

## **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  $\alpha$  равен углу отражения  $\gamma$ :

$$\alpha = \gamma.$$

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

Полное внутреннее отражение (ПВО).

Если угол падения  $\alpha$  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  $\alpha$  к синусу угла преломления  $\beta$  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)

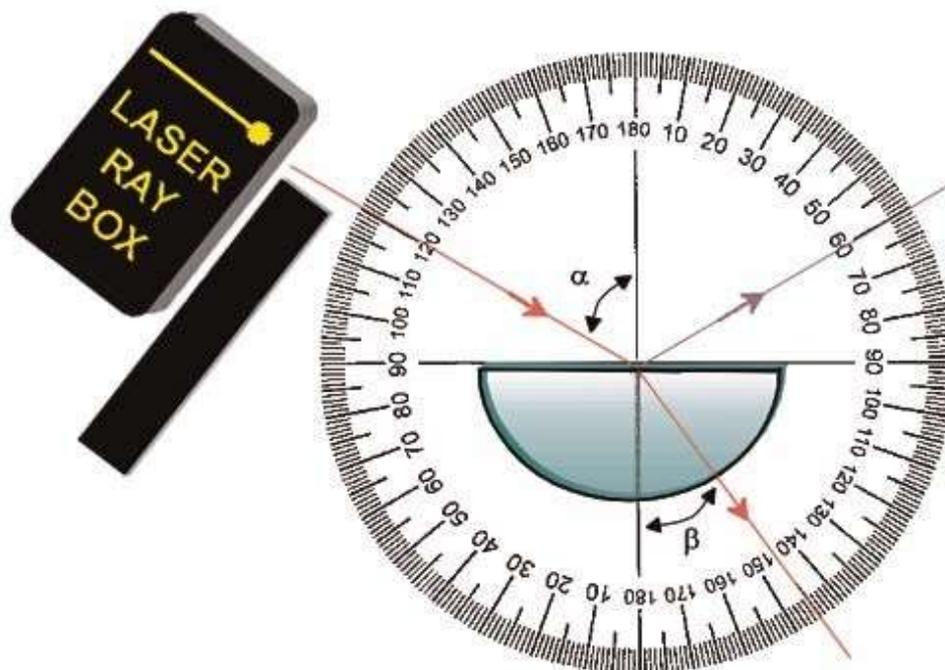


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1. Явление преломления света

### 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):

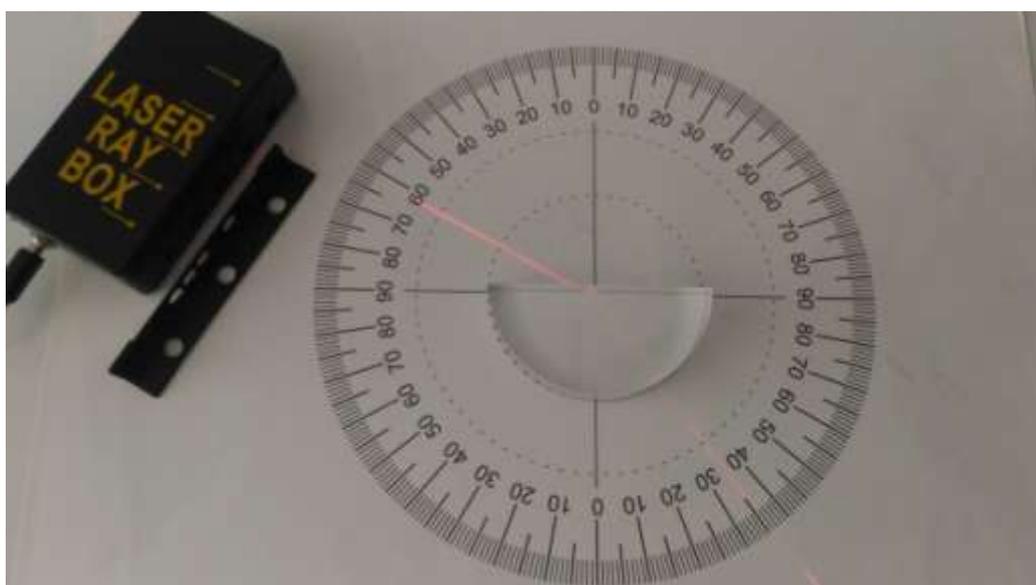


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2. Модель преломления на границе двух сред

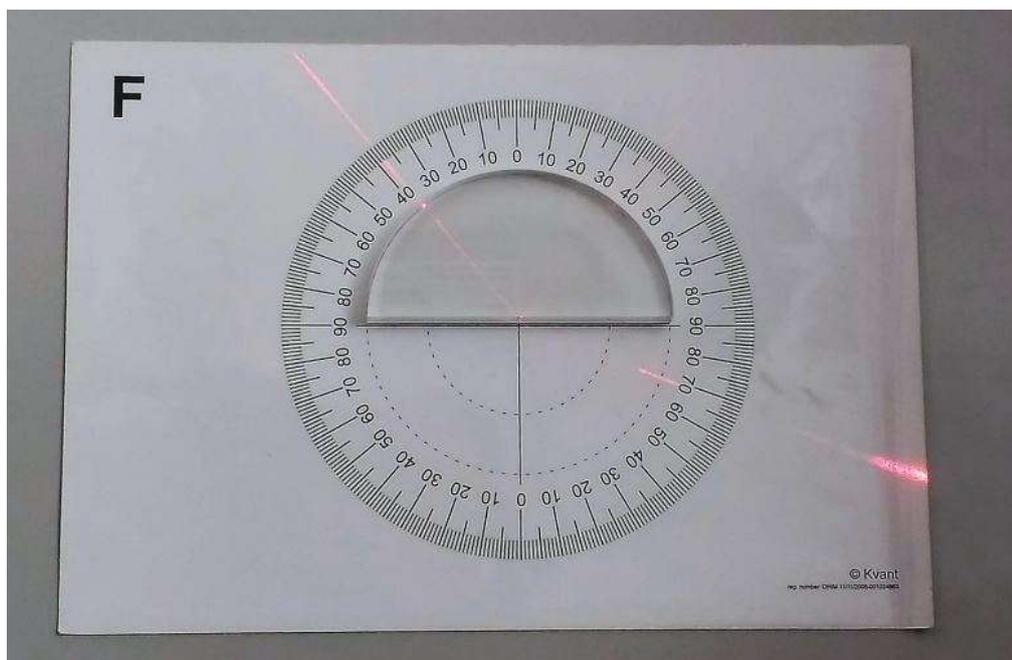


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3.** Модель полного внутреннего отражения

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.

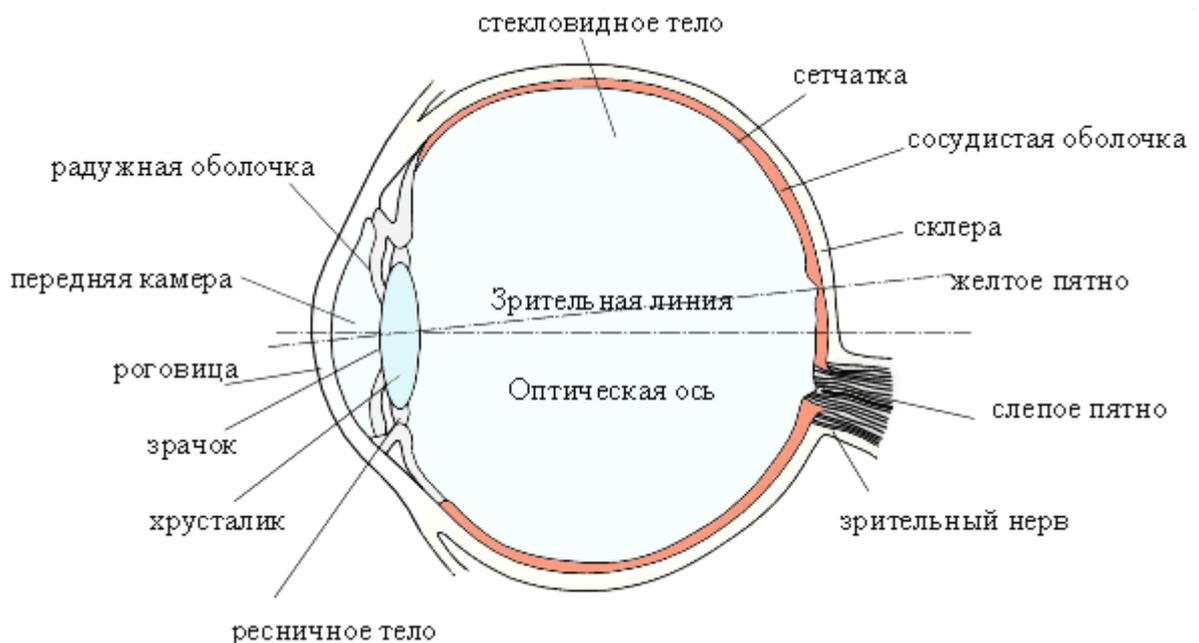


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**4. Разрез глазного яблока

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  $5^\circ$ .

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.

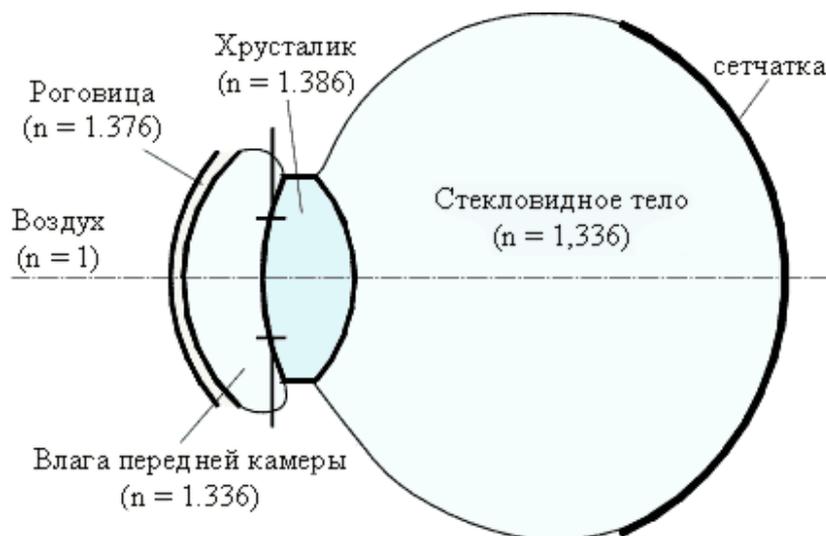


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5. Оптическая система глаза,  $n$  – показатель преломления

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.

