

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.1.1

Оптические системы

Б03-102

Куланов Александр

Долгопрудный, 2023 г.

- **Цель работы:** Изучение различных оптических систем
- **В работе используются:** оптическая скамья с набором рейтеров, положительные и отрицательные линзы, экран, осветитель, зрительная труба, светофильтры, кольцевые диафрагмы.

1 Теоретические сведения

1.1 Определения фокусных расстояний по формуле тонкой линзы

В настоящей работе пользуемся приближением, что линзы тонкие (что в общем-то не так). Для тонкой линзы справедливо:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}, \quad (1)$$

где a - расстояние до предмета, b - расстояние до изображения, f - фокусное расстояние линзы.

1.2 Определения фокусных расстояний с помощью зрительной трубы

Настроим зрительную трубу на бесконечность. Тогда при помещении линзы на расстоянии от источника, равном фокусному, в зрительной трубе можно видеть четкое изображение. Такой метод годится только для положительной линзы. Чтобы найти фокус отрицательной линзы, нужно чтобы расстояние a совпало с модулем фокусного расстояния этой отрицательной линзы (рис. 1)

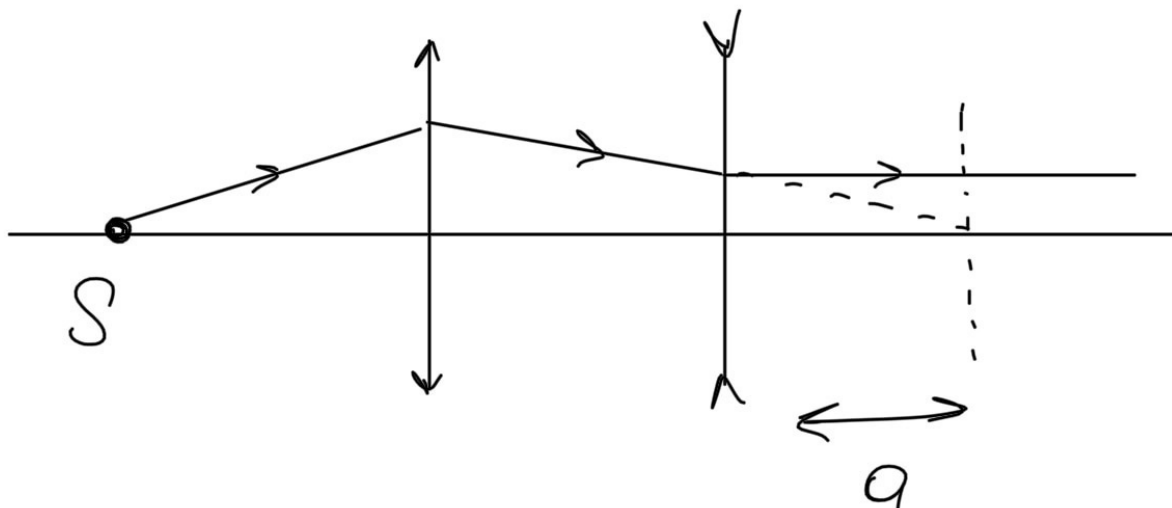


