

Лабораторная работа № 90. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОКУСНЫХ РАССТОЯНИЙ И ПОЛОЖЕНИЯ ГЛАВНЫХ ПЛОСКОСТЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Цели работы:

1. Изучение основ построения изображений линзой и оптической системой.
2. Определение фокусного расстояния и положения главных плоскостей линзы и оптической системы.

Приборы и принадлежности:

источник рассеянного света, предмет (стеклянная пластина с рисунком), собирающая и рассеивающая линзы, экран, оптическая скамья с принадлежностями (рейтеры, стойки, кольцевые держатели линз), линейка.

Вопросы и задания для допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Сформулируйте основные законы геометрической оптики.
2. Какие типы линз существуют?
3. Что такое фокус, фокусное расстояние и линейное увеличение линзы?
4. Что такое идеальная оптическая система, ее главные точки и главные плоскости?
5. Укажите правила построения изображения одной и несколькими линзами.
6. Как определить фокусные расстояния и положения главных плоскостей оптической системы (толстой линзы) методом Аббе?
7. Получите формулы Ньютона и Гаусса из рисунка построения изображения линзой.

Задание 1. Определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы

Метод измерений

Из формулы Гаусса [1–6] для линзы в воздухе

$$1/-a + 1/a' = 1/f'$$

получим выражение для фокусного расстояния f' . Учитывая знаки расстояний от линзы до предмета $-a$ и от линзы до изображения a' (рис. 1), получим следующее выражение для f' :

$$f' = -a \cdot a' / (-a + a'). \quad (1)$$

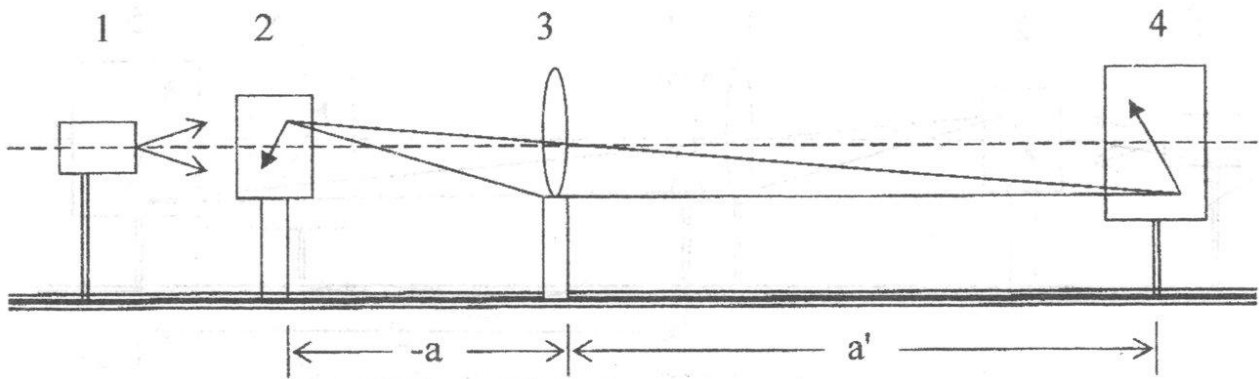


Рис. 1

Порядок выполнения задания 1

1. Используя рейтеры и приспособления, установите на оптической скамье источник рассеянного света 1, предмет 2, собирающую линзу 3, экран 4 (см. рис. 1). Перемещением линзы 3 и экрана 4 получите резкое изображение предмета на экране, измерьте линейкой отрезки $-a$ и a' . Измерения повторите не менее трех раз при разных значениях $-a$ и a' .

2. Подставив в формулу (1) измеренные значения $-a$ и a' , вычислите значение фокусного расстояния f' . Определите среднее значение фокусного расстояния $f'_{\text{ср}}$ и погрешность $\Delta f'$ каждого измерения как величину отклонения f' от среднего значения. Укажите среднеквадратическую погрешность $\Delta f'_{\text{ср кв}}$. Результаты представьте в виде таблицы.

№	$-a$	a'	f'	$\Delta f'$	$f'_{\text{ср}}$	$\Delta f'_{\text{ср кв}}$

Задание 2. Определение фокусного расстояния тонкой рассеивающей линзы

Порядок выполнения задания 2

Фокусное расстояние рассеивающей (отрицательной) линзы определяется с использованием собирающей (положительной) линзы [1, 2].

