пересечения.

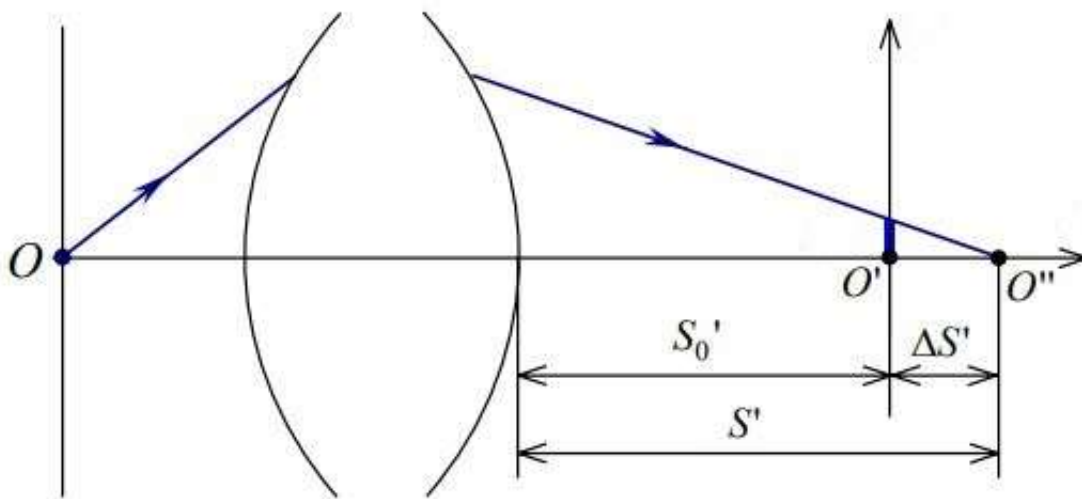


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..24. Продольные aberrации для изображения ближнего типа

Для изображения ближнего типа продольные aberrации выражаются в миллиметрах (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..24), для изображения дальнего типа (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..25) продольные aberrации выражаются в обратных сантиметрах:

$$\Delta S' = \frac{1}{z'_0} - \frac{1}{z'}, [\text{см}^{-1}].$$

(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..22)

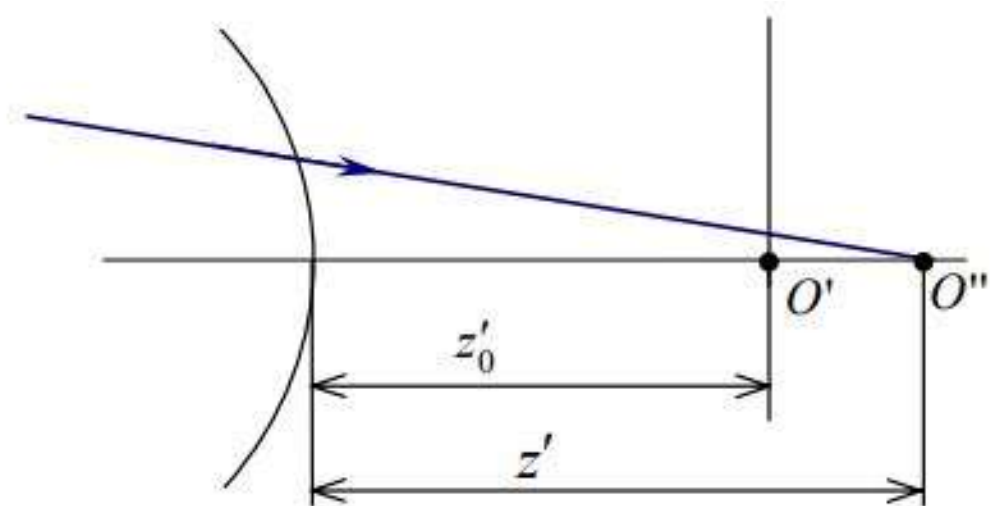


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..25. Продольные aberrации для изображения дальнего типа

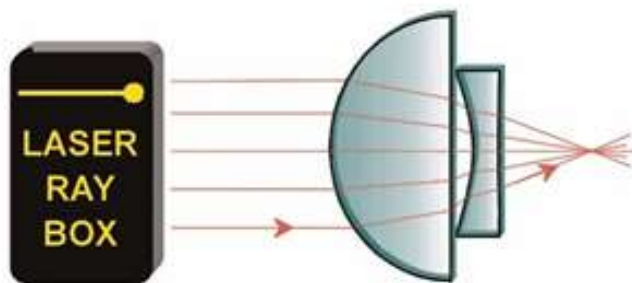


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..26. Схема оптической системы объектива с коррекцией сферической aberrации

Практическая часть.

Установите источник свет (лазер) и рисунок-макет «Объектив» на рабочую поверхность. Поместите линзу 6 на рисунок-макет «Объектив».

Рассчитайте значения продольных сферических aberrаций для изображений ближнего и дальнего типов.

