

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.1.1

Изучение центрированных оптических систем

Пилюгин Л. С.  
Б02-212  
10 февраля 2024 г.

# 1 Аннотация

**Цель работы:** Изучение свойств оптических систем: определение фокусных расстояний линз, определение фокусных расстояний и положения главной и фокальной плоскостей сложной оптической системы.

**Оборудование:** оптическая скамья с набором рейтеров, положительные и отрицательные линзы, экран, осветитель с ирисовой диафрагмой и стрелкой, зрительная труба, светофильтры, кольцевые диафрагмы, линейка.

## 2 Оборудование

Оптическая скамья с осветителем, набор линз, экран и зрительная труба позволяют определить параметры оптических систем всеми описанными способами. Все оптические элементы устанавливаются на скамье при помощи рейтеров. Предметом служит транспарант с изображением вертикальной стрелки  $l = 2$  см, закрепленный на стекле осветителя. Ирисовая диафрагма позволяет менять величину поля зрения. Яркость зрения регулируется ручкой трансформатора осветителя.

Важную роль играет правильная центровка элементов. Проходя через плохо отцентрированную систему, лучи света могут отклониться и пройти мимо экрана или глаза наблюдателя. Центрировать линзы следует как по высоте, так и в поперечном сечении.

## 3 Результаты измерений

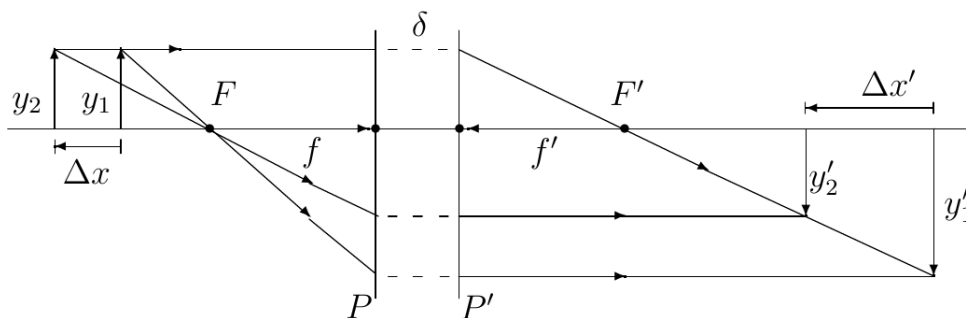
### 3.1 Центровка элементов оптической системы

| Линза                    | 1             | 2              | 3              | 4              |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Приблизительное $F$ , см | 5 – 7         | 15             | 20             | рассеивающая   |
| $F$ , см                 | $7,7 \pm 0,1$ | $14,3 \pm 0,1$ | $19,5 \pm 0,1$ | $-8,5 \pm 1,4$ |

Для грубого определения фокусного расстояния получали изображение от лампы на поверхности стола и измеряли расстояние от линзы до поверхности. Та, которая не дала изображения — рассеивающая.

Для более точного определения фокусных расстояний поместили линзу 1 так, чтобы она создавала параллельный пучок от источника (диафрагму почти полностью закрыли) и создавая точку на экране. Расстояние от линзы до экрана — фокусное.

