

## 6. Изучение действительных изображений в оптической системе из двух линз

**Цель работы:** исследовать закономерности получения действительного изображения в системе из двух линз.

**Оборудование:** источник электропитания, источник света на основе лампы накаливания, оптическая скамья, стойка для крепления источника света, экран, стойка для крепления экрана, собирающие линзы  $L_1$  и  $L_2$  на стойках, рассеивающая линза  $L_3$  на стойке.

### Ход работы

1. Соберите установку для изучения изображений, получаемых в системе линз (рис. 36). Установите на один конец оптической скамьи экран на стойке, а на второй – источник света на стойке. Установите на оптической скамье вблизи экрана собирающую линзу и, двигая ее, добейтесь четкого изображения нити лампы на экране. Используя формулу тонкой линзы, оцените ее фокусное расстояние  $f_1$  (при расстоянии до источника, большем расстояния до изображения в 10 раз, можно считать, что изображение находится в фокусе линзы). Оцените также фокусное расстояние  $f_2$  второй собирающей линзы. Линзу с меньшим фокусным расстоянием далее будем называть короткофокусной, или  $L_1$ , вторую – длиннофокусной, или линзой  $L_2$ .

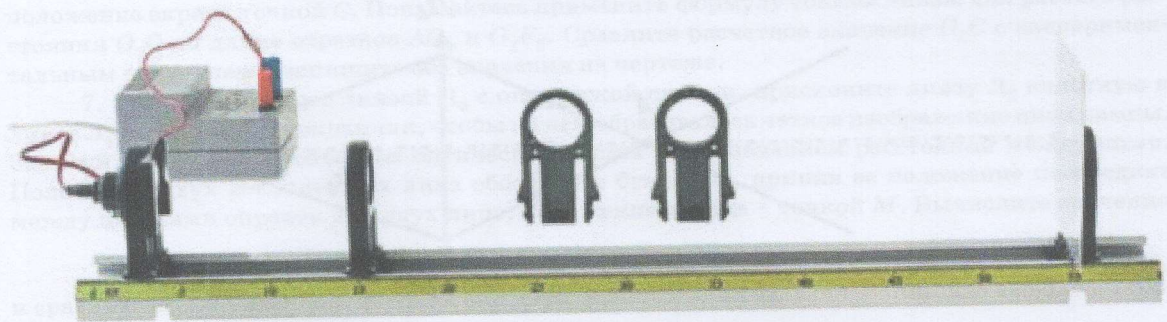


Рис. 36

2. Измерьте фокусное расстояние рассеивающей линзы, поместив ее на таком расстоянии от экрана с двумя линейками, при котором длина изображения отрезка будет совпадать с половиной длины реального отрезка, то есть мнимое изображение объекта будет вдвое уменьшенным по сравнению с самим объектом (рис. 37).

3. Установите на оптической скамье на расстоянии около 10 см от источника света короткофокусную линзу и, двигая экран, найдите положение  $A$ , в котором на экране получается четкое изображение нити лампы. Двигая экран вправо и влево от этого положения, восстановите вид конуса света, идущего от линзы, и зарисуйте его, показав на рисунке ход лучей, ограничивающих световой конус, идущий от источника света  $S$  до линзы  $L_1$  и далее до точки  $A$  (рис. 38). Укажите на рисунке расстояния плоскости линзы до нити лампы и до ее изображения, положение фокусов линзы (рис. 38).

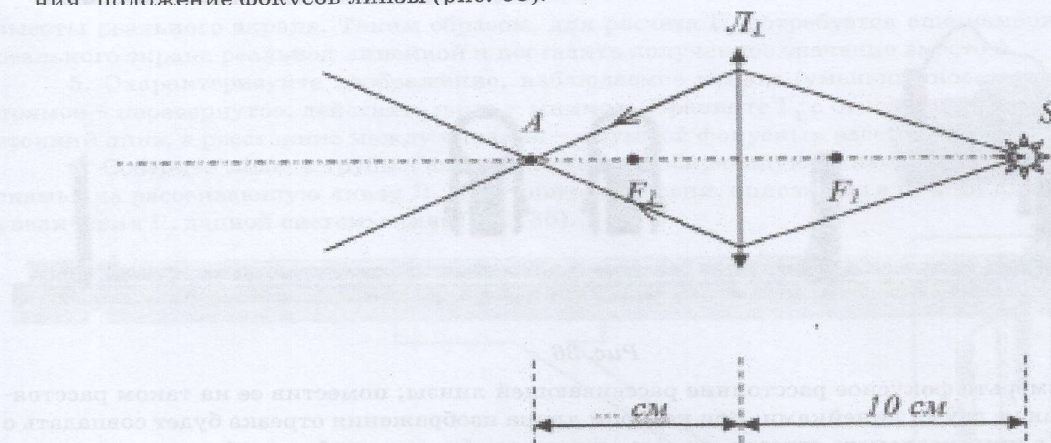


Рис. 38

4. Поместите дополнительно на оптическую скамью на расстоянии около 40 см от источника длиннофокусную собирающую линзу  $L_2$  и найдите положение точки  $B$ , в который теперь нужно поместить экран, чтобы на нем получилось четкое изображение. Зарисуйте ход лучей, ограничивающих световой конус, идущий от источника света до экрана через линзы  $L_1$  и  $L_2$  (рис. 39). Обозначьте на рисунке расстояния между элементами оптической системы и фокусы линз  $F_1$  и  $F_2$ . Примените формулу тонкой линзы для расчета расстояния  $O_2B$  по длине отрезков  $AO_2$  и  $O_2F_2$  и сравните ее с экспериментальным значением. Запишите расчетное и экспериментальное значение рядом с чертежом.