Затем поместите линзы 6 и 8 на рисунок-макет «Объектив», как показано на рисунке (Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..27):

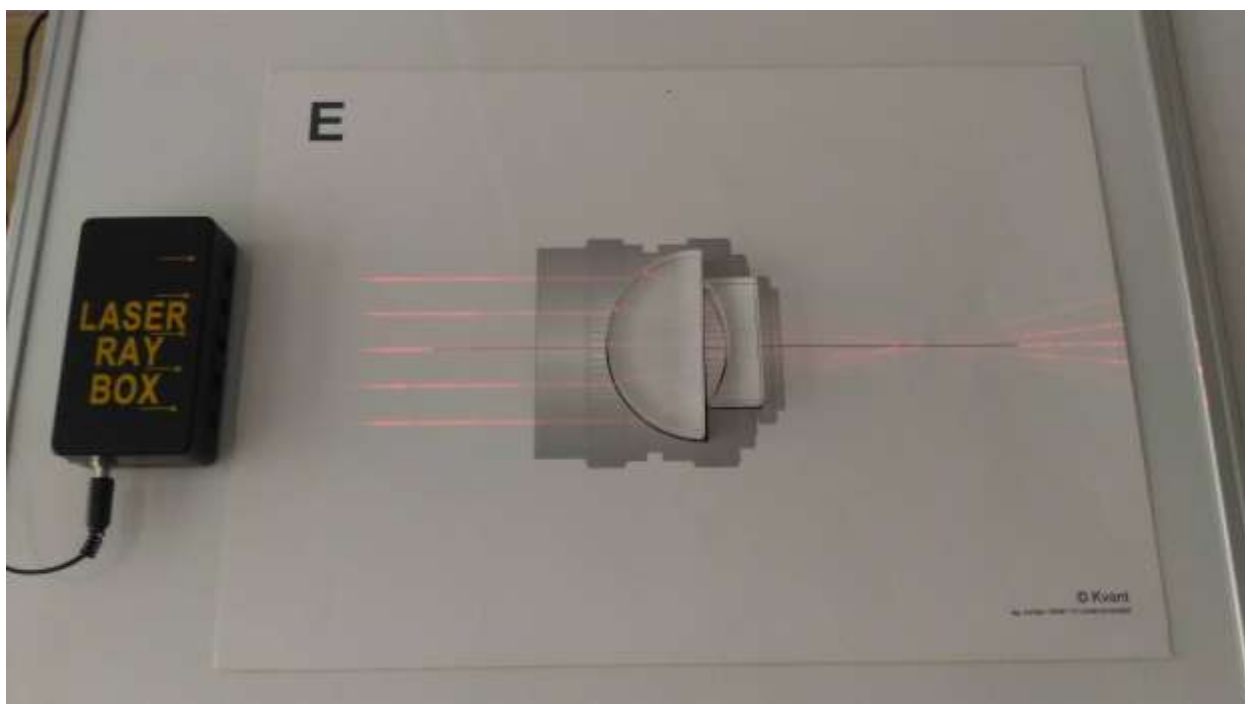


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..27. Модель оптической системы объектива с коррекцией сферической аберрации

Сделайте вывод о проделанной работе.

Исследование оптической системы фотоаппарата

Цель – познакомить студентов с моделью оптической системы фотоаппарата.

Задача:

- Смоделировать и изучить оптическую систему фотоаппарата.

Теоретическая часть.



Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..28. Схема сравнения фотоаппарата и человеческого глаза

Фотоаппарат с автоматической фокусировкой можно сравнить с человеческим глазом (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..28**).

Человеческий глаз:

При открывании века поток света проходит через зрачок, диаметр которого регулируется радужной оболочкой в зависимости от интенсивности света. Затем он попадает на хрусталик, преломляется и затем фокусируется на сетчатке. Сетчатка преобразует изображение в сигналы и передает их по зрительному нерву в мозг.

Фотоаппарат:

Открывается заслонка, затем световой поток проходит через отверстие, диаметр которого регулируется диафрагмой. Далее он проходит через объектив, преломляется в нем и фокусируется на фотоматериале, регистрирующем изображение.

Практическая часть.

Установите источник свет (лазер). Поместите линзу 1 на рисунок-макет «Фотоаппарат» (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..29**):

