

Практикум решения задач повышенной сложности. Тема "Оптика"

«Система линз».

1. Задача

Рассеивающая и собирающая линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 10$ см и $F_2 = 15$ см расположены на расстоянии $l = 30$ см друг от друга. На каком расстоянии g от источника света S находится изображение, даваемое этой системой линз, если расстояние от источника света S до рассеивающей линзы $d_1 = 12$ см?

2. Задача

На каком расстоянии l друг от друга можно расположить собирающую и рассеивающую линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 10$ см и $F_2 = 6$ см, чтобы параллельный пучок лучей, пройдя сквозь них, остался параллельным?

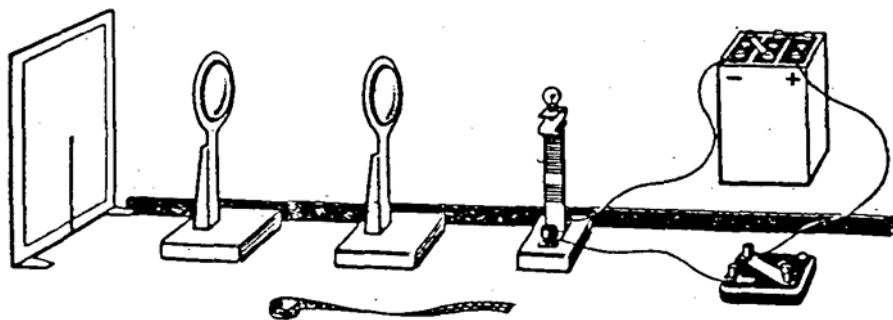
3. Задача

Объектив фотоаппарата состоит из двух линз. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием 50 мм расположена на расстоянии 45 см от пленки. Где должна находиться собирающая линза с фокусным расстоянием 80 мм, чтобы на пленке получались резкие изображения удаленных предметов?

4. Экспериментальная задача.

Определение фокусного расстояния собирающей линзы.

Оборудование: рассеивающая линза, собирающая линза, источник тока, электрическая лампа, ключ, соединительные провода, экран, линейка измерительная, штатив.



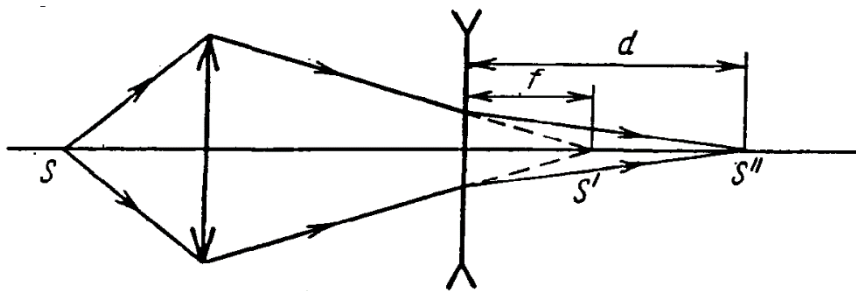
Задание

Определите фокусное расстояние рассеивающей линзы.

Метод выполнения работы

Рассеивающая линза образует только мнимое изображение, которое нельзя получить на экране, т. е. нельзя измерить расстояние от линзы до изображения. Фокусное расстояние рассеивающей линзы можно определить, если использовать вторую собирающую линзу. Получив с помощью собирающей линзы действительное изображение S' источника света на экране, можно поставить между собирающей линзой и экраном рассеивающую линзу. Действительное изображение источника света при этом смещается (рис. 1). Новое положение изображения S'' можно найти перемещением экрана.

Используя свойство обратимости световых лучей, можно принять, что световые лучи выходят из точки S'' , а в точке S' получается изображение точки S'' .



запишем формулу тонкой линзы с учетом правила знаков:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

Отсюда для модуля фокусного расстояния линзы получим:

$$F = \frac{fd}{d - f}$$

Порядок выполнения работы

1. С помощью собирающей линзы получите на экране действительное изображение предмета.
2. Поставьте между собирающей линзой и экраном рассеивающую линзу. Измерьте расстояние f от экрана до рассеивающей линзы.
3. Отодвигая экран от рассеивающей линзы, вновь получите на экране четкое изображение предмета. Измерьте расстояние d от экрана до рассеивающей линзы.
4. Вычислите фокусное расстояние F рассеивающей линзы.
5. Результаты измерений и вычислений в отчетную таблицу.