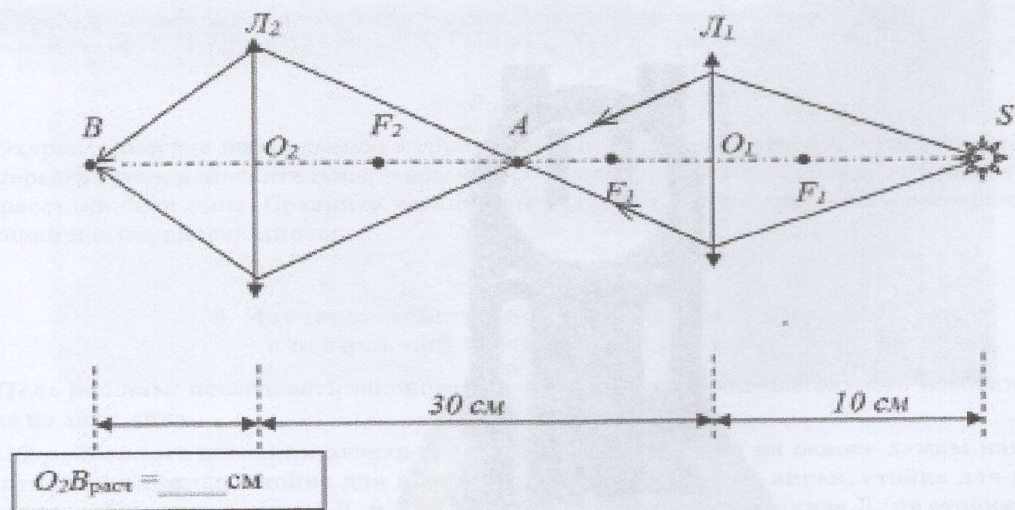


Рис. 39

5. Не меняя положения источника  $S$  и короткофокусной линзы  $L_1$ , переместите длиннофокусную собирающую линзу  $L_2$  ближе к линзе  $L_1$ , сократив расстояние  $O_2O_1 \approx 20$  см. Попробуйте получить изображение нити лампы на экране. Если этого не удастся сделать, то нарисуйте ход лучей, ограничивающих световой конус, идущий от источника света  $S$  до экрана через линзы  $L_1$  и  $L_2$  и поясните, почему изображение не формируется.

6. Не меняя положения источника  $S$  и короткофокусной линзы  $L_1$ , переместите длиннофокусную линзу  $L_2$  еще ближе к линзе  $L_1$ , так чтобы  $O_2O_1 \approx 5$  см. Попробуйте получить изображение нити лампы на экране, двигая его от линзы  $L_2$  влево до конца оптической скамьи. Если это удастся сделать, то зарисуйте ход лучей от источника света до экрана, обозначив

положение экрана точкой  $C$ . Попробуйте применить формулу тонкой линзы для расчета расстояния  $O_2C$  по длине отрезков  $AO_2$  и  $O_2F_2$ . Сравните расчетное значение  $O_2C$  с экспериментальным значением и запишите оба значения на чертеже.

7. Снимите стойку с линзой  $L_2$  с оптической скамьи, прислоните линзу  $L_2$  вплотную к линзе  $L_1$  и переместите экран так, чтобы на нем образовалось четкое изображение нити лампы. Зарисуйте положение объектов оптической схемы с обозначением расстояний между ними. Положение двух соединенных линз обозначьте буквой  $O$ , приняв ее положение посередине между центрами оправок для двух линз, положение экрана – точкой  $M$ . Вычислите значение

$$D = (1/OM) + (1/OS)$$

и сравните его с суммой оптических сил двух использованных линз. Запишите вывод из такого сравнения рядом с чертежом.

8. Раздвиньте стойку с источником света и экран на два противоположных конца оптической скамьи. Возьмите в руки стойку с рассеивающей линзой  $L_3$  и, прижав ее вплотную к собирающей линзе  $L_1$ , двигайте их вместе вдоль оптической скамьи до получения четкого изображения нити лампы на экране (яркая точка минимального размера) с помощью системы линз. Нарисуйте чертеж, обозначив буквой  $N$  положение системы линз ( $L_3 + L_1$ ). Проверьте выполнимость в пределах точности измерений соотношения

$$(1/ON) + (1/OS) = (1/f_1) - (1/f_3)$$

(значение  $f_3$  см. п. 2). Запишите вывод о верности для системы из собирающей и рассеивающей линзы утверждения: «Оптическая сила системы линз, прижатых друг к другу, равна сумме оптических сил каждой из линз».

9\*. Снимите с оптической скамьи собирающую линзу  $L_1$  и поместите на скамью рассеивающую линзу  $L_3$  в 5 см от источника света. Исследуя размер светового пятна на экране при его перемещении вдоль оптической скамьи, восстановите качественный ход лучей после прохождения ее через рассеивающую линзу. Зарисуйте примерный ход лучей после линзы по аналогии с рис. 38. Обозначьте на рисунке, соблюдая примерные пропорции, положение фокусов  $F_3$  рассеивающей линзы. Рассчитайте расстояние  $O_3S_1$  ( $O_3$  – центр линзы  $L_3$ ) от линзы до изображения источника в рассеивающей линзе, применив формулу тонкой линзы для рассеивающей линзы (значение  $f_3$  см. п. 2). Поставьте в 10 см от рассеивающей линзы собирающую линзу  $L_2$ , получите изображение нити лампы на экране в системе линз. Зарисуйте ход лучей, ограничивающих световой конус, идущий от источника света через систему линз до экрана. Обозначьте положение экрана точкой  $K$ . Примените формулу тонкой линзы для расчета расстояния от собирающей линзы до экрана  $O_2K$  по длине отрезков  $O_1L_2$  и  $O_2F_2$ . Сравните ее с экспериментальным значением.