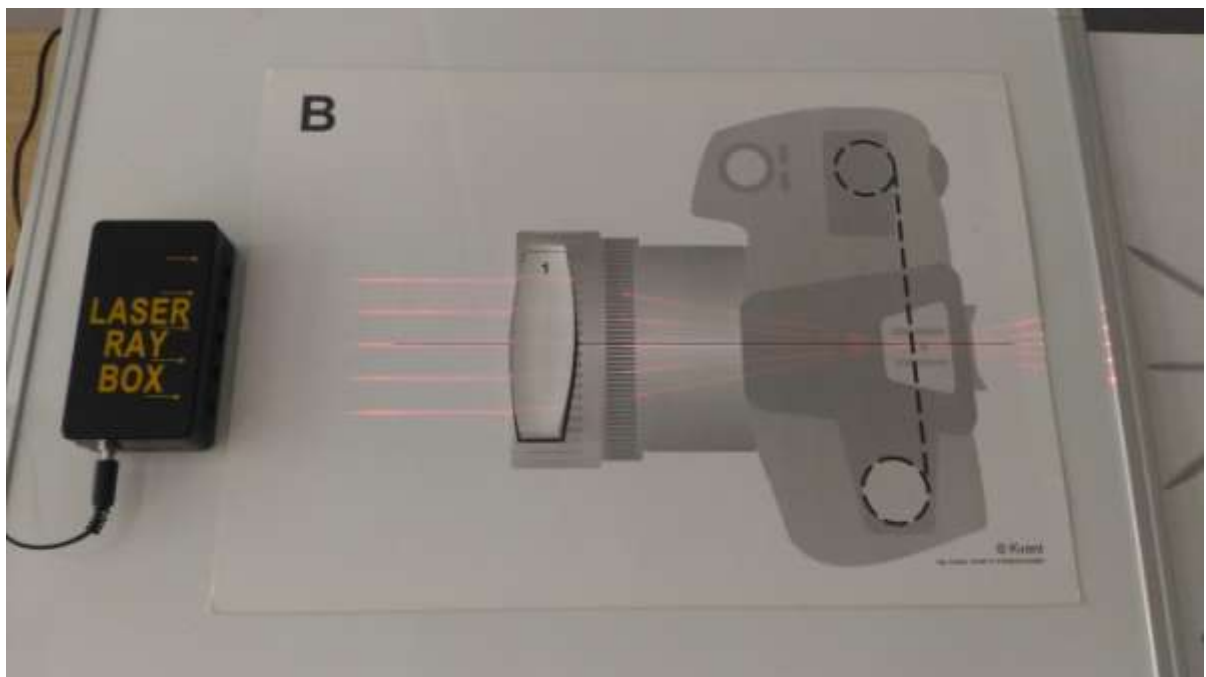


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..29**. Модель оптической системы фотоаппарата

Рассчитайте значение фокусного расстояния линзы:

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

(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..23)

Сделайте вывод о проделанной работе.

Определение фокусных расстояний собирающих и рассеивающих линз

Цель – расчёт фокусных расстояний линз различных форм.

Практическая часть.

Установите источник света (лазер) на рабочую поверхность. Поместите оптические линзы как показано на рисунках (Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..30** –Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..38**).

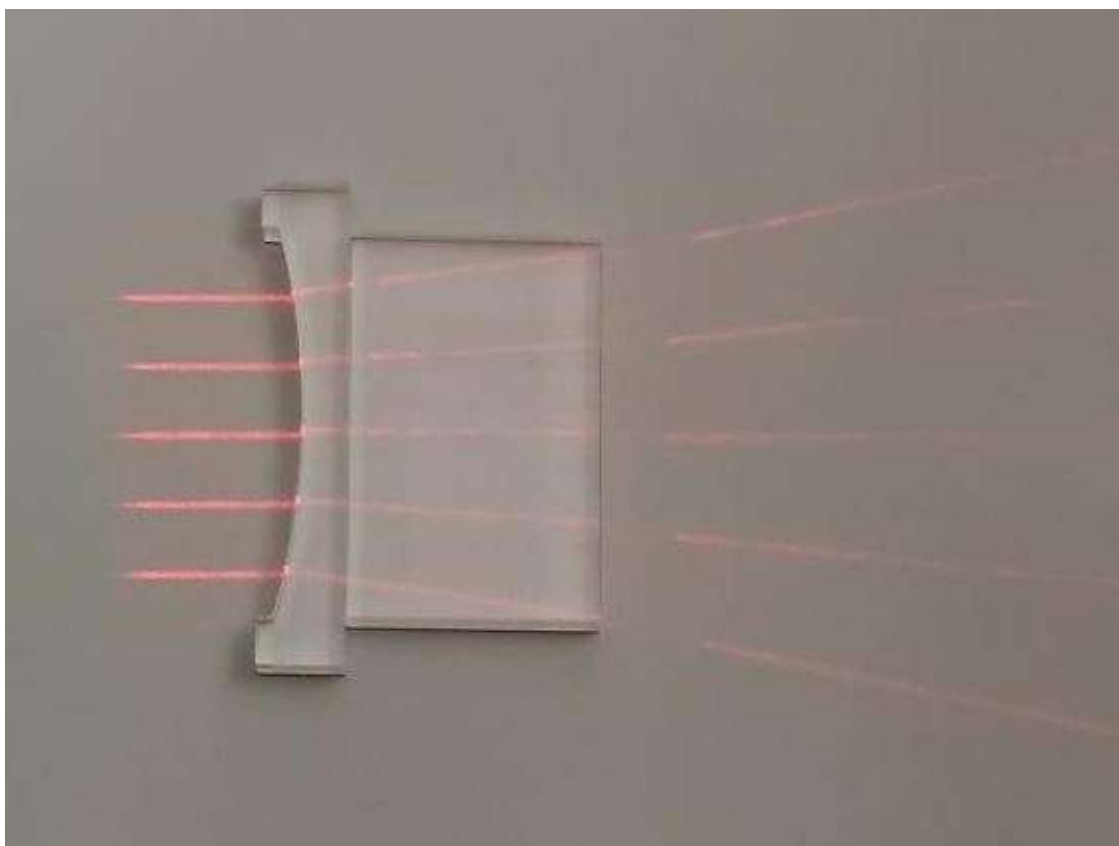


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..30** Модель линзовой системы