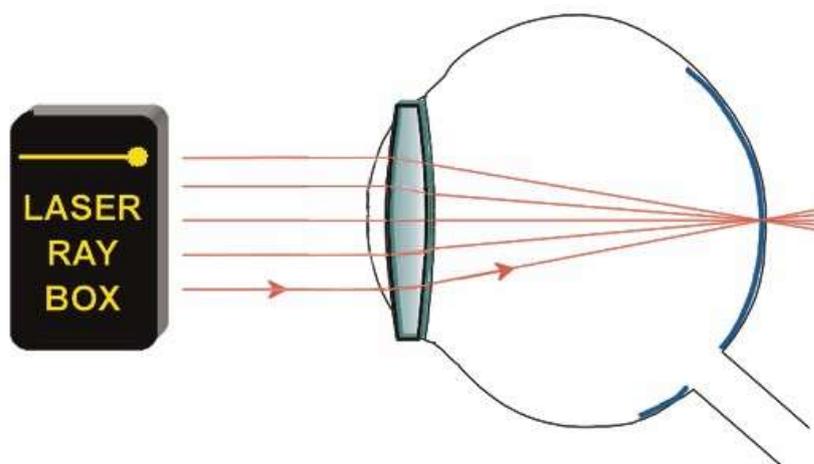


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6**. Схема оптической системы глаза при нормальном зрении

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.

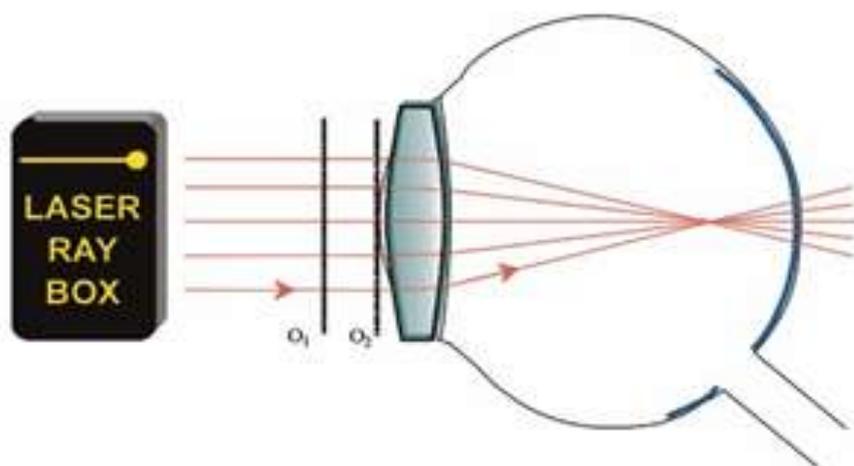


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..7. Схема оптической системы глаза при близорукости

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.

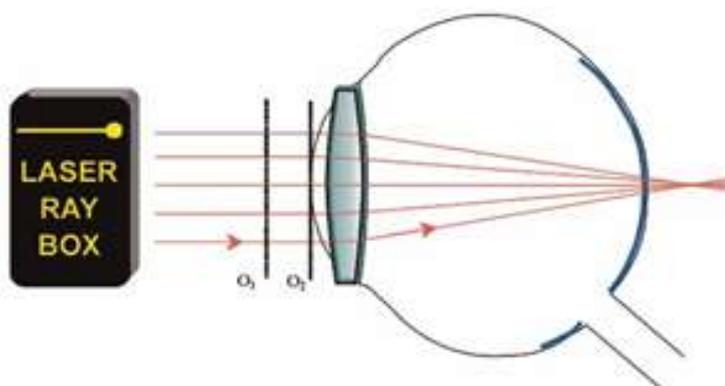


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..8. Схема оптической системы глаза при дальнозоркости

## 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**):

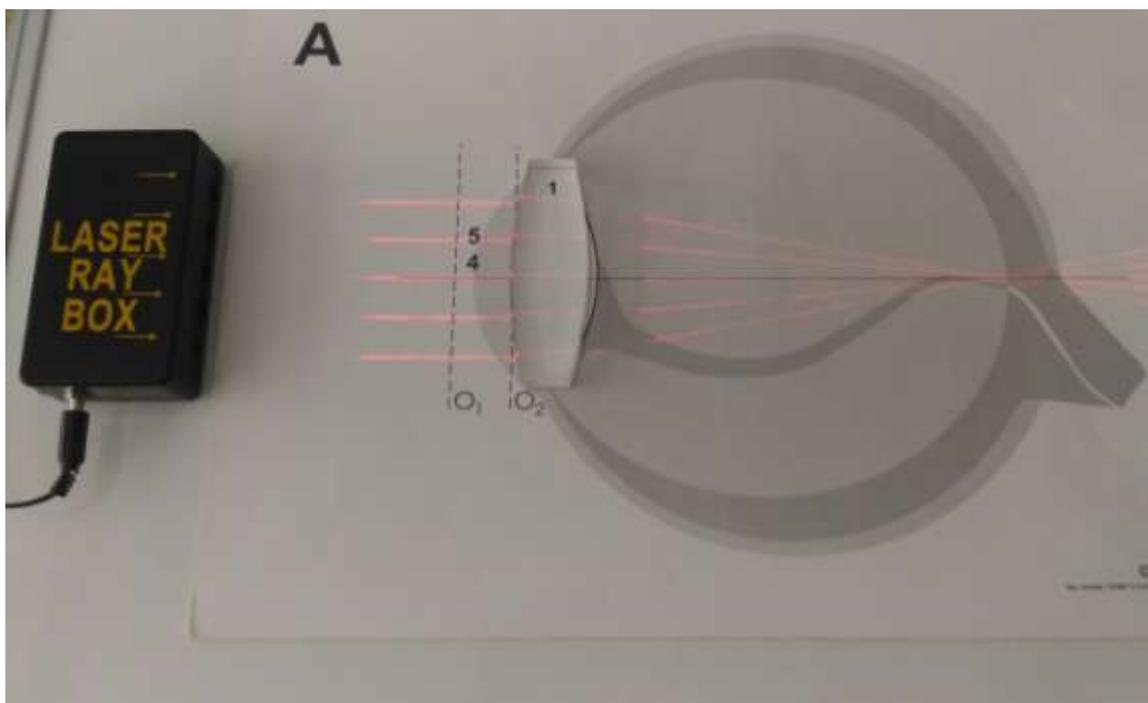


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9**. Модель оптической системы глаза при нормальном зрении

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**).

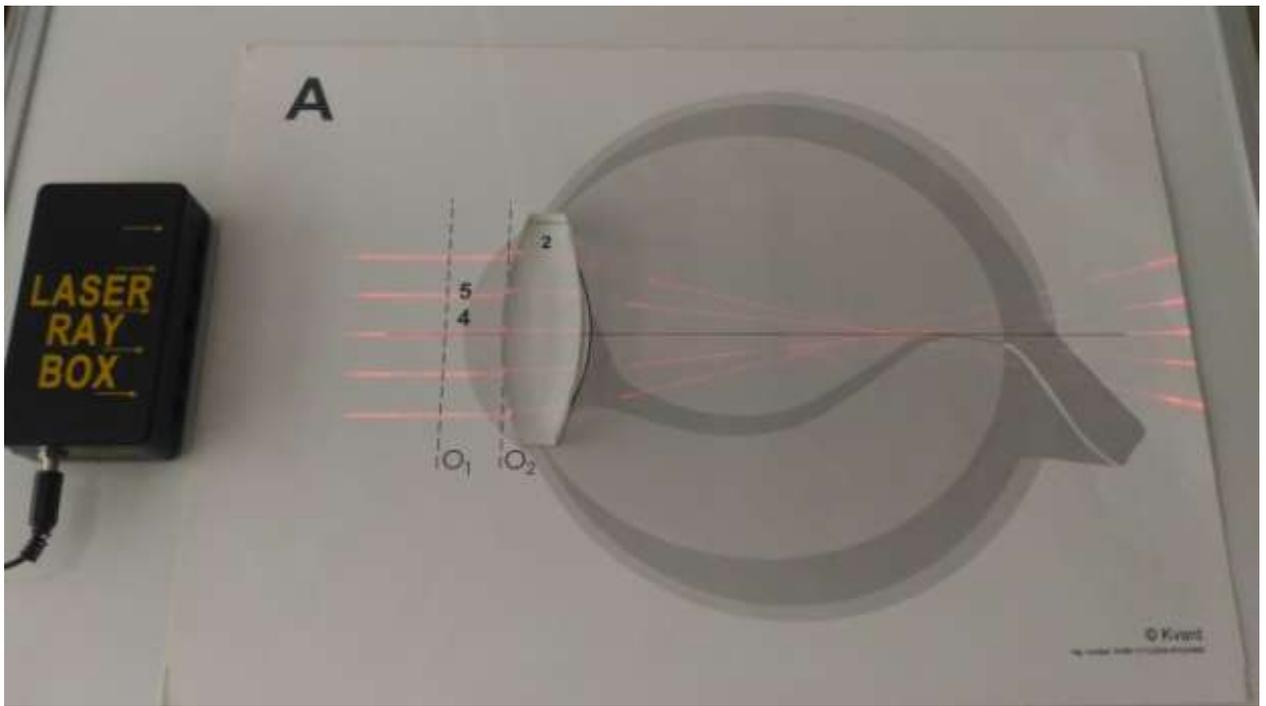


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..10.** Модель глаза при близорукости без корректирующей линзы

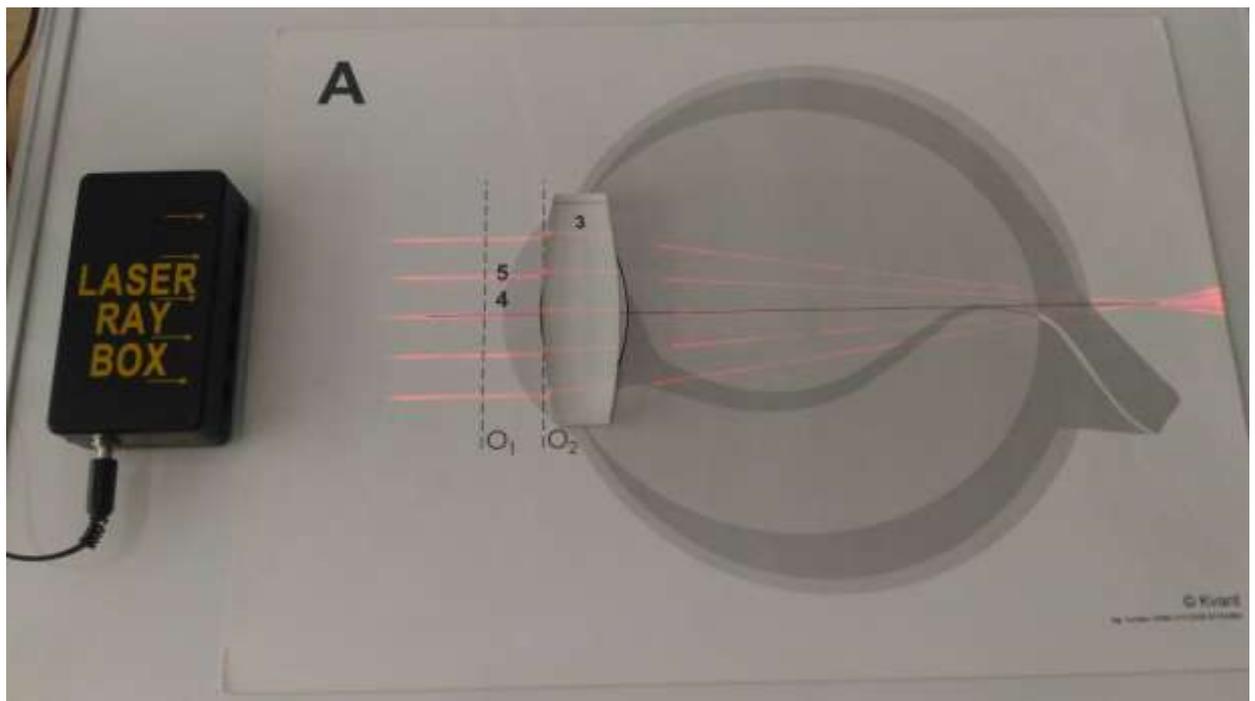


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..11.** Модель глаза при дальнозоркости без корректирующей линзы

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**).