Рис. 1: Ход лучей в системе с отрицательной линзой

1.3 Определения фокусных расстояний с помощью метода Бесселя

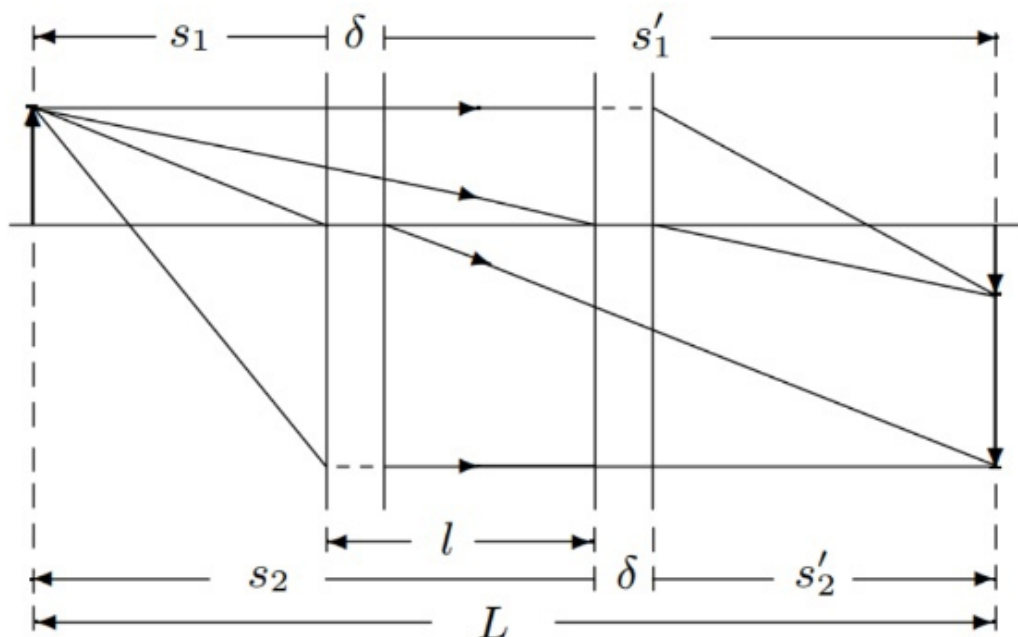


Рис. 2: Схема Бесселя

Для метода Бесселя имеем уравнение:

$$-\frac{1}{s} + \frac{1}{L - \delta + s} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

При $L > 4f + \delta$ решения этого уравнения s_1, s_2 показаны на рис. 2. С учетом симметрии $L - \delta = s'_1 - s_1, l = -s_2 + s_1 = s_1 + s'_1$. Откуда

$$f = \frac{(L - \delta)^2 - l^2}{4(L - \delta)} \quad (3)$$

1.4 Моделирование телескопа

Соберём телескоп из двух собирающих линз. Третью линзу поставим перед телескопом, чтобы получить параллельный пучок света.

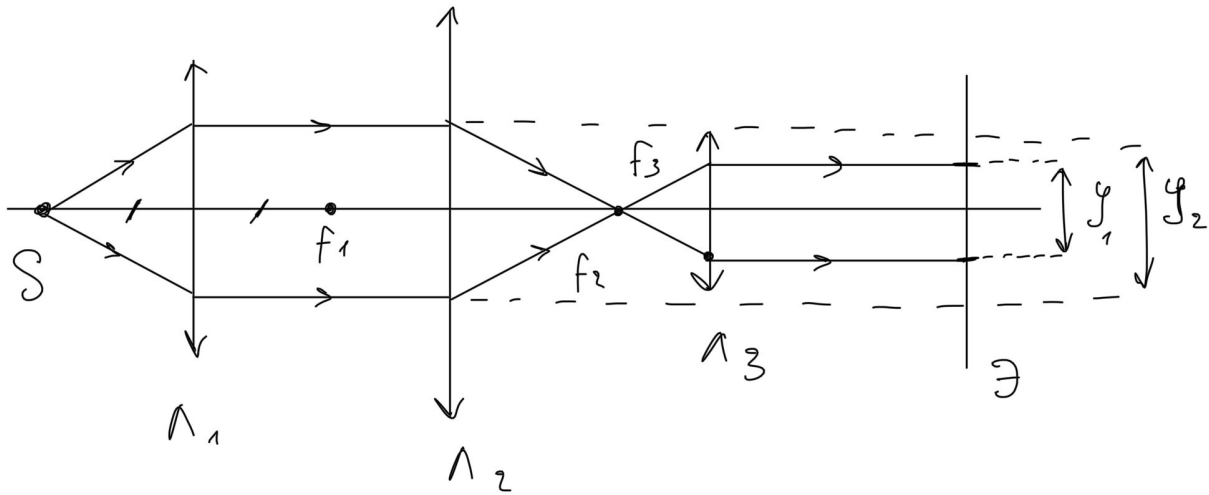


Рис. 3: Схема телескопа

В работе интересно проверить соотношение:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{f_2}{f_3} \quad (4)$$

2 Обработка результатов

2.1 Определения фокусных расстояний по формуле тонкой линзы

Для двух собирающих линз проведем серию экспериментов, меняя каждый раз a и b . Построим графики зависимости $1/a$ от $1/b$. Тогда обратная величина коэффициента наклона будет фокусным расстоянием.