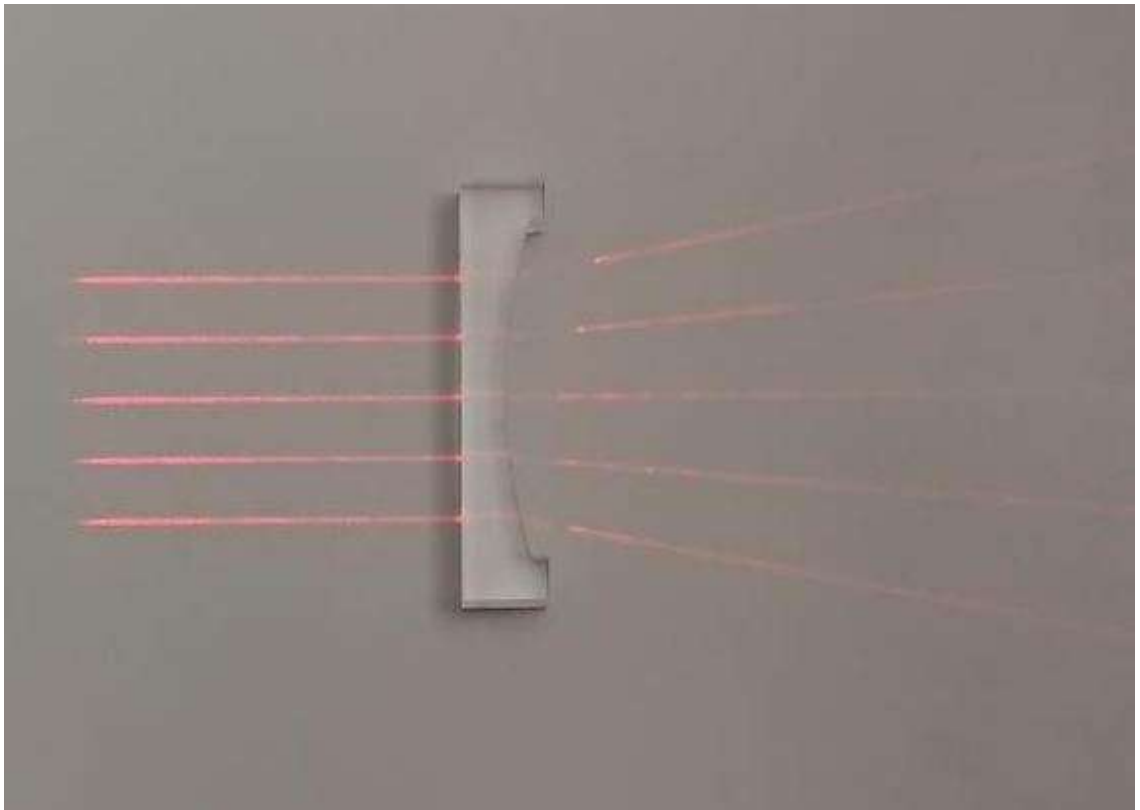


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..31** Модель линзовой системы