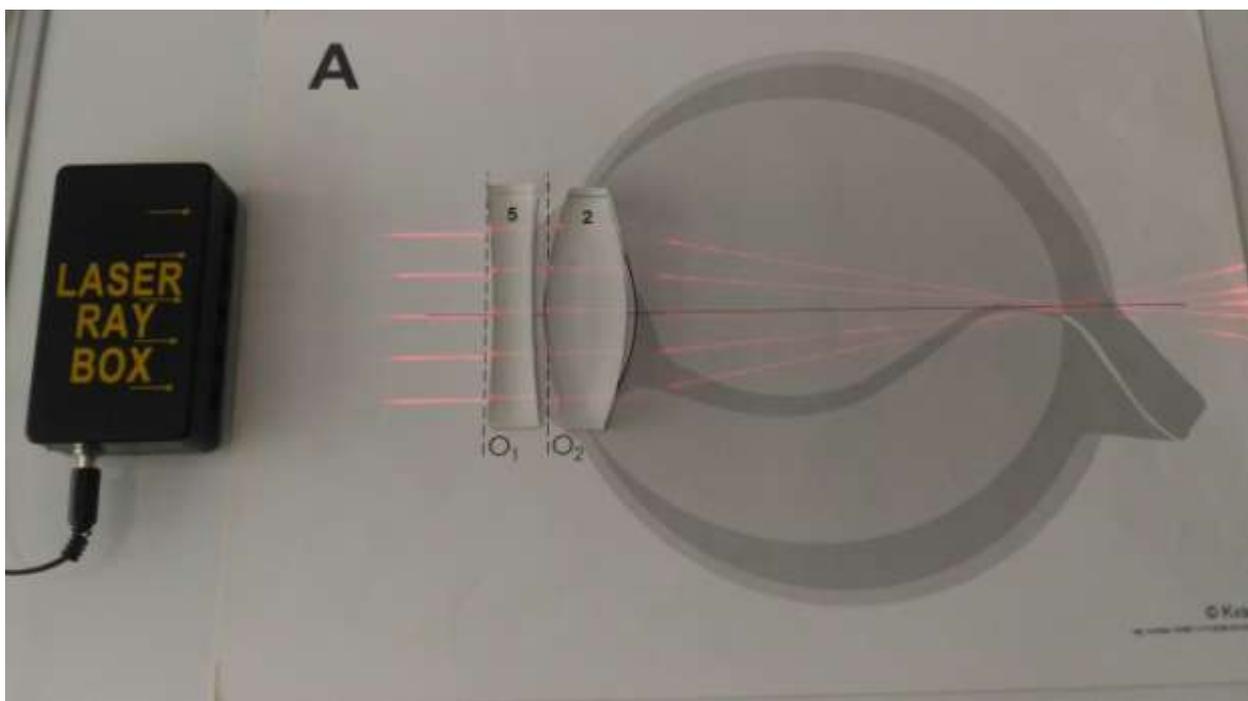


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..12. Модель глаза при близорукости с использованием корректирующей линзы

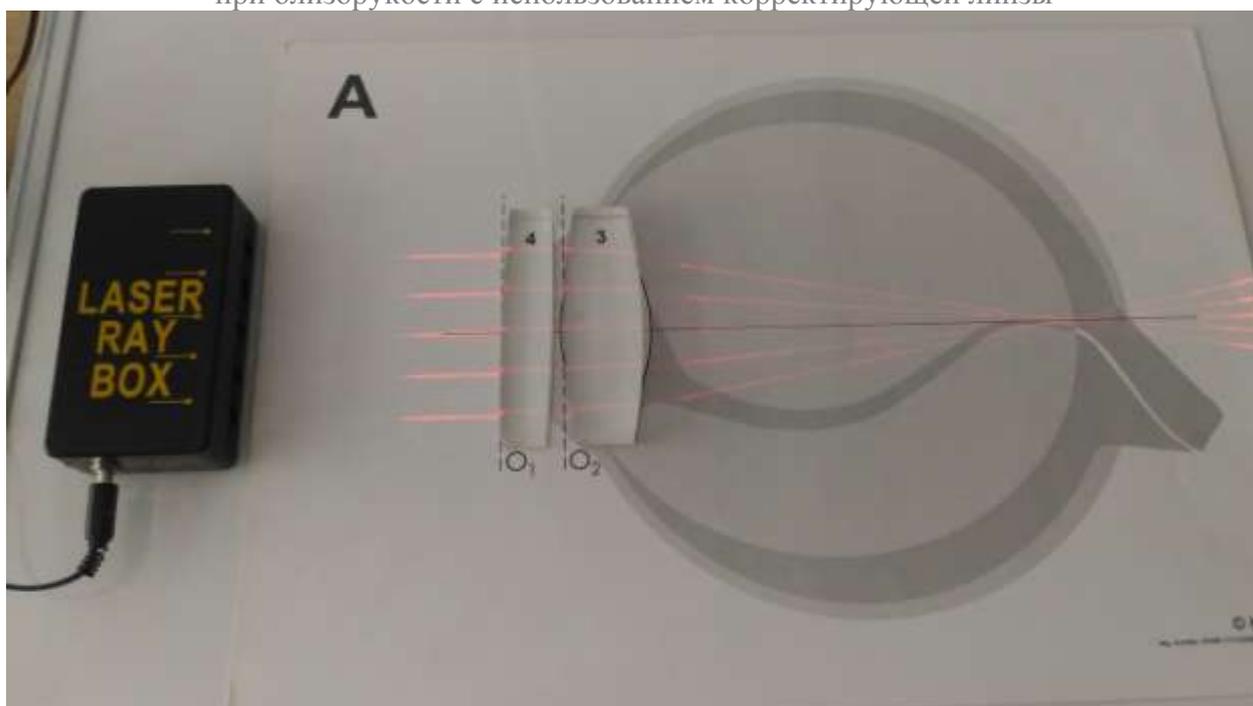


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..13. Модель глаза при дальнозоркости с использованием корректирующей линзы

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.

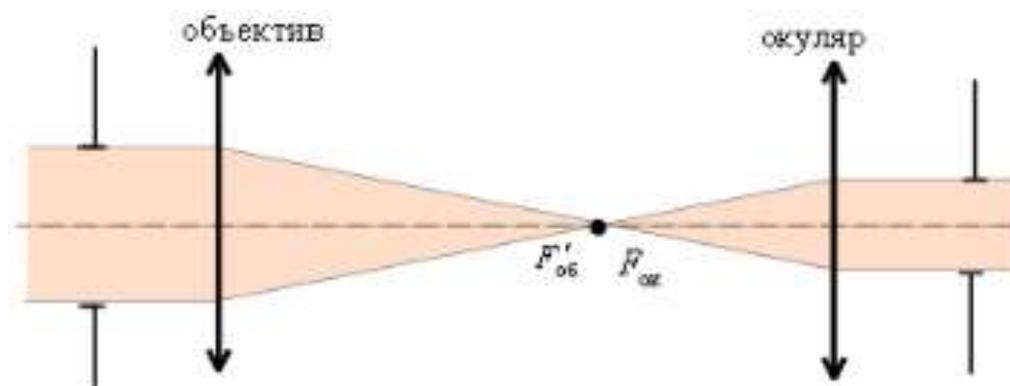


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..14**.  
Телескопическая схема Кеплера

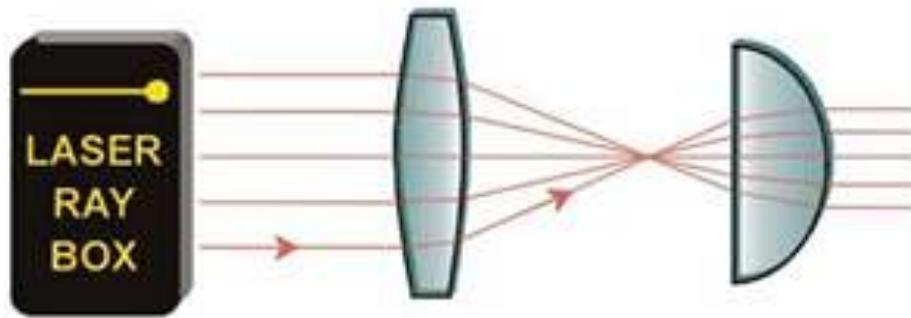


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..15**. Схема оптической системы телескопа Кеплера

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.