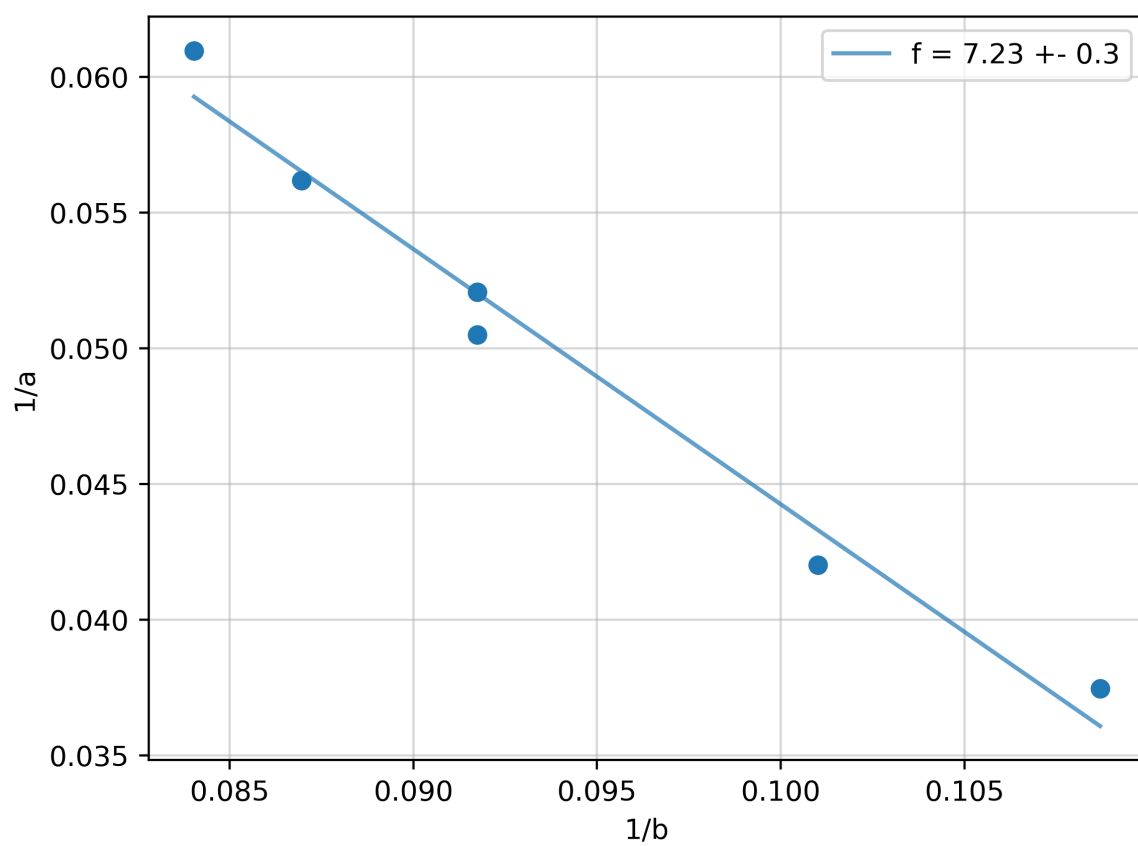


Рис. 4: $f(1/a)$

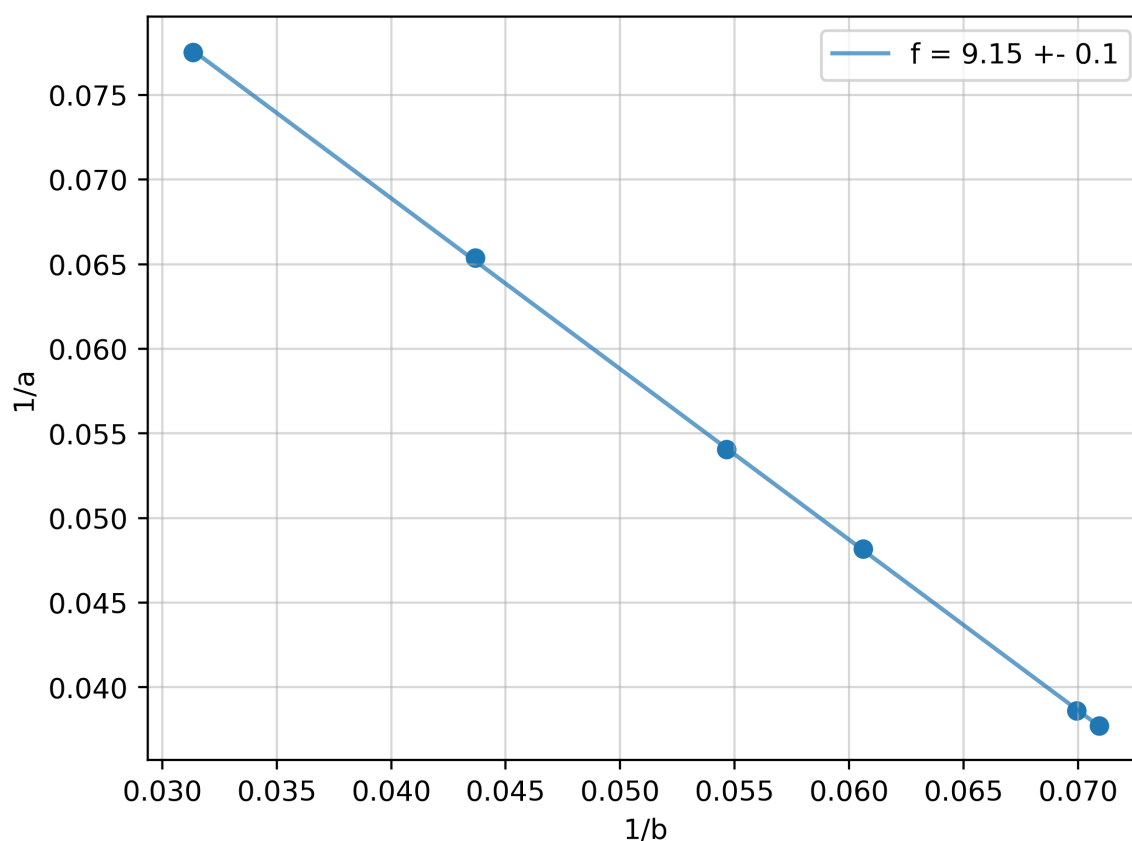


Рис. 5: $f(1/a)$

Имеем:

$$f_1 = (7, 23 \pm 0, 6) \text{ см}, f_2 = (9, 15 \pm 0, 3) \text{ см}$$

2.2 Определения фокусных расстояний с помощью зрительной трубы

В данной части работы получаем следующие результаты:

$$f_1 = (7, 7 \pm 0, 2) \text{ см}, f_2 = (9, 3 \pm 0, 2) \text{ см}$$

Для отрицательной линзы имеем:

$$f_3 = (8, 1 \pm 0, 3) \text{ см},$$

2.3 Определения фокусных расстояний с помощью метода Бесселя

Решая систему уравнений на f и δ , получаем:

$$f_2 = (8, 9 \pm 0, 5) \text{ см}, \delta = (0, 9 \pm 0, 07)$$

2.4 Моделирование телескопа

Получаем:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{17}{5} = 3,4$$

$$\frac{f_3}{f_2} = \frac{34,8}{9,2} \approx 3,7$$

Как можно видеть, относительная погрешность составляет около 9%

3 Выводы

Приведем сводную таблицу для всех измерений:

	Форм. тонк. л.	Зрит. Труба	Мет. Бесселя
Линза, №	f, см		
1	$7,23 \pm 0,6$	$7,7 \pm 0,2$	-
2	$9,15 \pm 0,3$	$9,3 \pm 0,2$	$8,9 \pm 0,5$
3	-	$8,1 \pm 0,2$	-

Таблица 1: Сводная таблица

Полученные значения совпадают в пределах погрешности. Но стоит сказать, что самым точным методом является метод со зрительной трубой, так как он не дает косвенных погрешностей.