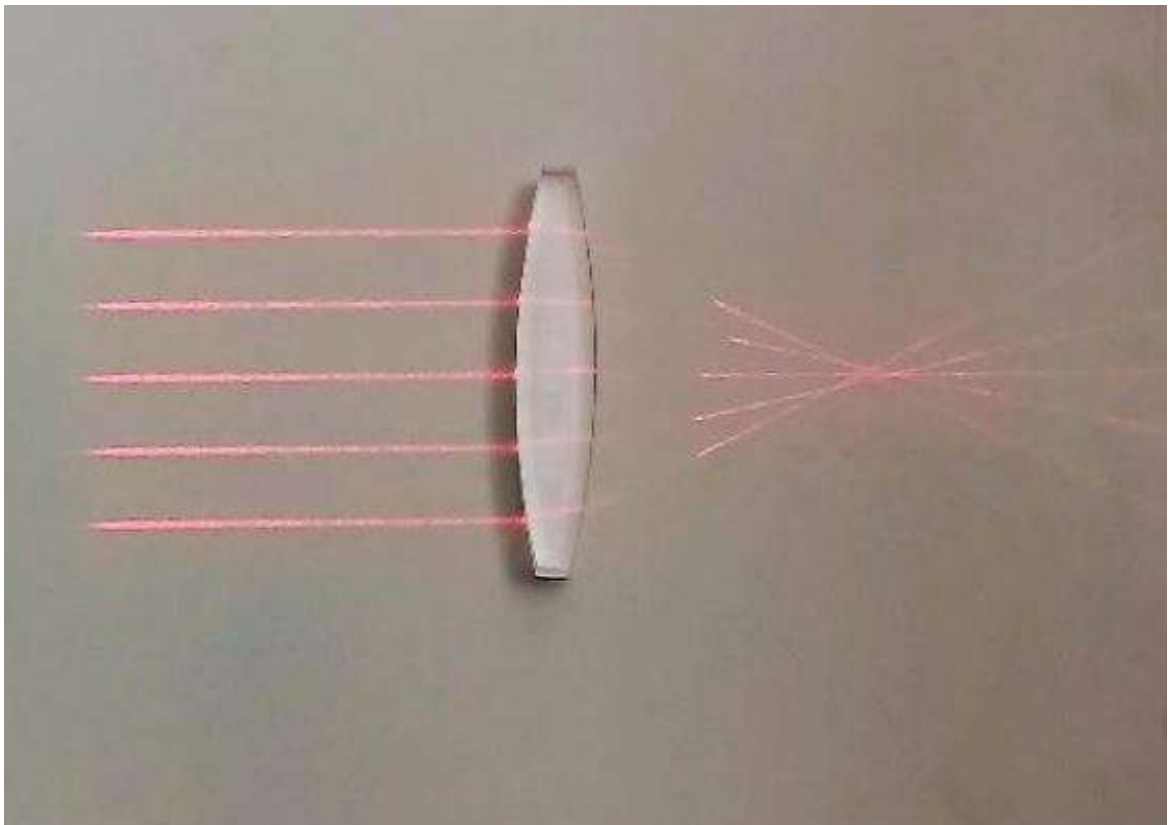


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..32** Модель линзовой системы

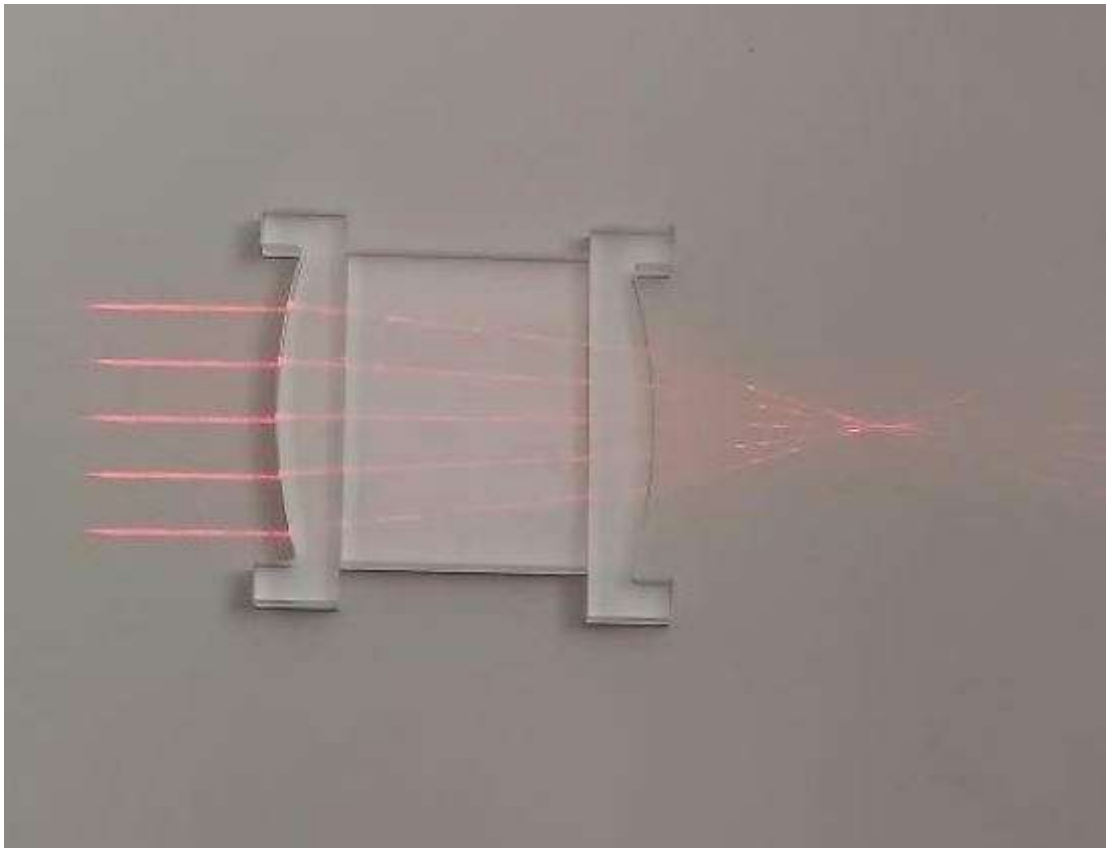


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..33** Модель линзовой системы

