

---

**ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4.01**  
**"Определение фокусного расстояния линз методом Бесселя"**

---

Группа: В3203

Студент:

Ганиева Ирина

Преподаватель:

Сидельников Арсений Артурович

К работе допущен:

Работа выполнена:

Отчет принят:

## 1 Цель работы

- Определение фокусных расстояний положительной и отрицательной линз с помощью метода Бесселя

## 2 Задачи

- Определение положение линз, которое соответствуют уменьшенному и увеличенному изображению предмета
- Вычислить фокусное расстояние положительной и отрицательной линзы

## 3 Объект исследования

Положительная и отрицательная линзы

## 4 Метод исследования

Метод Бесселя

## 5 Рабочие формулы и исходные данные

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_1} \quad (1)$$

$$f = \frac{L^2 - A^2}{4L} \quad (2)$$

$$\frac{1}{f_{\text{сист}}} = \frac{1}{f_{\text{пол}}} + \frac{1}{f_{\text{отр}}} \quad (3)$$

$f$  - главное фокусное расстояние тонкой линзы  
 $a_1$  - расстояние от линзы до предмета  
 $a_2$  - расстояние от линзы до изображения  
 $L$  - расстояние от предмета до экрана  
 $A$  - расстояние между двумя положениями линзы  
 $f_{\text{сист}}$  - фокусное расстояние системы линз  
 $f_{\text{пол}}$  - фокусное расстояние положительной линзы  
 $f_{\text{отр}}$  - фокусное расстояние отрицательной линзы

## 6 Измерительные приборы

| Наименование | Тип прибора  | Диапазон измерений | Погрешность |
|--------------|--------------|--------------------|-------------|
| Линейка      | механический | 0-1.2 м            | 1 мм        |

## 7 Экспериментальная установка

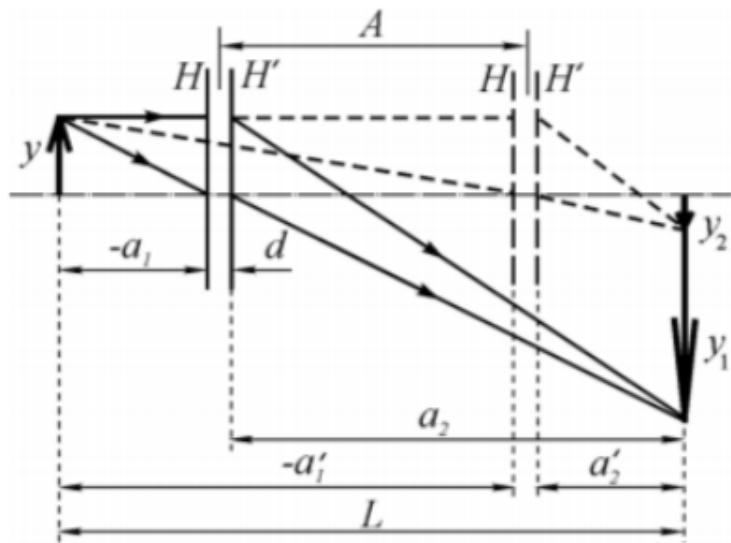


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

## 8 Результаты прямых измерений и их обработки

| № опыта | $x_1$ , см | $\langle x_1 \rangle$ , см | $x_2$ , см | $\langle x_2 \rangle$ , см | $A_{\text{сист1}}$ , см |
|---------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|
| 1       | 19.8       |                            | 97.45      |                            |                         |
| 2       | 20         | 19.93                      | 97.3       | 97.42                      | 77.48                   |
| 3       | 20         |                            | 97.5       |                            |                         |

Таблица 1: Для системы линз,  $L_1 = 110$  см

| № опыта | $x_1$ , см | $\langle x_1 \rangle$ , см | $x_2$ , см | $\langle x_2 \rangle$ , см | $A_{\text{пол1}}$ , см |
|---------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------------------|
| 1       | 17         |                            | 102.5      |                            |                        |
| 2       | 17.1       | 17.07                      | 102.5      | 102.55                     | 85.48                  |
| 3       | 17.1       |                            | 102.65     |                            |                        |