1. Установите на оптической скамье источник рассеянного света 1, предмет 2, собирающую линзу 3 так, чтобы четкое изображение предмета получилось на экране 5 (рис. 2). После этого, между линзой 3 и экраном 5 установите отрицательную линзу 4, при этом изображение на экране исчезнет. Измерьте расстояние a от отрицательной линзы до экрана 5. Затем, перемещая экран 5, вновь получите на нем резкое изображение предмета, сформированное отрицательной линзой 4. Измерьте получившееся расстояние a' от отрицательной линзы до экрана 5. Измерения повторите не менее трех раз при разных значениях a и a' .

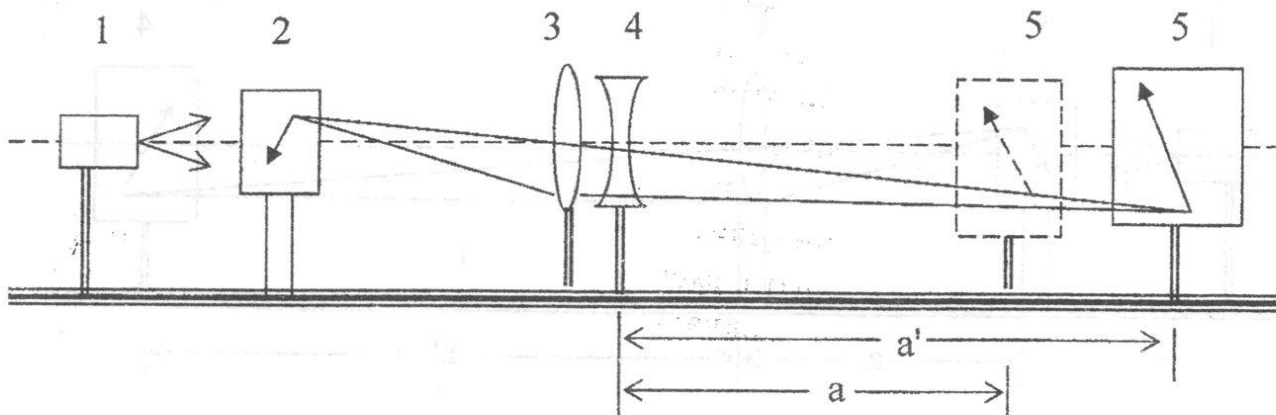


Рис. 2

2. С учетом знаков a и a' , по формуле (1) рассчитайте фокусное расстояние отрицательной линзы f' . Определите среднее значение фокусного расстояния $f'_{\text{ср}}$ и погрешность $\Delta f'$ каждого измерения как величину отклонения f' от среднего значения. Укажите среднеквадратическую погрешность $\Delta f'_{\text{ср кв}}$. Результаты представьте в виде таблицы.

№	a	a'	f'	$\Delta f'$	$f'_{\text{ср}}$	$\Delta f'_{\text{ср кв}}$

Задание 3. Определение фокусного расстояния и положения главных плоскостей оптической системы

Метод измерений

Для определения фокусного расстояния оптической системы (толстой линзы или сложной системы, составленной из нескольких простых тонких линз) способами, описанными выше, требуется знание положения главных плоскостей (рис. 3). Этого не требуется в методе Аббе [1, 2], в котором фокусные расстояния оптической системы определяются по нижеприведенным формулам

$$f' = \Delta' / (1/v_1 - 1/v_2); \quad -f = -\Delta / (1/v_1 - 1/v_2), \quad (2)$$

где $-\Delta$ – смещение предмета; Δ' – смещение изображения; $-v_1$ – линейное увеличение предмета до смещения; $-v_2$ – линейное увеличение предмета после смещения.

Соответствующие положения главных плоскостей равны

$$f' + f'/v_1; \quad -f + -f/v_1. \quad (3)$$

Формулы (2), (3) можно получить из рис. 3 для двух положений предмета 2 и изображения на экране 4.