Отчетная таблица

№ опыта	d , м	f , м	F , м	ε_F
1				
2				
3				

5. Рассчитайте границы относительной погрешности измерения фокусного расстояния. При этом необходимо учесть следующее. Формула для $F = \frac{fd}{d-f}$ с точки зрения теории косвенных измерений достаточно сложна, так как в числителе и знаменателе находятся одни и те же величины. Поэтому в таблице погрешностей на форзаце отсутствует формула для расчета погрешностей функций этого типа. Эта функция существенно упрощается, если определить $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$. Тогда можно найти границу погрешностей Δf и Δd измерения оптической силы: $\Delta D = \frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta d}{d^2}$. Так как $F = \frac{1}{D}$, то легко сообразить, что нижняя граница значений F не меньше, чем $F' = \frac{1}{D + \Delta D}$, а верхняя - не меньше, чем $F'' = \frac{1}{D - \Delta D}$. Действительное значение F принадлежит интервалу $[F'; F'']$.

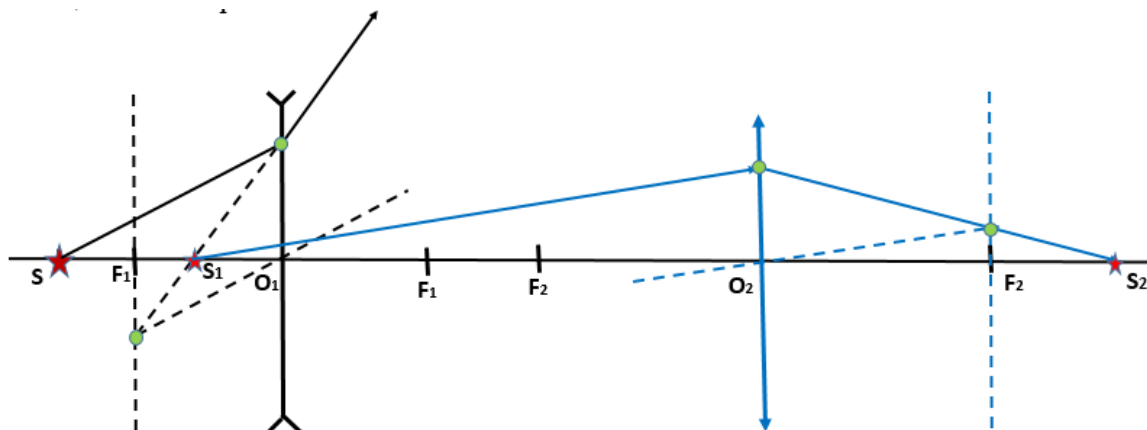
Дополнительное задание

Проведите анализ полученной формулы для вычисления погрешности и проведите повторный опыт, обеспечивающий меньшую относительную погрешность измерений.

Возможное решение

Задача 1

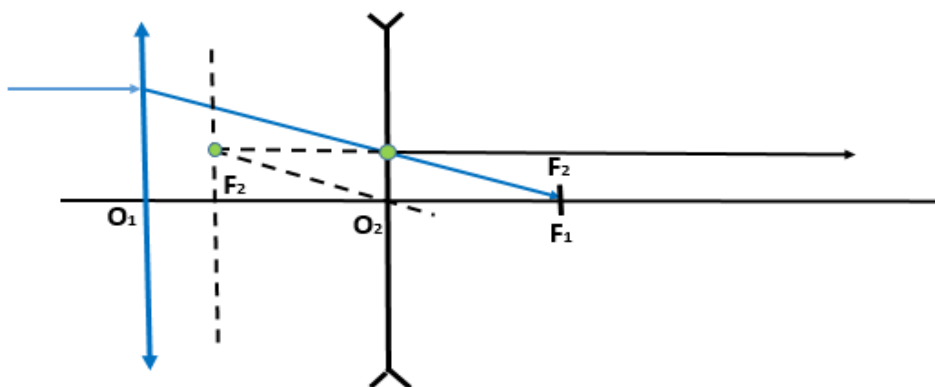
Рассеивающая и собирающая линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 10$ см и $F_2 = 15$ см расположены на расстоянии $L = 30$ см друг от друга. На каком расстоянии r от источника света S находится изображение, даваемое этой системой линз, если расстояние от источника света S до рассеивающей линзы $d_1 = 12$ см? (Алгоритм построения в презентации «Линзы»)



