

Лабораторная работа 4.1.2. Моделирование оптических приборов и определение их увеличения.

Радькин Кирилл, Б01-005

21.05.22

В работе используются: оптическая скамья, набор линз, экран, осветитель со шкалой, зрительная труба, диафрагма, линейка.

Теоретическая справка:

- Формула для расчета фокусного расстояния рассеивающей линзы с помощью зрительной трубы

$$f = l - a_0 \quad (1)$$

где l — расстояние между линзами, a_0 — расстояние между собирающей (вспомогательной) линзы.

- Формула для расчета увеличения:

$$N = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{h_2}{h_1} \quad (2)$$

где f_1, f_2 — фокусные расстояния соответствующих линз (зависит от установки), h_1 — размер изображения одного миллиметра шкалы осветителя в делениях окулярной шкалы зрительной трубы, h_2 — размер изображения миллиметрового деления шкалы осветителя в делениях окулярной шкалы трубы (после прохождения оптического прибора).

- Необходимый интервал Δ (для микроскопа):

$$N_M = N_1 \cdot N_2 = \frac{\Delta}{f_1} \frac{L}{f_2} \quad (3)$$

где f_1, f_2 — фокусные расстояния соответствующих линз, $L = 25$ см — расстояние наилучшего зрения, N_M — увеличение микроскопа.

- Длина тубуса микроскопа:

$$l_{12} = \Delta + f_1 + f_2 \quad (4)$$

- Увеличение микроскопа:

$$N_M = \frac{h_2}{h_1} \frac{L}{f} \quad (5)$$

Ход работы:

- Центрировка элементов оптической системы

1. Определим, какие линзы из набора собирающие, а какие — рассеивающие. В нашем случае линзы 1, 2, 3, 4 — собирающие, линза 5 — рассеивающая. Оценим на глаз фокусные расстояния некоторых линз.

Номер линзы	1	2	3
f , см	8.0 ± 0.1	9.4 ± 0.1	16.0 ± 0.1

2. Центрируем систему

- Определение фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы

1. Настроим трубу на бесконечность. Установим линзу на расстоянии от предмета примерно равном фокусному. Разместим трубу на небольшом расстоянии от линзы. Передвигая линзу вдоль скамьи, получим в окуляре трубы изображение, при этом расстояние между предметом и серединой тонкой линзы равно фокусному.

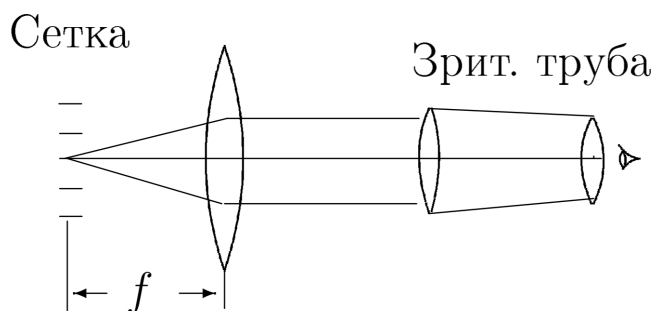


Рис. 1. Определение фокусного расстояния собирающей линзы

2. Запишем измеренные фокусные расстояния для собирающих линз

Номер линзы	1	2	3	4
f , см	7.5 ± 0.5	8.5 ± 0.5	16.0 ± 0.5	31.0 ± 0.5

3. Для определения фокусного расстояния рассеивающей линзы сначала получим увеличенное изображение сетки с помощью одной короткофокусной линзы ($f = 8.5$ см). Измерим расстояние между линзой и экраном: $a_0 = 40.5 \pm 0.5$ см. Разместим сразу за экраном трубу, уберем экран и, перемещая рассеивающую линзу, найдем в окуляре трубы изображение сетки. Измерим расстояние между линзами $l = 36.0 \pm 0.5$ см. Таким образом получаем $f_5 = -4.5 \pm 0.5$ см.

- Телескоп Кеплера

1. Выберем две собирающие линзы (под номерами 2 и 1) для создания модели трубы Кеплера. В качестве коллиматора используем линзу 3.
2. Определим размер изображения одного миллиметра шкалы осветителя в делениях окулярной шкалы зрительной трубы: $h_1 = 11$ см
3. Соберем модель телескопа. Слегка перемещая окуляр модели, получим изображение миллиметровой сетки в окуляре трубы.
4. Измерим расстояние между объективом и окуляром: $L = 17 \pm 0.5$ см. Примерно совпадает с суммой фокусных расстояний (16 см).