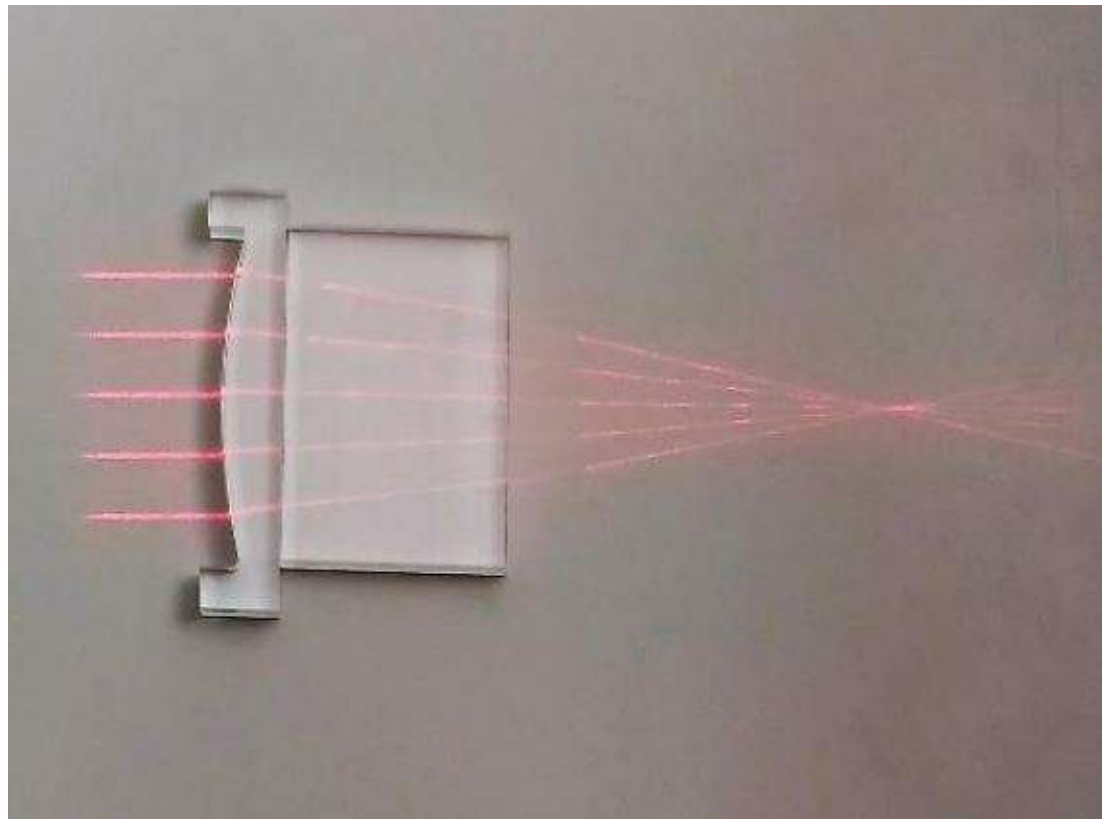


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..34** Модель линзовой системы

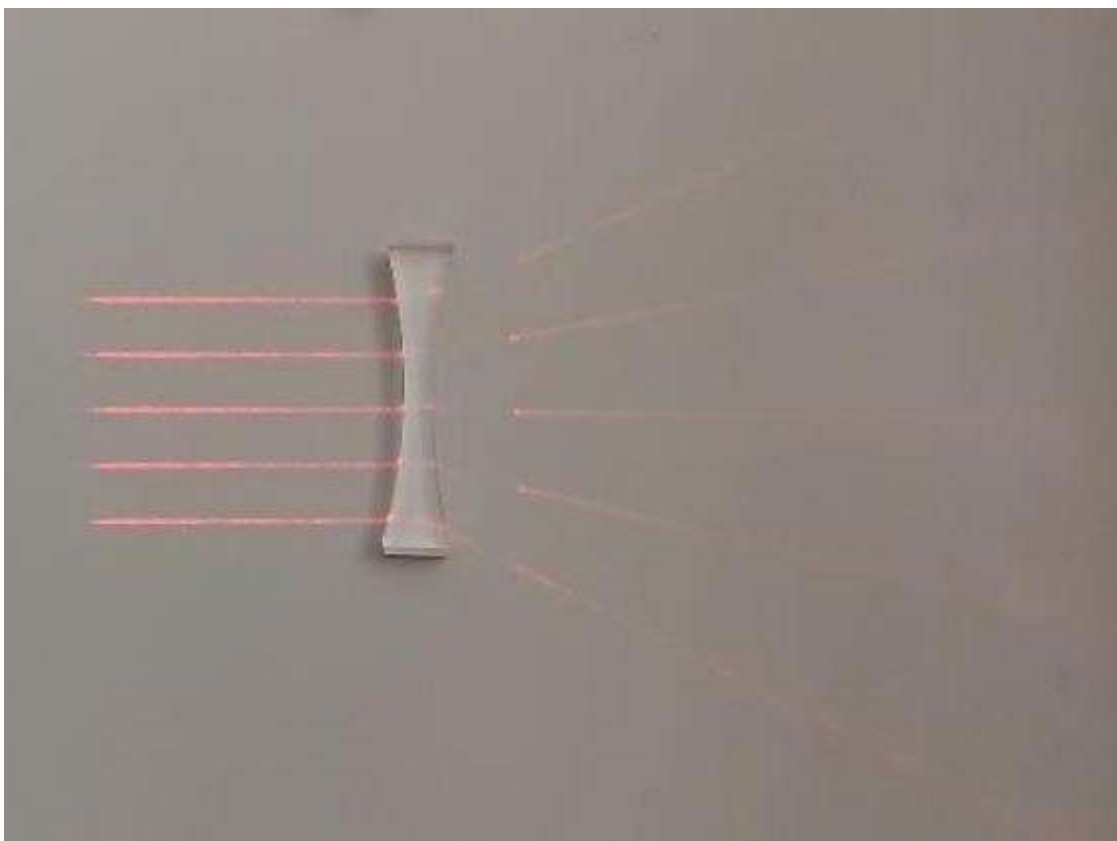


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..35** Модель линзовой системы