Ответ: $r = d_1 + \frac{d_1 F_1 (l + F_2) + l^2 (d_1 + F_1)}{d_1 F_1 + (d_1 + F_1)(l - F_2)} = 68$ см

Задача 2

На каком расстоянии L друг от друга можно расположить собирающую и рассеивающую линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 10$ см и $F_2 = 6$ см, чтобы параллельный пучок лучей, пройдя сквозь них, остался параллельным? (Алгоритм построения в презентации «Линзы»)



https://drive.google.com/file/d/1zQ1vmWy64GE_nHmuVHPBfnZhqOQ5qCUa/view?usp=sharing

Ответ: $L = F_1 - F_2 = 4$ см

Условия задач из книги «Репетитор по физике» И.Л.Касаткина.

3. Задача

Объектив фотоаппарата состоит из двух линз. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием 50 мм расположена на расстоянии 45 см от пленки. Где должна находиться собирающая линза с фокусным расстоянием 80 мм, чтобы на пленке получались резкие изображения удаленных предметов?

Возможное решение

Если лучи от удаленного предмета (можно считать параллельными) сначала падают на собирающую линзу, а изображение предмета получается на расстоянии f_1 от второй линзы (смотри рисунок а) то $-\frac{1}{F_2-l} + \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{F_1}$, по условию $f_1 = L$, (l -расстояние между линзами; $l < F_2$, поскольку рассеивающая линза может дать действительное изображение только при падении на нее сходящегося пучка лучей), тогда выразим l для случая а, $l = F_2 - \frac{L \cdot F_1}{F_1 + L}$.

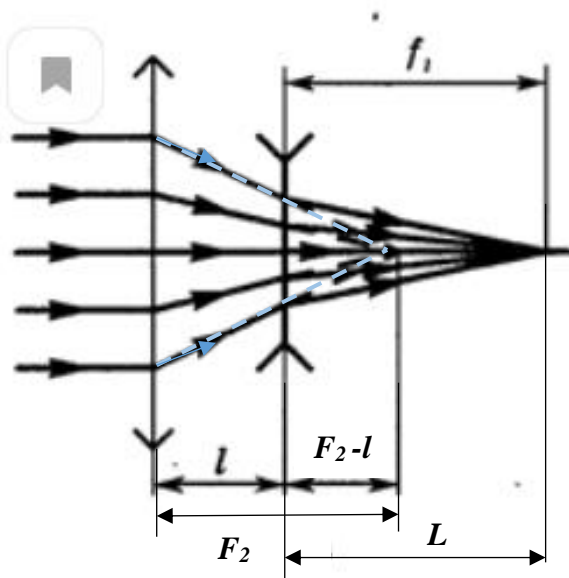


Рисунок а

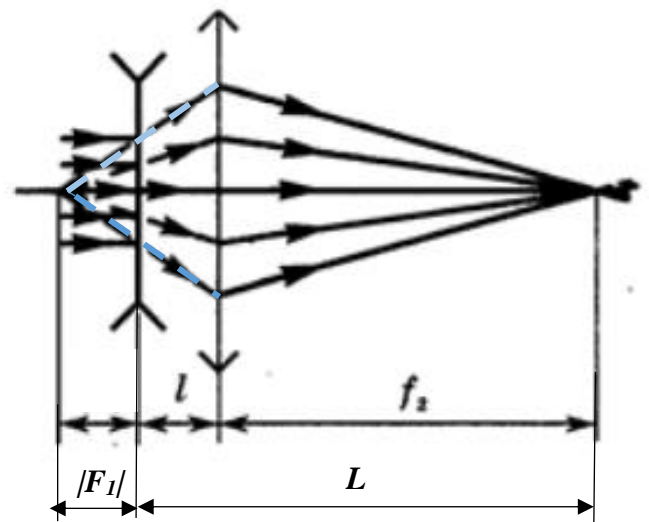


Рисунок б

После перестановки линз изображение предмета получается на расстоянии f_2 от второй линзы (смотри рисунок б), где

$$\frac{1}{F_1 + l} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}$$

Из рисунка $L = f_2 + l$, учтем что $L - l = f_2$, выразим l для случая б

$$l^2 - l(L + F_1) + L(F_2 - F_1) + F_1 F_2 = 0$$

Ответ: для случая а, $l = 3,5$ см, для случая б, $l = 5$ см или $l = 35$ см.