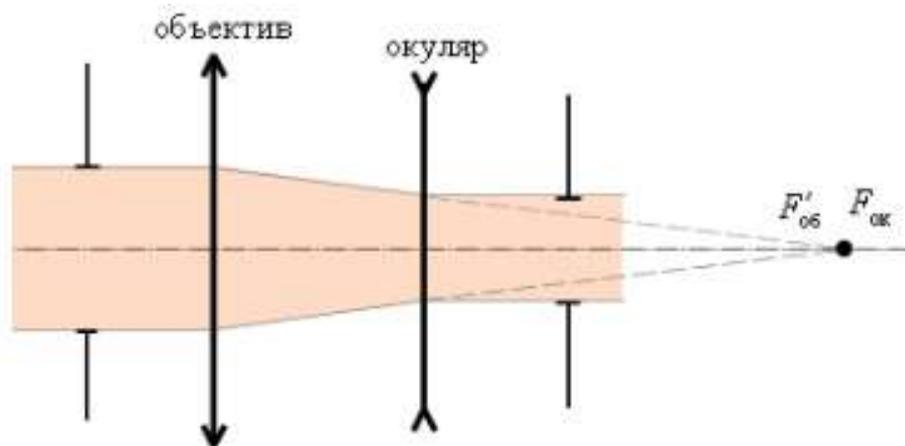


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..16.  
Телескопическая схема Галилея

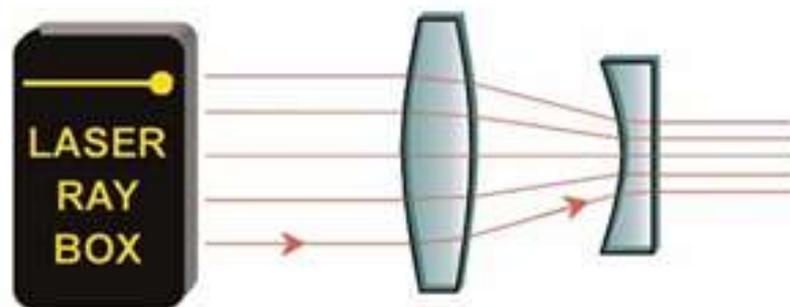


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..17. Схема  
оптической системы телескопа Галилея

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:

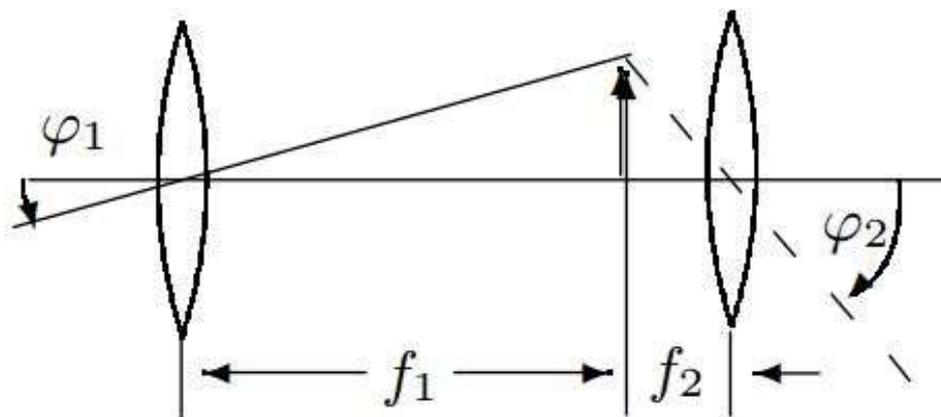


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..18** Схема прохождения лучей в телескопе Кеплера

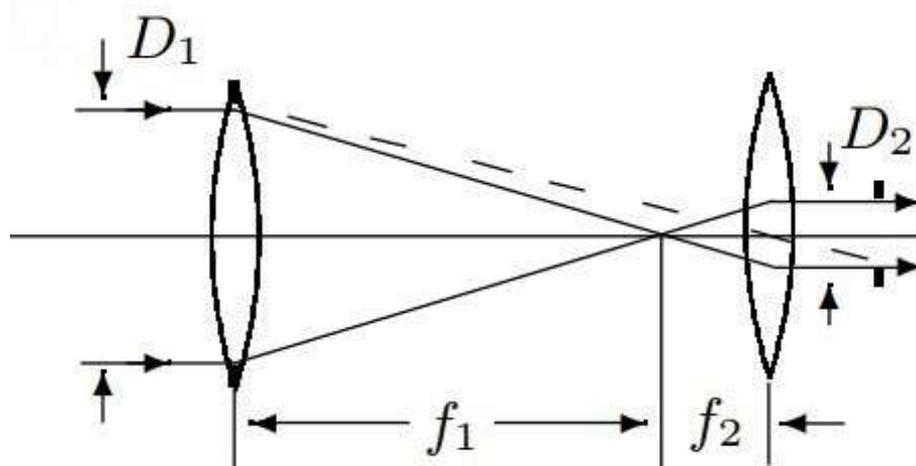


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..19** Схема прохождения лучей в телескопе Кеплера

Пусть пучок света, попадающий в объектив, составляет с осью угол  $\varphi_1$ , а пучок, выходящий из окуляра, –  $\varphi_2$ . Увеличение  $\gamma$  телескопа будет равно

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

(**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**):

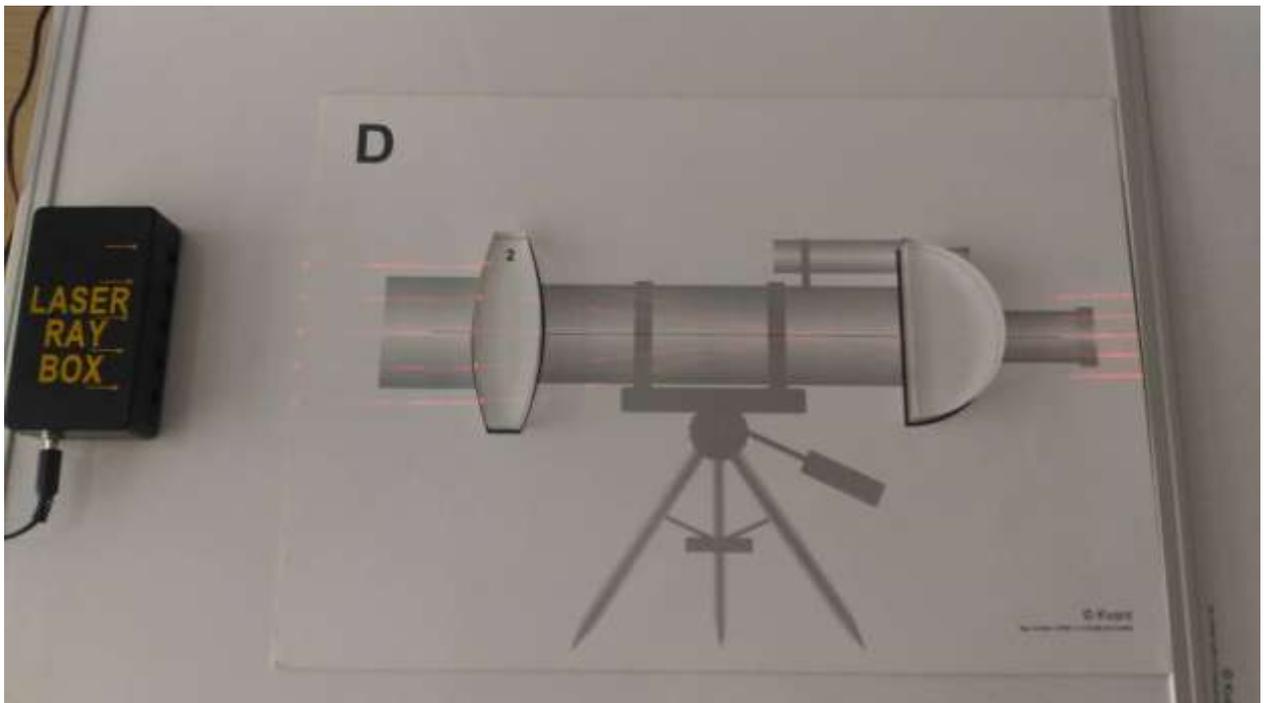


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..20.** Модель телескопа Кеплера с использованием линз

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):

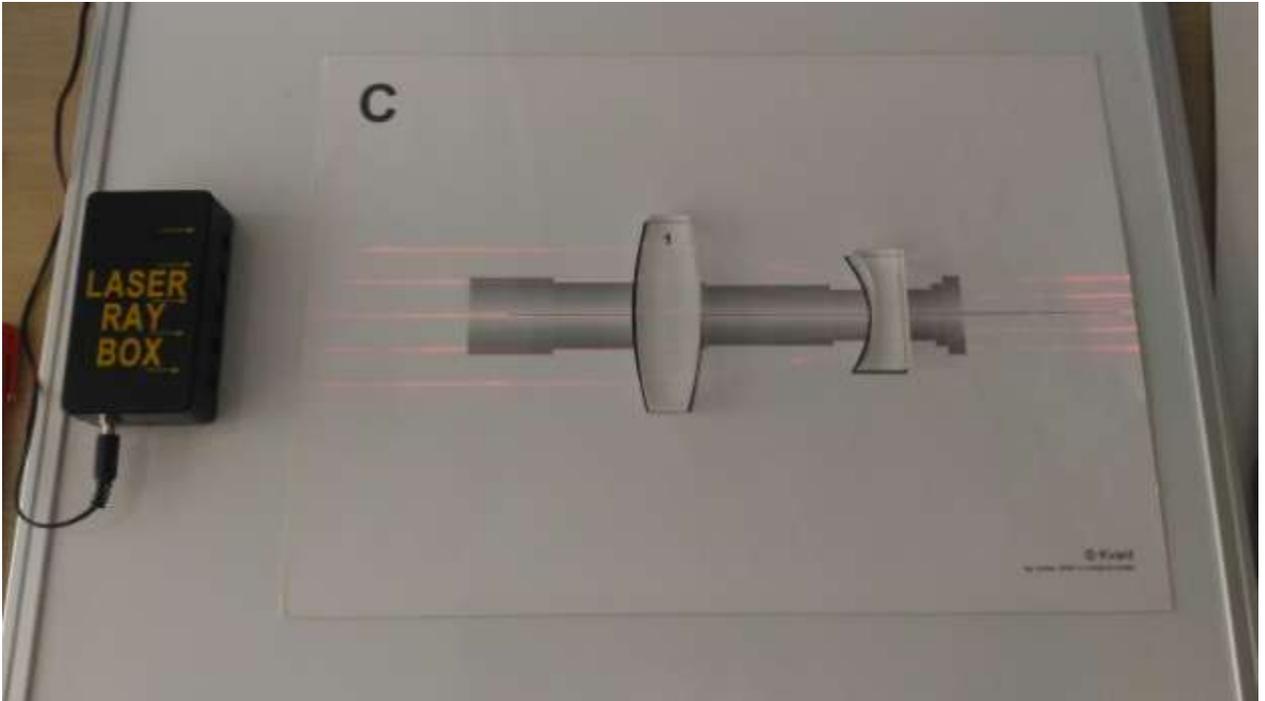


Рисунок **Ошибка!** Текст указанного стиля в документе отсутствует..21. Модель телескопа Галилея с использованием линз

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:

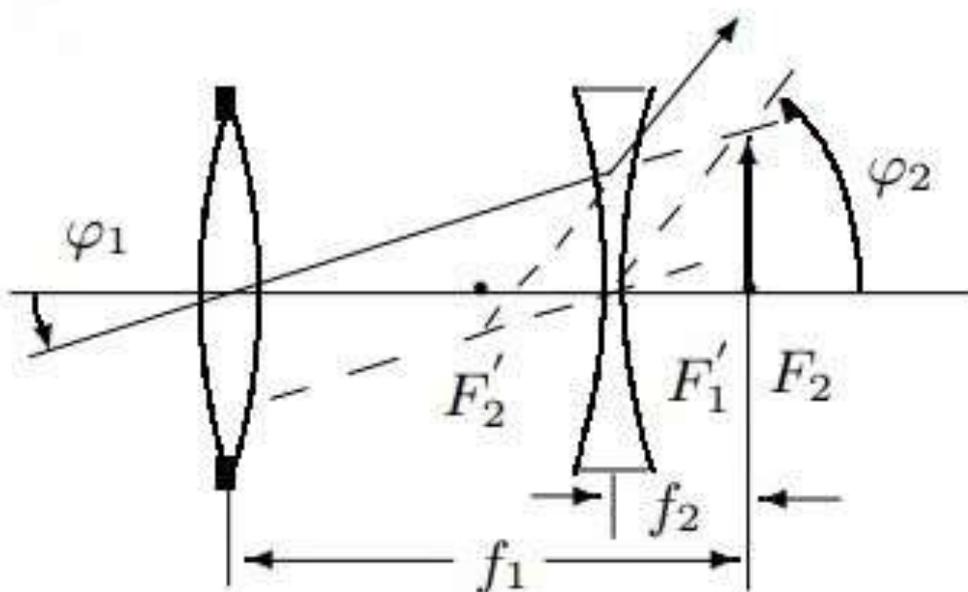


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..22** Схема прохождения лучей в телескопе Галилея

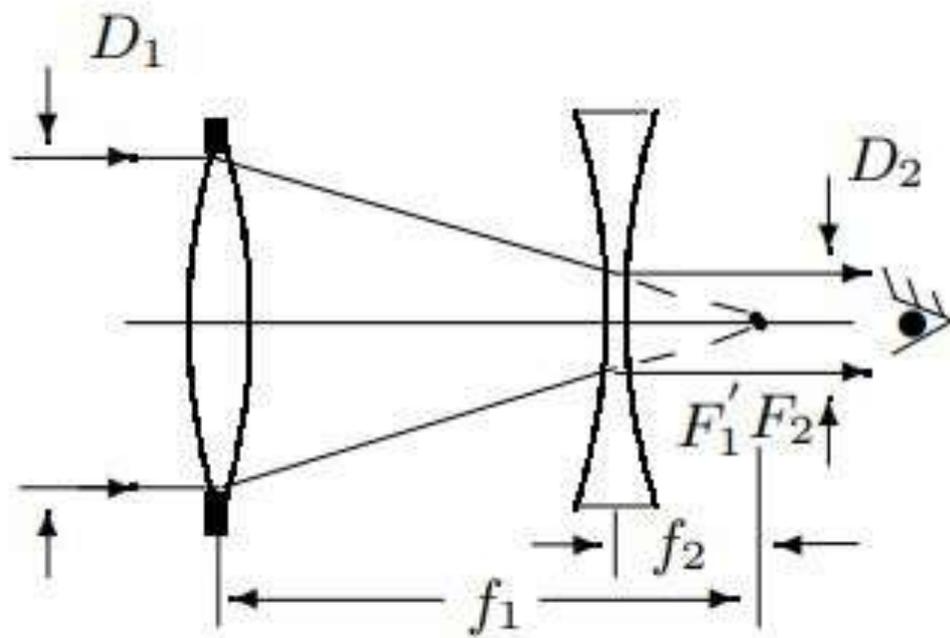


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..23** Схема прохождения лучей в телескопе Галилея

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.

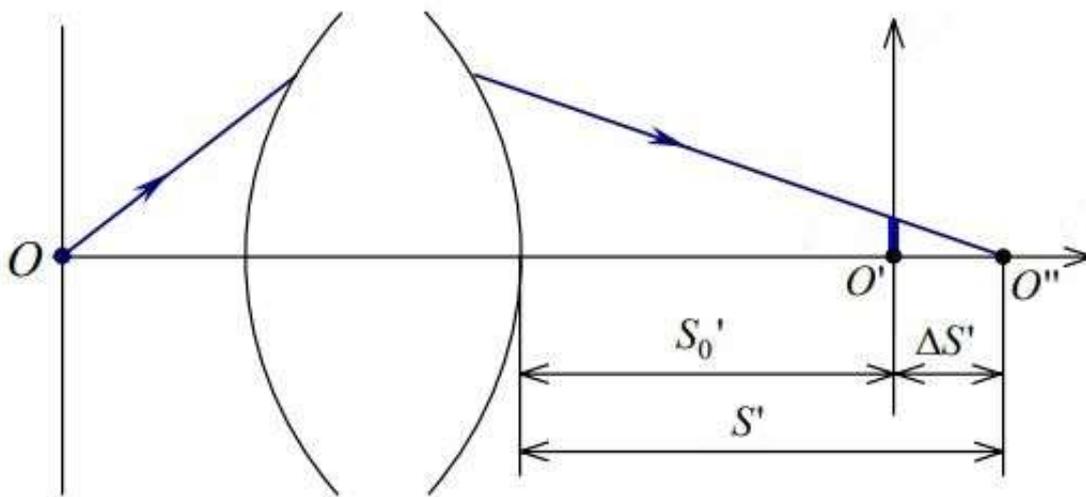


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..24. Продольные aberrации для изображения ближнего типа

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)

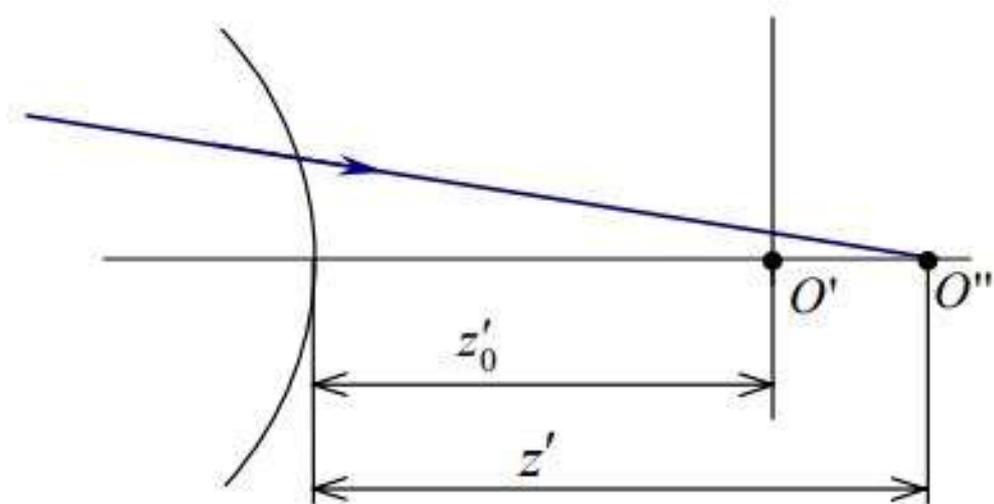


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..25. Продольные aberrации для изображения дальнего типа

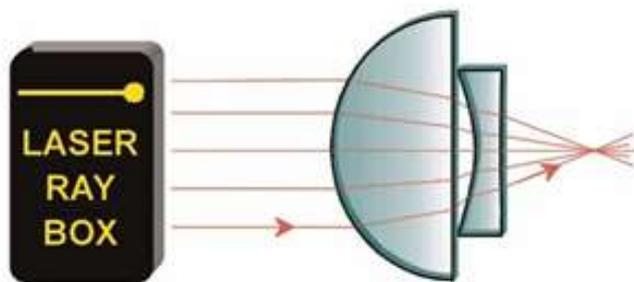


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..26. Схема оптической системы объектива с коррекцией сферической aberrации

### 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):

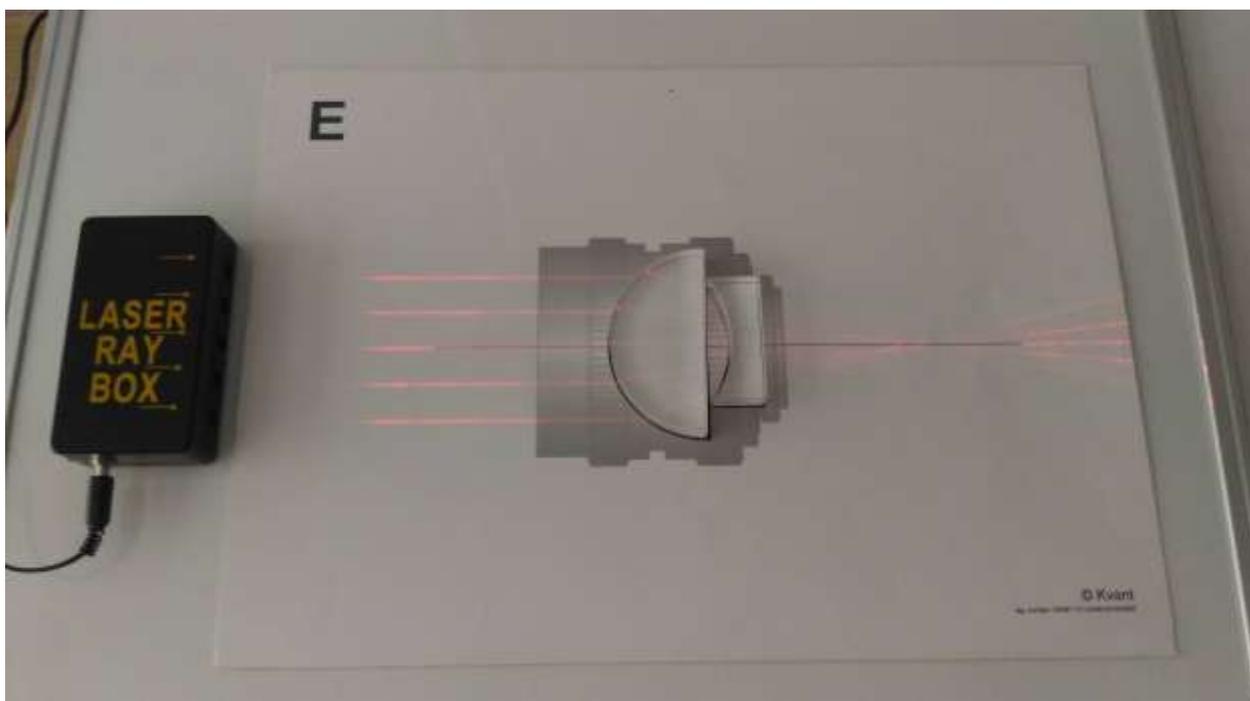


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..27. Модель оптической системы объектива с коррекцией сферической аберрации