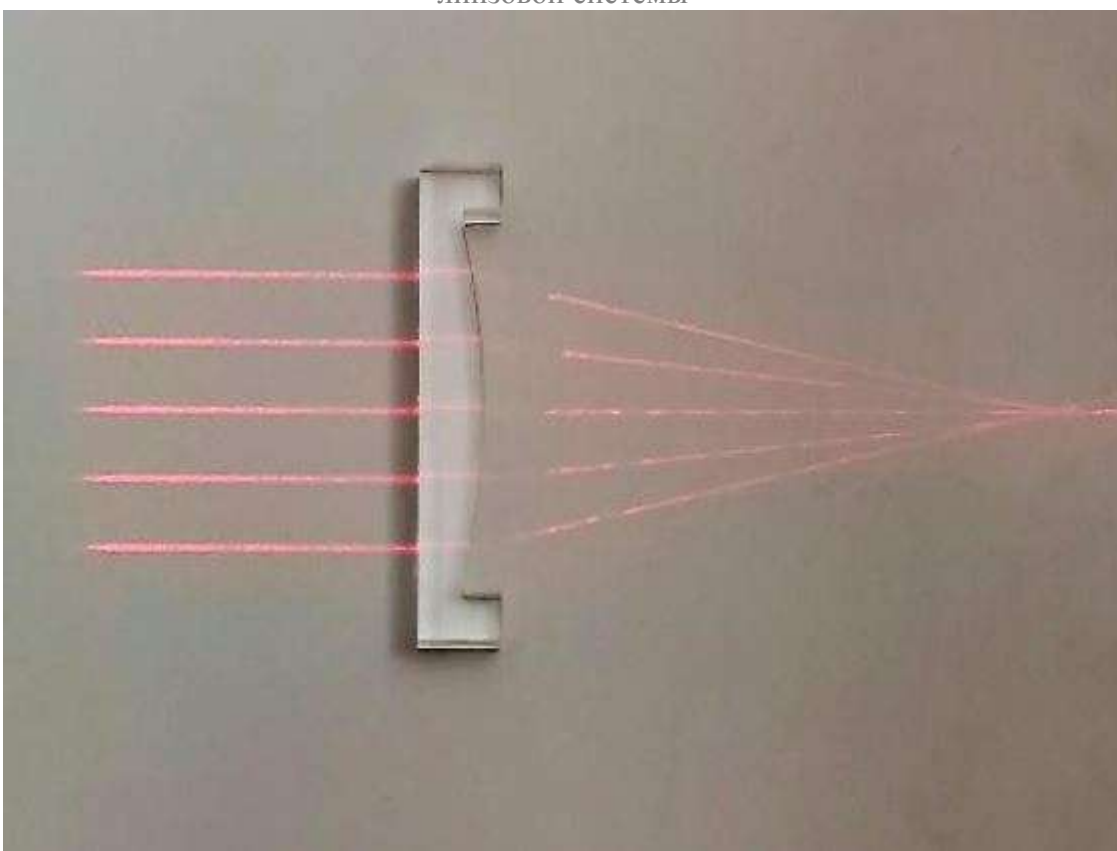


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..36** Модель линзовой системы