### 3.2 Определение фокусных расстояний при помощи экрана



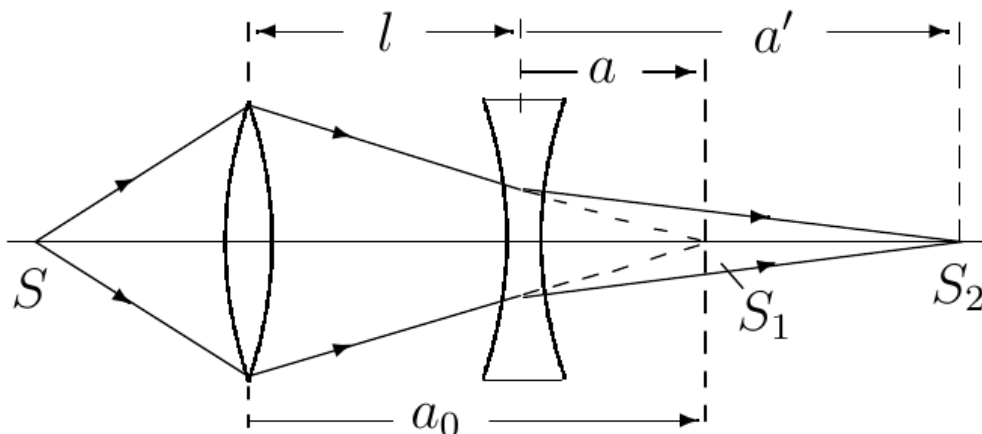
Определим фокусное расстояние 1 линзы методом Аббе.  $y_1 = y_2 = 2,0 \pm 0,05$  см.

|                           | 1    | 2    |
|---------------------------|------|------|
| $f, \pm 0,5 \text{ см}$   | 17   | 42,5 |
| $d, \pm 0,5 \text{ см}$   | 12,5 | 9,5  |
| $y', \pm 0,05 \text{ см}$ | 2,7  | 8,9  |

$$\Delta x = d_2 - d_1 = -3 \pm 1 \text{ см} \quad \Delta x' = f_2 - f_1 = 25 \pm 1 \text{ см} \quad F_1 = \frac{\Delta x}{y_1/y'_1 - y_2/y'_2} = 5 \pm 2 \text{ см}$$

$$F_2 = \frac{\Delta x'}{y'_1/y_1 - y'_2/y_2} = 8,0 \pm 0,4 \text{ см.}$$

Полученные фокусные расстояния для первой линзы заметно отличаются друг от друга. Это может быть связано с неточностями в измерении расстояний от предмета до линзы и от линзы до изображения.



Для определения фокусного расстояния рассеивающей линзы соберем схему, изображенную на рисунке.  $a_0 = 44,5 \pm 0,5 \text{ см}$ ,  $a' = 19,5 \pm 0,5 \text{ см}$ ,  $l = 38,5 \pm 0,5 \text{ см}$ .

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{a_0 - l} + \frac{1}{a'}$$

$$F = -8,5 \pm 1,4 \text{ см}$$

### 3.3 Определение фокусного расстояния и положения главных и фокальных плоскостей сложной оптической системы

$l_{12} = 5 \pm 0,1 \text{ см}$ ,  $l_2 = 3,5 \pm 0,1 \text{ см}$ ,  $l_1 = 10,3 \pm 0,1 \text{ см}$ ,  $y'_1 = 5,0 \pm 0,1 \text{ см}$ ,  $y'_2 = 1,4 \pm 0,1 \text{ см}$ ,  $x_1 = 25,5 \pm 0,1 \text{ см}$ ,  $x_2 = 13,4 \pm 0,1 \text{ см}$ .

$$\Delta x = -6,8 \pm 0,2 \text{ см}, \quad \Delta x' = -12,1 \pm 0,2 \text{ см.}$$

$$F_1 = \frac{\Delta x}{y_1/y'_1 - y_2/y'_2} = 6,6 \pm 0,4 \text{ см}$$

$$F_2 = \frac{\Delta x'}{y'_2/y_2 - y'_1/y_1} = 6,7 \pm 0,4 \text{ см}$$

$$\frac{1}{F_3} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{l_{12}}{F_1 F_2}$$

$$F_3 = 6,5 \pm 0,2 \text{ см}$$

Пункт 14 выполнялся для линз 2 и 3, т.к. линзы 1 и 2 давали слишком большую оптическую силу.  $x_1 = 6 \pm 0,1 \text{ см}$ . В обратную сторону пустить луч не получилось из-за выступающего винта регулировки линзы 3.

## 4 Вывод

Несколькими способами были определены фокусных расстояний линз и положения главной и фокальной плоскостей. Использовались метод проецирования на экран, метод Аббе, метод оптической трубы и метод построения. Результаты более-менее согласуются между собой.