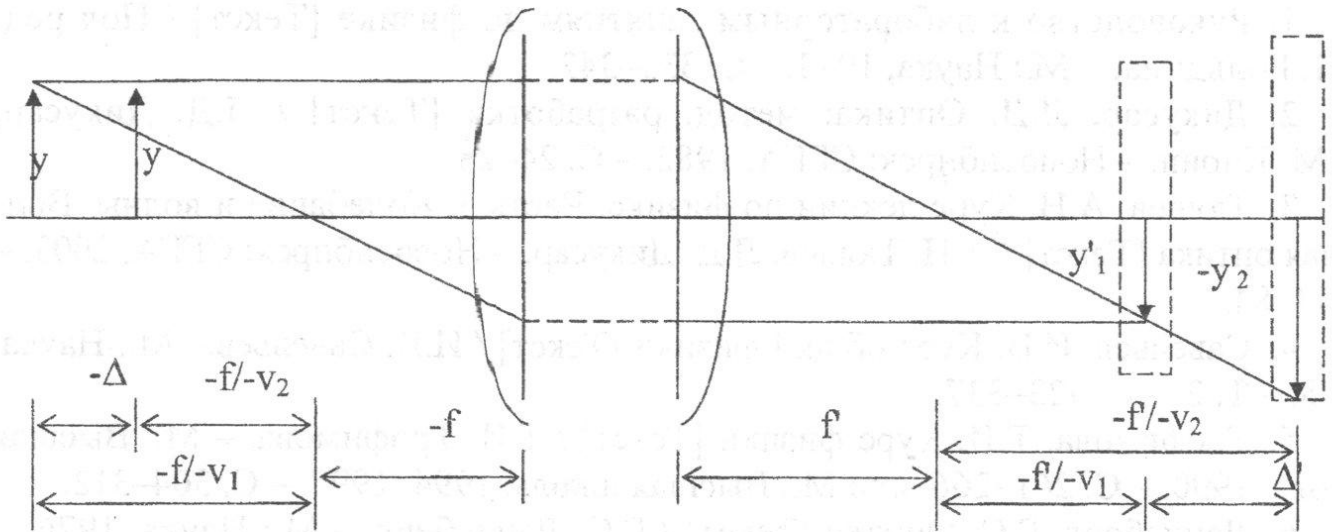


Рис. 3

Порядок выполнения задания 3

1. Получите четкое изображение предмета 2, сформированное оптической системой 3 на экране 4 (рис. 3). Измерьте длину предмета y и длину изображения $-y'_1$. Определите линейное увеличение оптической системы $-v_1 = -y'_1/y$. Отметьте положение предмета 2 и экрана 4.

2. Сместите предмет 2 на величину $-\Delta$. Экран 4 переместите на величину Δ' до получения нового четкого изображения предмета (рис. 3). Измерьте длину нового изображения $-y'_2$. Определите получившееся линейное увеличение $-v_2 = -y'_2/y$ и величины смещений $-\Delta$, Δ' .

3. Определите фокусные расстояния $-f$, f' по формулам (2) и положение главных плоскостей оптической системы по формулам (3). Вычислите средние значения фокусных расстояний $-f_{\text{ср}}$, $f'_{\text{ср}}$ и погрешностей Δf , $\Delta f'$ как величины отклонений $-f$, f' от средних значений. Укажите среднеквадратические погрешности $\Delta f_{\text{ср кв}}$, $\Delta f'_{\text{ср кв}}$. Результаты представьте в виде таблицы.

№	$-\Delta$	Δ'	$-v_1$	$-v_2$	$-f$	f'	$-f_{\text{ср}}$	$\Delta f_{\text{ср кв}}$	$f'_{\text{ср}}$	$\Delta f'_{\text{ср кв}}$

Проанализируйте результаты работы, сформулируйте выводы и оформите в виде отчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство к лабораторным занятиям по физике [Текст] / Под ред. Л.Л. Гольдина. – М.: Наука, 1973. – С. 335–342.
2. Дикусар, Л.Д. Оптика: метод. разработки [Текст] / Л.Д. Дикусар, Ю.М. Кирин. – Новосибирск: СГГА, 1982. – С. 24–28.
3. Тюшев, А.Н. Курс лекций по физике. Часть 3. Колебания и волны. Волновая оптика [Текст] / А.Н. Тюшев, Л.Д. Дикусар. – Новосибирск: СГГА, 2003. – С. 71–84.
4. Савельев, И.В. Курс общей физики [Текст] / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1978. – Т. 2. – С. 323–337.
5. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст] / Т.И. Трофимова. – М.: Высшая школа, 1990. – С. 261–266. или М.: Высшая школа, 1994, 1997. – С. 304–312.
6. Ландсберг, Г.С. Оптика [Текст] / Г.С. Ландсберг. – М.: Наука, 1976. – С. 272–318.