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.**

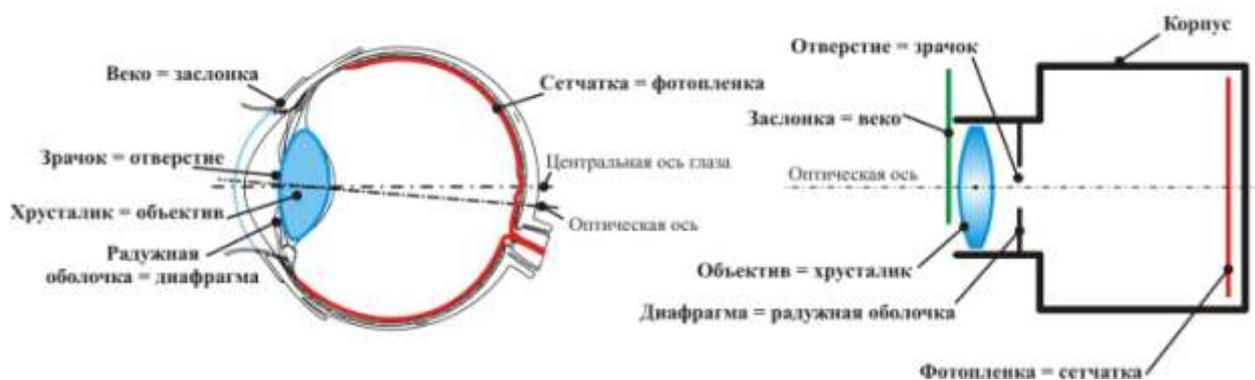


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..28. Схема сравнения фотоаппарата и человеческого глаза

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**):

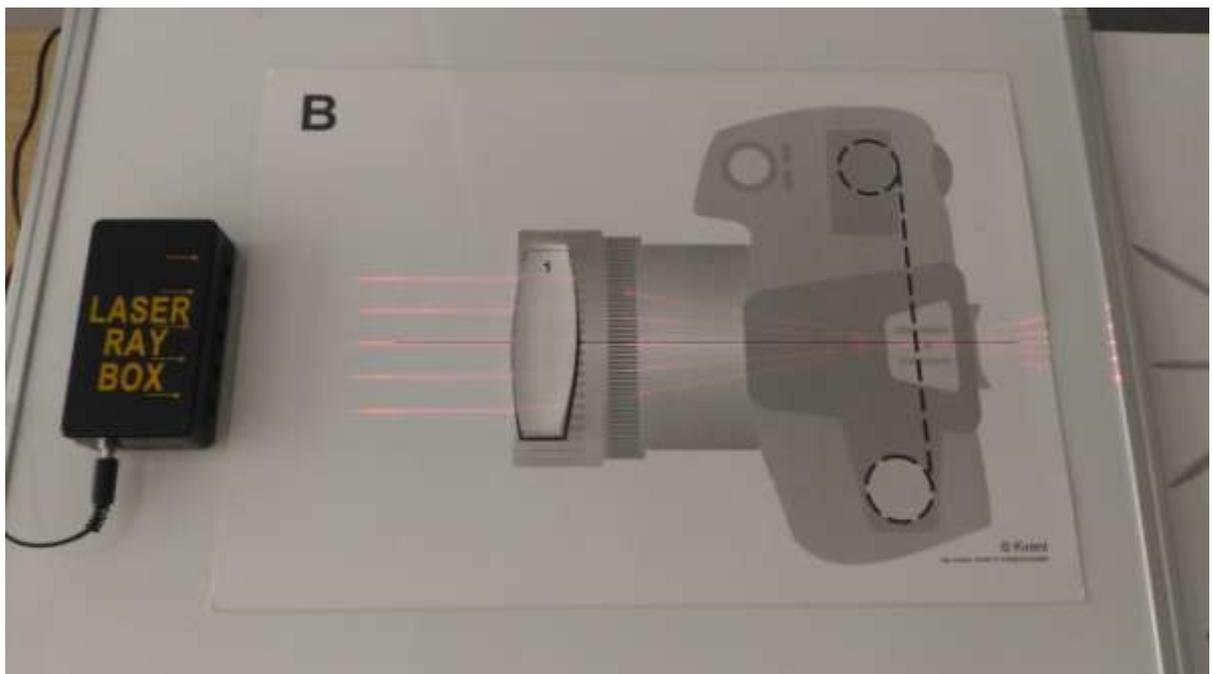


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..29**. Модель оптической системы фотоаппарата

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**).

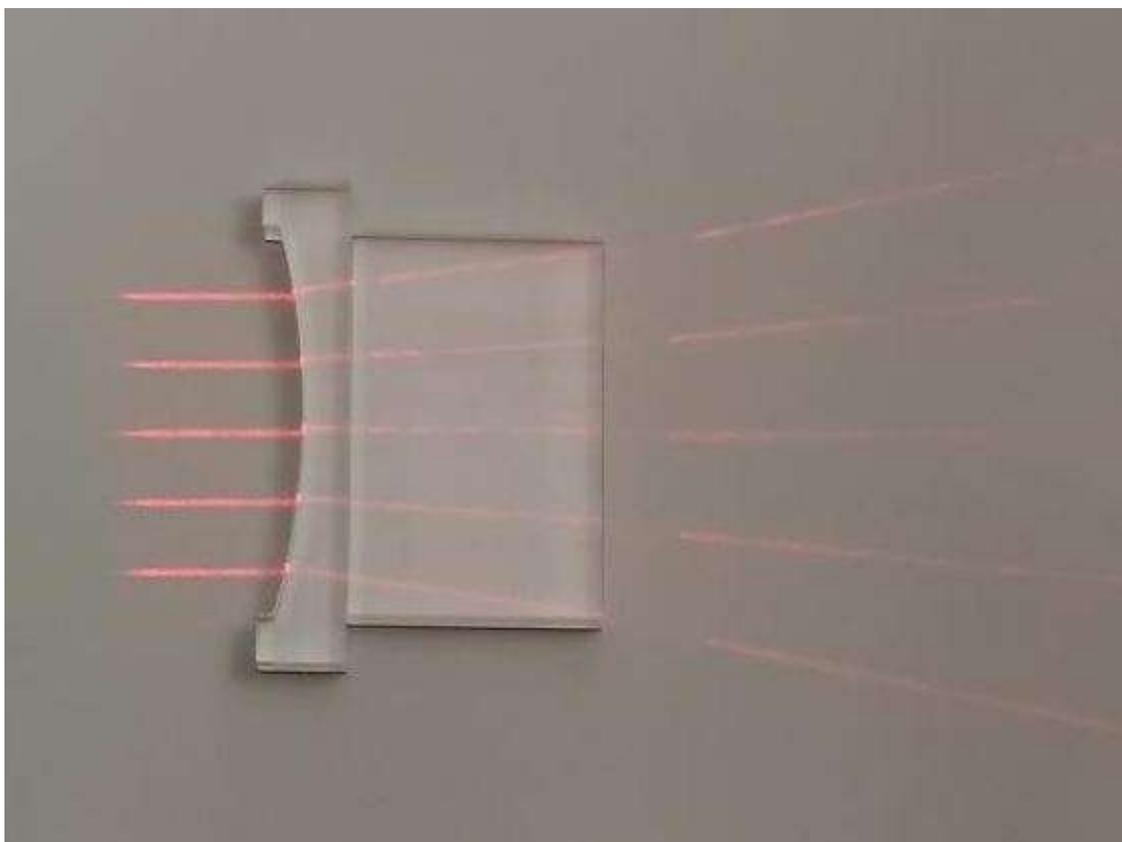


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..30** Модель линзовой системы

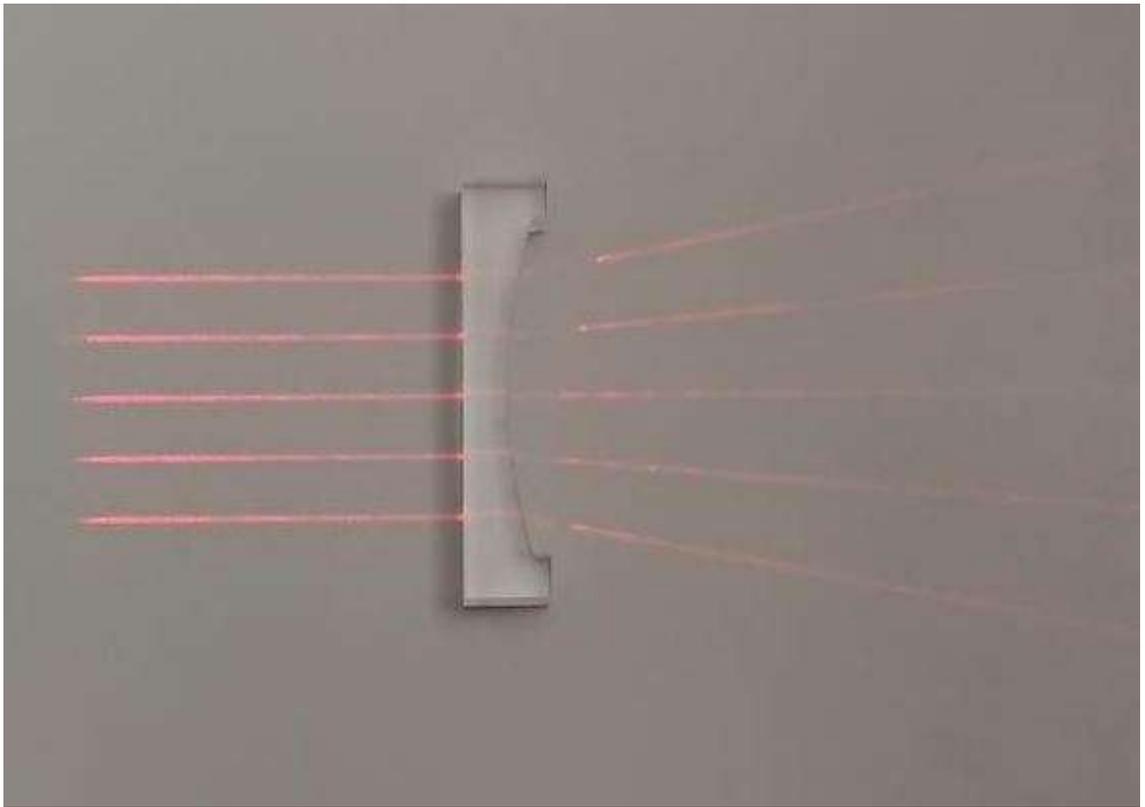


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..31** Модель линзовой системы