Таблица 2: Для положительной линзы,  $L_1 = 110$  см

| № опыта | $x_1$ , см | $\langle x_1 \rangle$ , см | $x_2$ , см | $\langle x_2 \rangle$ , см | $A_{\text{сист2}}$ , см |
|---------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|
| 1       | 20.5       |                            | 77         |                            |                         |
| 2       | 20.4       | 20.5                       | 77.1       | 77.03                      | 56.53                   |
| 3       | 20.6       |                            | 77         |                            |                         |

Таблица 3: Для системы линз,  $L_2 = 90$  см

| № опыта | $x_1$ , см | $\langle x_1 \rangle$ , см | $x_2$ , см | $\langle x_2 \rangle$ , см | $A_{\text{пол2}}$ , см |
|---------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------------------|
| 1       | 17.3       |                            | 82.45      |                            |                        |
| 2       | 17.2       | 17.25                      | 82.5       | 82.45                      | 65.2                   |
| 3       | 17.25      |                            | 82.4       |                            |                        |

Таблица 4: Для положительной линзы,  $L_2 = 90$  см

## 9 Расчет косвенных измерений

$$f_{\text{полож1}} = \frac{102.55 \cdot 7.45}{102.55 - 7.45} = 8.03 \text{ см}$$

$$f_{\text{полож2}} = \frac{82.45 \cdot 7.55}{82.45 - 7.55} = 8.31 \text{ см}$$

$$f_{\text{сист1}} = \frac{110^2 - 77.48^2}{4 \cdot 110} = 13.86 \text{ см}$$

$$f_{\text{сист2}} = \frac{90^2 - 56.53^2}{4 \cdot 90} = 13.6 \text{ см}$$

$$f_{\text{отриц1}} = \frac{f_{\text{сист1}} \cdot f_{\text{пол1}}}{f_{\text{пол1}} - f_{\text{сист1}}} = -19.12 \text{ см}$$

$$f_{\text{отриц2}} = \frac{f_{\text{сист2}} \cdot f_{\text{пол2}}}{f_{\text{пол2}} - f_{\text{сист2}}} = -21.3 \text{ см}$$

## 10 Расчет погрешностей измерений

$$\Delta L, \Delta x_1, \Delta x_2 = 0.1 \text{ см}$$

$$\Delta A_{\text{сист1}} = \sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2} = 0.14 \text{ см}$$

$$\Delta f_{\text{сист1}} = \sqrt{\left(\frac{A_{\text{сист1}}}{2L_1}\Delta A_{\text{сист1}}\right)^2 + \left(\frac{4L_1^2 + A_{\text{сист1}}^2}{4L_1^2}\Delta L_1\right)^2} = 0.12 \text{ см}$$

$$\Delta f_{\text{пол1}} = \sqrt{\left(\frac{a_1^2}{(a_1 - a_2)^2}\Delta a_2\right)^2 + \left(\frac{a_2^2}{(a_1 - a_2)^2}\Delta a_1\right)^2} = 0.12 \text{ см}$$

$$\Delta f_{\text{отр1}} = \sqrt{\left(\frac{f_{\text{пол1}}^2}{(f_{\text{пол1}} - f_{\text{сист1}})^2}\Delta f_{\text{сист1}}\right)^2 + \left(\frac{f_{\text{сист1}}^2}{(f_{\text{пол1}} - f_{\text{сист1}})^2}\Delta f_{\text{пол1}}\right)^2} = 0.7 \text{ см}$$

## 11 Окончательные результаты

$$f_{\text{пол1}} = (80.3 \pm 1.2) \text{ мм}$$

$$f_{\text{сист1}} = (138.6 \pm 1.2) \text{ мм}$$

$$f_{\text{отр1}} = (-191 \pm 7) \text{ мм}$$

## 12 Выводы и анализ результатов работы

В ходе работы были определены положения линз, соответствующие уменьшенному и увеличенному изображениям предмета. Удалось определить фокусные расстояния положительной линзы, системы из положительной и отрицательной линзы методом Бесселя и с помощью этого вычислить фокусное расстояние отрицательной линзы. Большое значение абсолютной погрешности говорит о неточном проведении измерений, так как определение чёткости уменьшенного изображения, было затрудительно, из-за мелкости изображения.