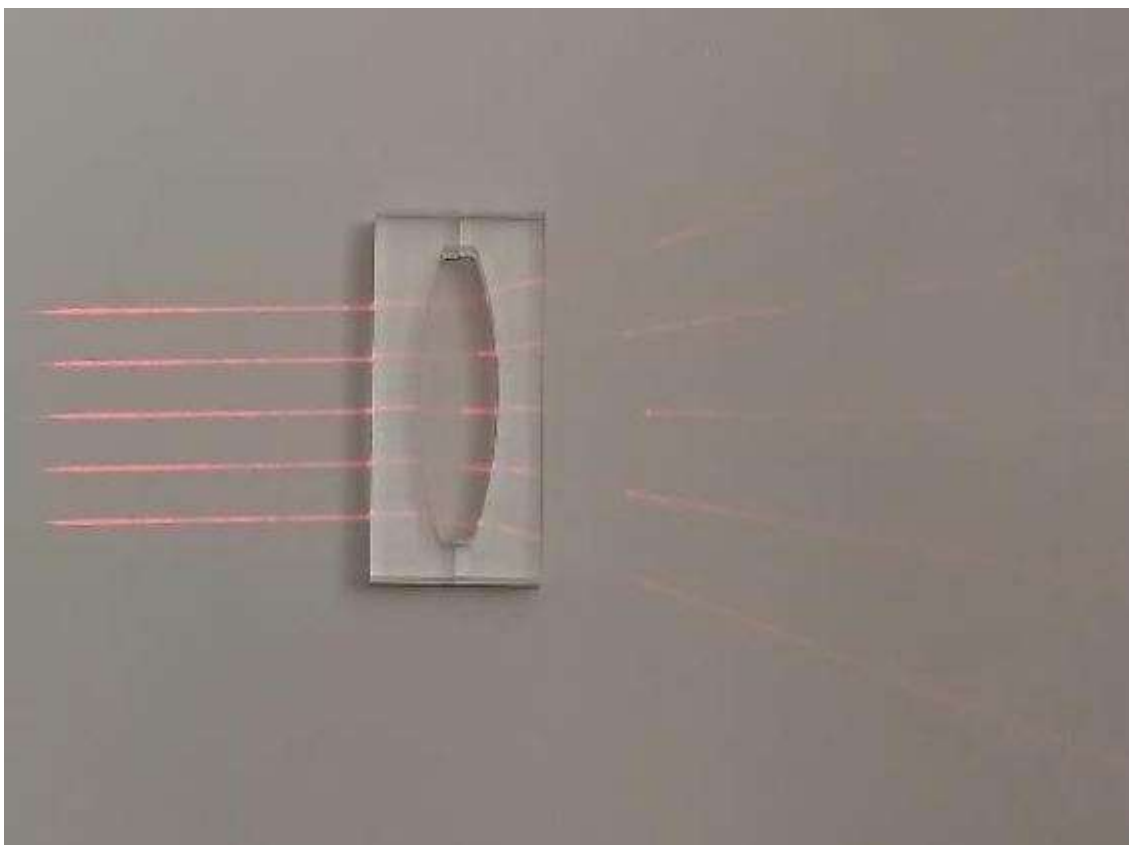


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..37 Модель линзовой системы

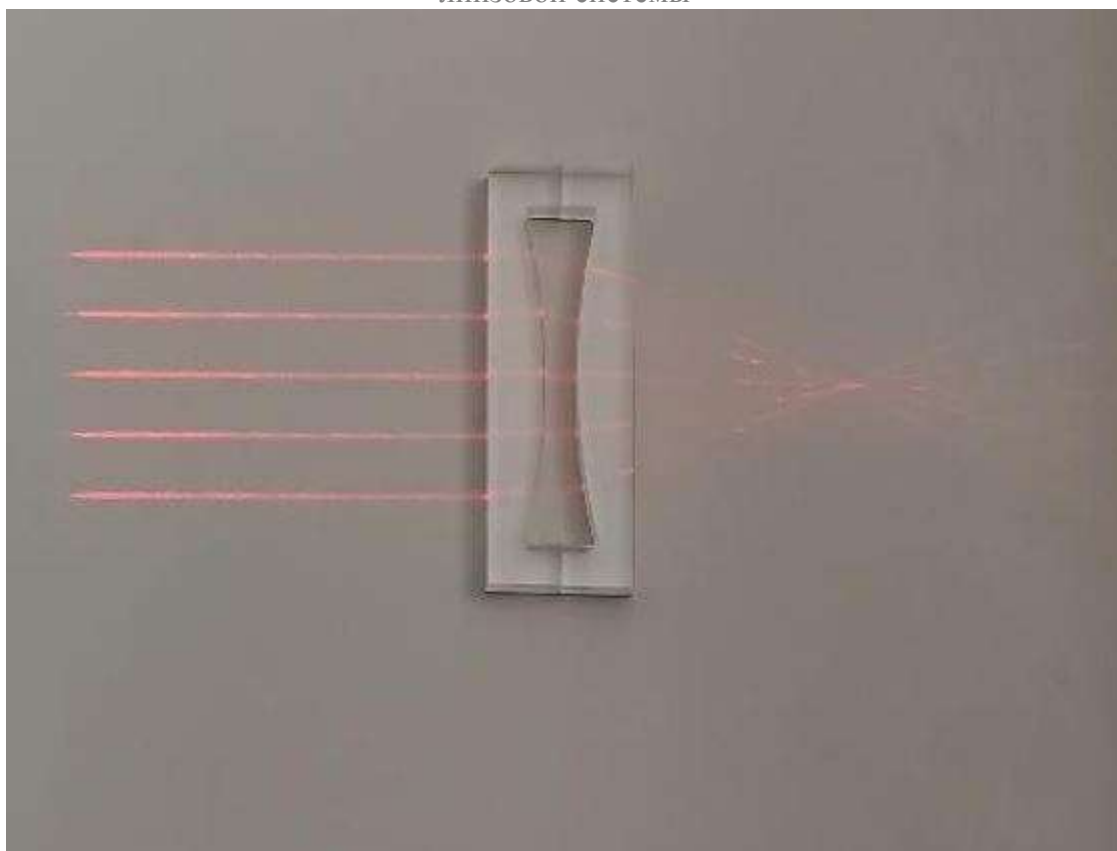


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..38 Модель линзовой системы

Измерьте расстояния d и f . Рассчитайте значения фокусных расстояний линз:

$$F = \frac{d \cdot f}{d \pm f}$$

**(Ошибка!
Текст
указанного
стиля в
документе
отсутствует..24)**

В данной формуле знак (+) соответствует собирающим линзам, а знак (-) – рассеивающим линзам.

Сделайте вывод о проделанной работе.