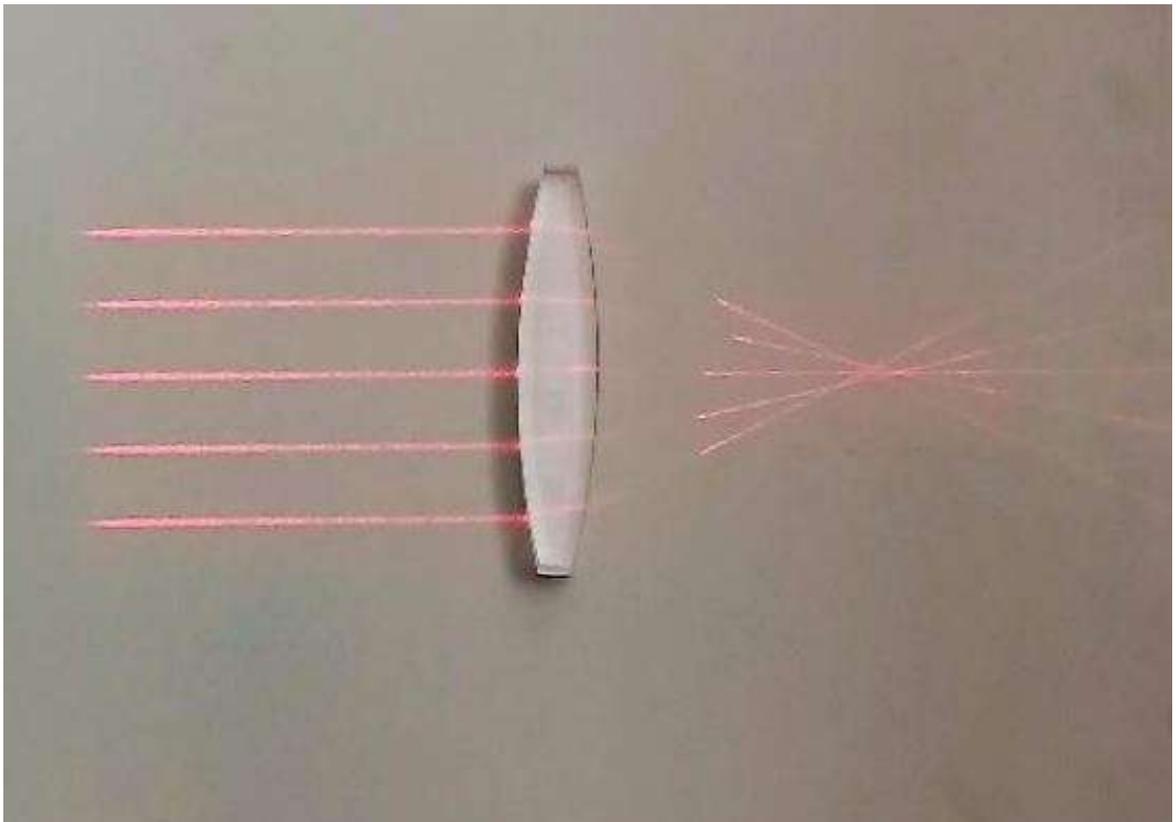


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..32** Модель линзовой системы

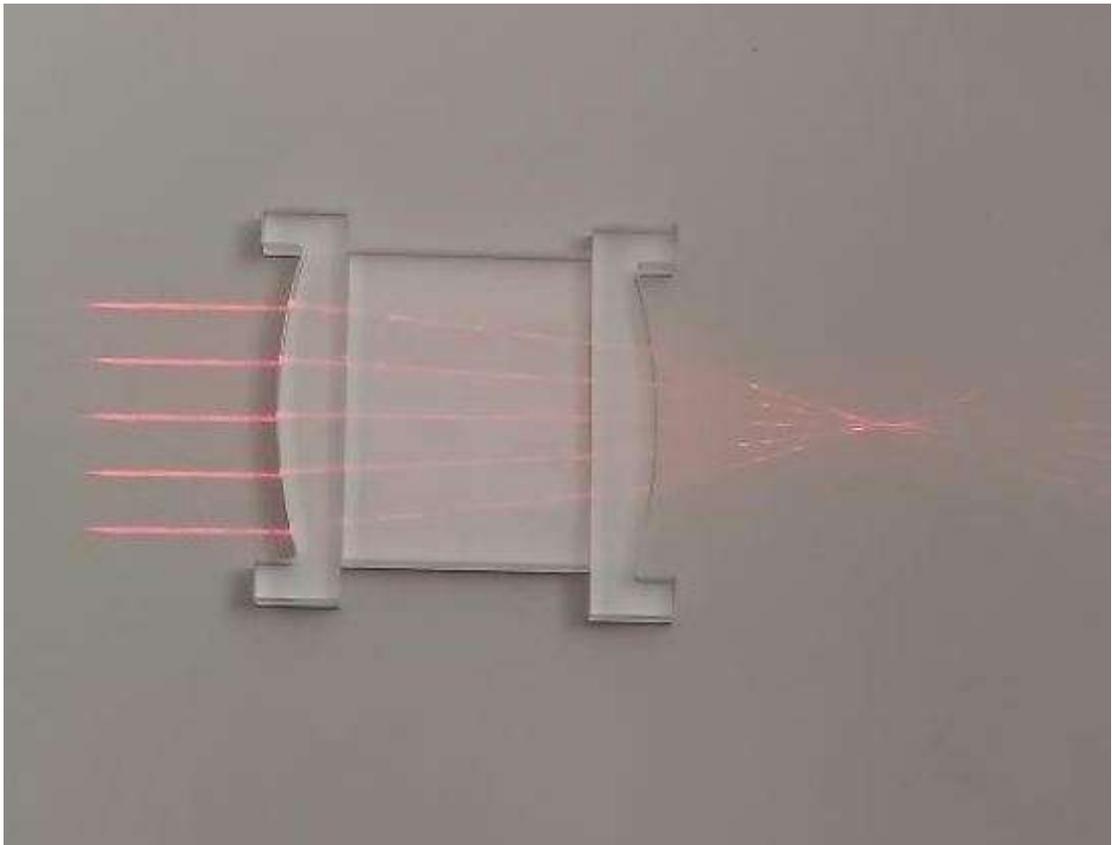


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..33 Модель линзовой системы

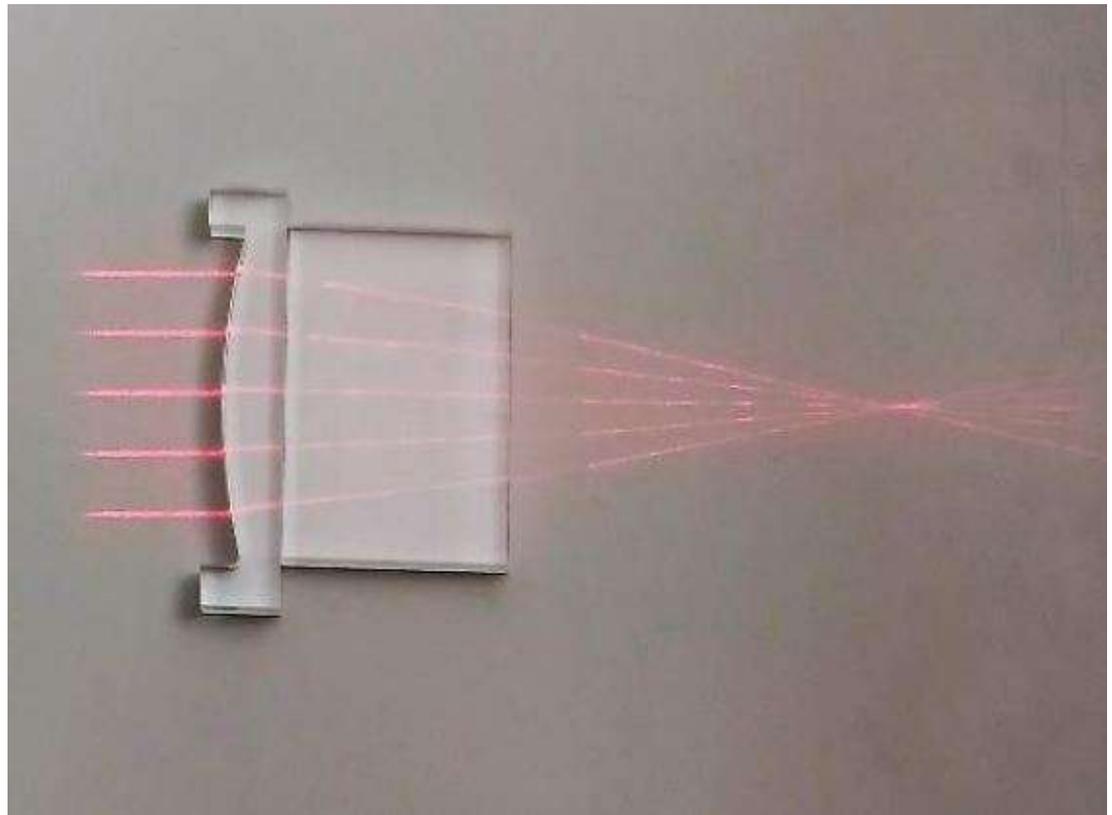


Рисунок Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..34 Модель линзовой системы

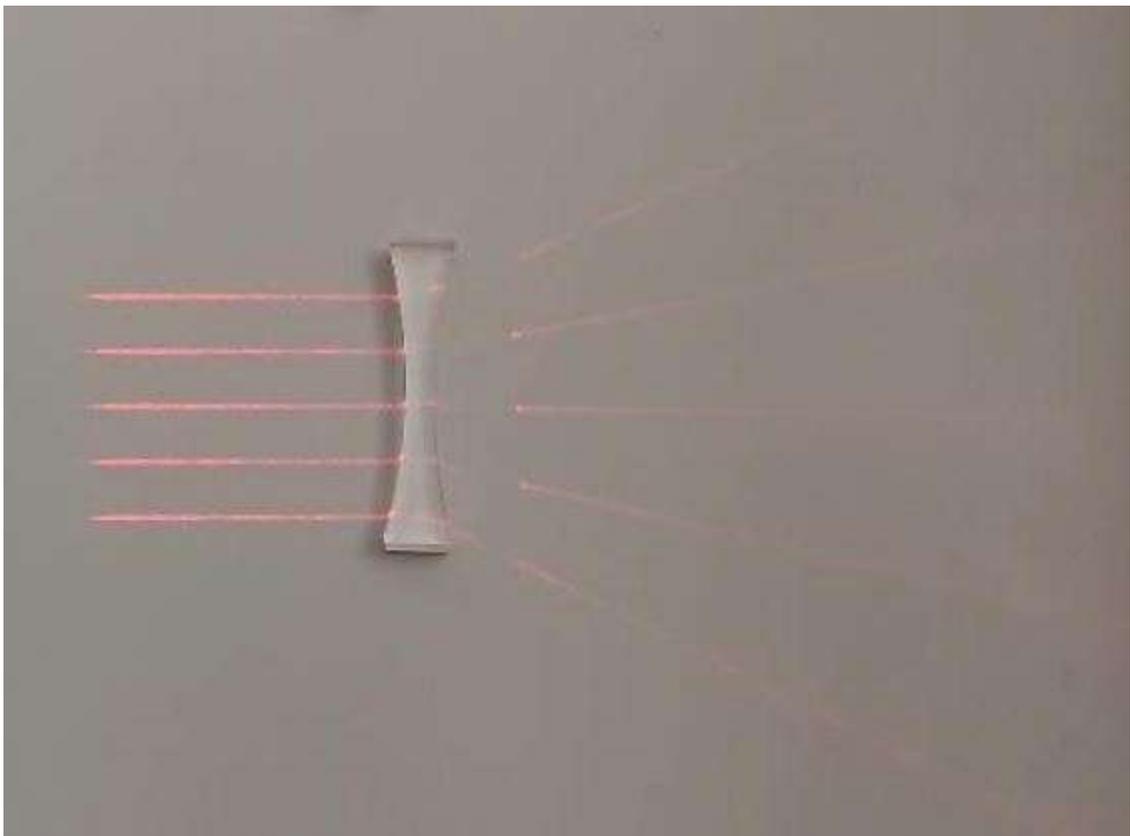


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..35** Модель линзовой системы