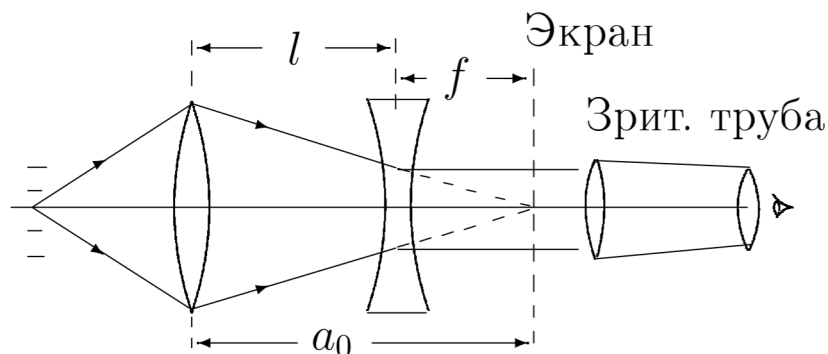


Рис. 2. Определение фокусного расстояние рассеивающей линзы

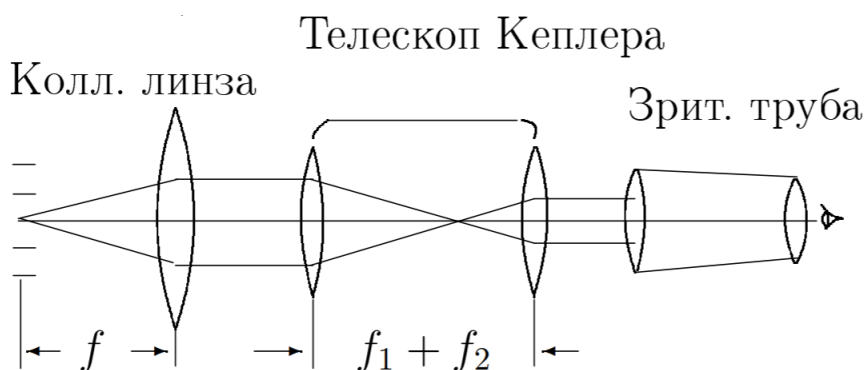


Рис. 3. Модель телескопа Кеплера

5. Рассчитаем увеличение полученной модели через отношение фокусных расстояний и через размер изображения (используя формулу 2), равный $h_2 = 15$ делений.

$$N_T = \frac{f_1}{f_2} = 1.1 \pm 0.1$$

$$N_T = \frac{h_1}{h_2} = 1.5 \pm 0.2$$

- Труба Галилея

1. Труба Галилея имеет такую же схему, как и телескоп Кеплера, только вместо собирающей окулярной линзы поставить рассеивающую на расстоянии от объекта, равном разности фокусов объектива и окуляра.
2. Далее все измерения аналогичны телескопу Кеплера. $h_2 = 50$ дел.

$$N_T = \frac{f_1}{f_2} = 6.9 \pm 0.1$$

$$N_T = \frac{h_1}{h_2} = 4.6 \pm 0.2$$

- Модель микроскопа

1. Для создания модели микроскопа используем линзы 1 и 2. Рассчитаем необходимый интервал и длину тубуса по формулам 3 и 4. $\Delta = 12.8 \pm 1.1$ см, $l_{12} = 28.8 \pm 2.1$ см.

2. Расположим объектив и окуляр на соответствующем расстоянии l_{12} друг от друга. Сфокусируем модель микроскопа на сетку осветителя.
3. Расположим за окуляром модели зрительную трубу, настроенную на бесконечность. Перемещая осветитель, получим изображение миллиметровой сетки.
4. Измерим $h_2 = 35$ делений
5. Используя результат аналогичных измерений с коллиматорной линзой, фокусное расстояние $f = 16$ см известно, рассчитаем увеличение микроскопа по формуле 5: $N_M = 4.9 \pm 0.1$
6. Сравним его с теоретическим расчетом по формуле 3: $N_M = 5$