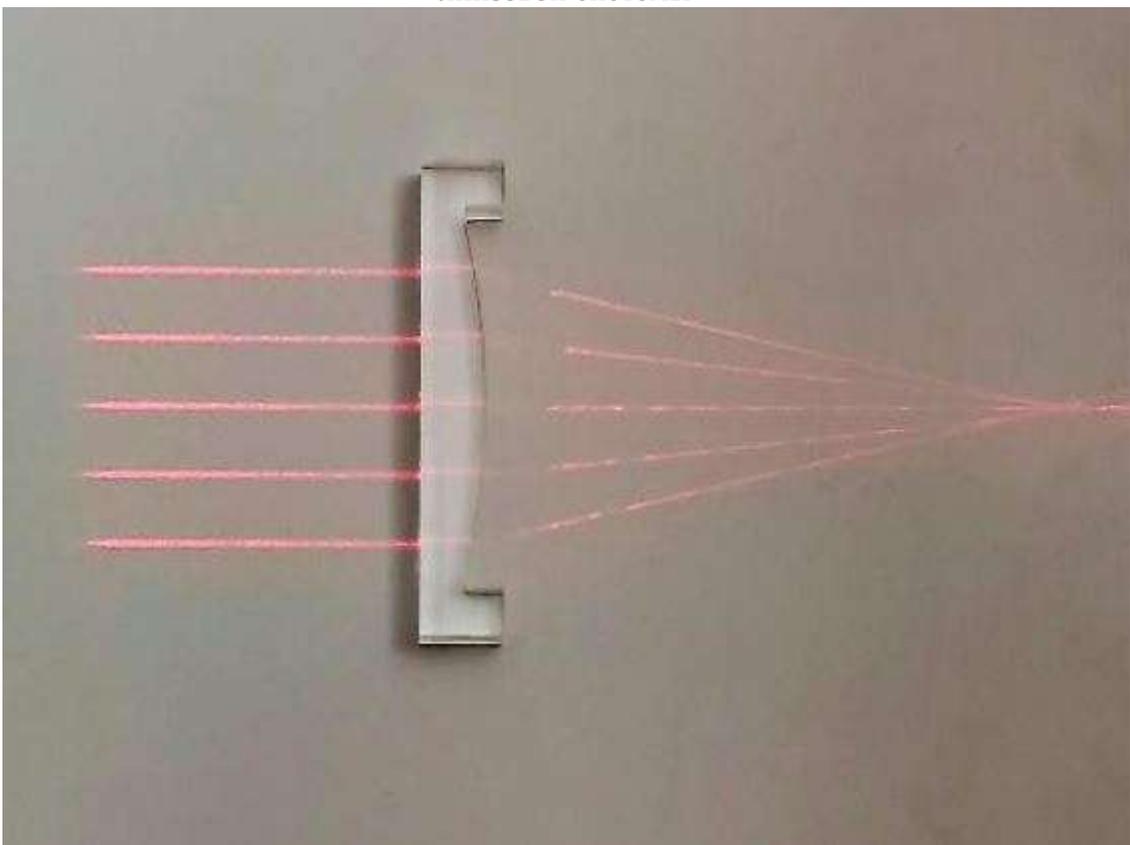


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..36** Модель линзовой системы

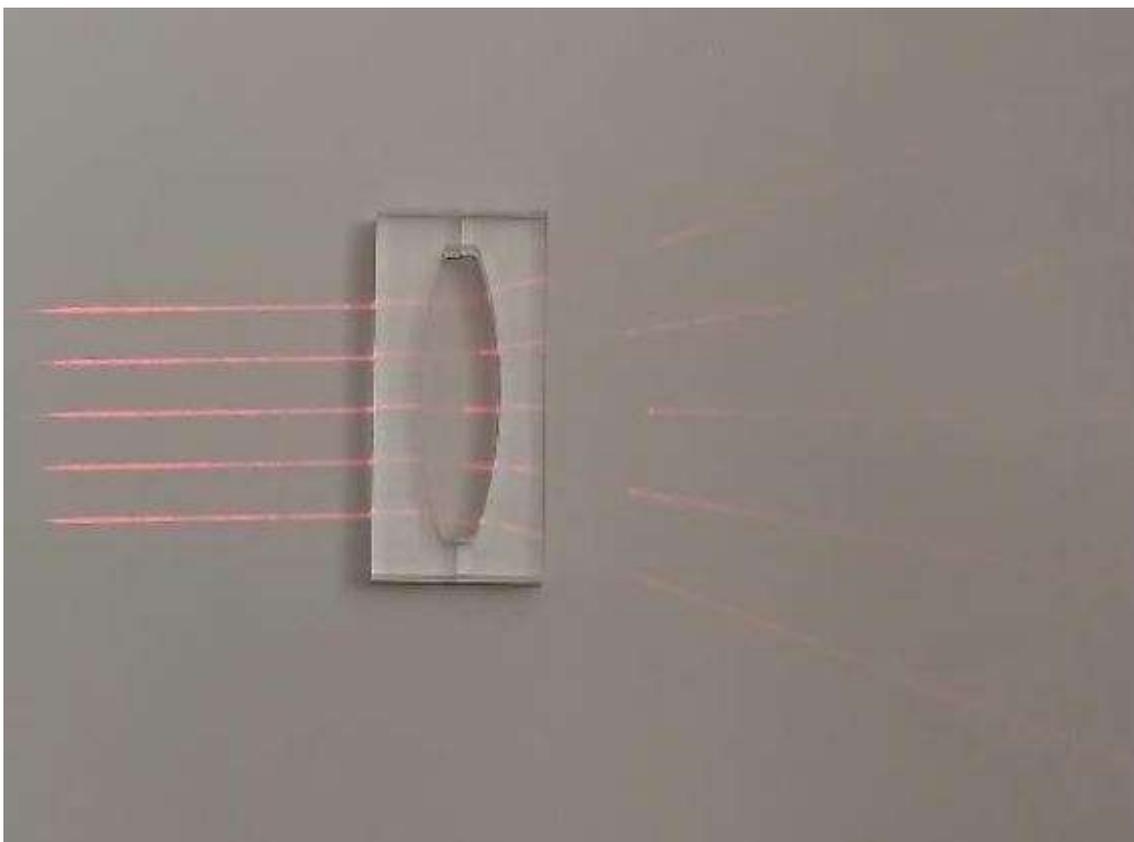


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..37** Модель линзовой системы

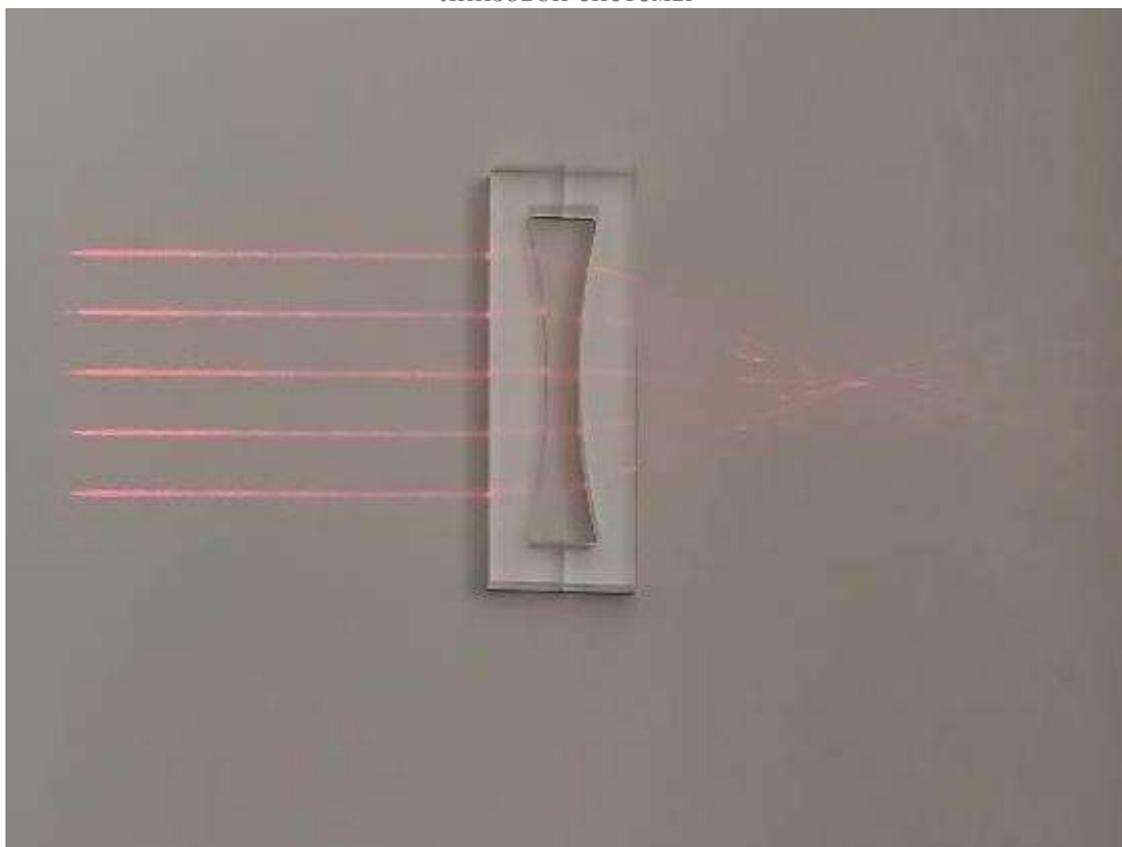


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..38** Модель линзовой системы

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.