

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ
И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 4.1.2

Моделирование оптических приборов и определение их увеличения

выполнил студент 2 курса
группы Б04-006
Белостоцкий Артемий

Долгопрудный, 2021 г.

Цель работы

Изучить модели зрительных труб (астрономической трубы Кеплера и земной трубы Галилея) и микроскопа, определить их увеличения.

В работе используются

- оптическая скамья
- набор линз
- экран
- осветитель со шкалой
- зрительная труба
- диафрагма
- линейка

Ход работы

Определение фокусных расстояний линз

Центрируем оптическую систему. Настроим зрительную трубу на бесконечность. Установим собирающую линзу на расстоянии от сетки примерно равном фокусному. На небольшом расстоянии от линзы закрепим трубу и отцентрируем по высоте.

Передвигая линзу вдоль скамьи, получим в окуляре зрительной трубы изображение миллиметровой сетки. При этом расстояние между сеткой и серединой линзы равно фокусному.

Повернем линзу другой стороной к источнику и повторим измерения фокусного расстояния. Занесем полученные данные в Таблицу 1.

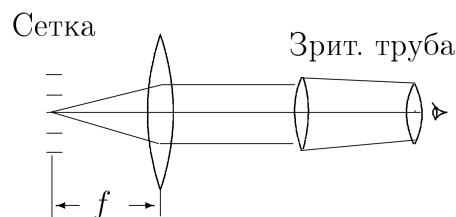


Рис. 1: Определение фокусного расстояния собирающих линз

Таблица 1: Значения фокусных расстояний для собирающих линз

Линза	f , см	$f_{\text{обр}}$, см
№1	8,3	8,2
№2	10,3	10,2
№3	19,5	19,5
№4	32	31

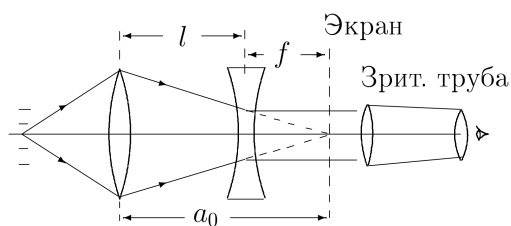


Рис. 2: Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы

фокусное расстояние рассеивающей линзы $f = l - a_0$. Перевернем рассеивающую линзы другой стороной к источнику и повторим измерения. Полученные данные занесем в Таблицу 2.

Таблица 2: Значения фокусных расстояний для рассеивающих линз

Линза	l , см	$l_{\text{обр}}$, см	f , см	$f_{\text{обр}}$, см
№5	22	20,5	9	10,5

Сделаем вывод о тонкости линз. Так как для линз №1 - №3: $f - f_{\text{обр}} \sim \sigma_f = 0,1$ см – погрешность линейки, эти линзы можно считать тонкими.

Телескоп Кеплера

Соберем модель телескопа: линза с максимальным фокусным расстоянием – объектив модели – расположим вплотную к линзе коллиматора, окуляр – на расстоянии, примерно равном сумме фокусных расстояний обеих линз телескопа.

Закрепим зрительную трубу за окуляром модели и отцентрируем световое пятно. Перемещая окуляр вдоль оптической скамьи получим изображение миллиметровой сетки в окуляре трубы.

Рассчитаем увеличение исследуемой модели телескопа по формуле:

$$N_{T1} = \frac{f_1}{f_2} \approx 3,86 \pm 0,05$$

, где $f_1 = 32$ см; $f_2 = 8,3$ см.

Определим размер изображения h_1 – одного миллиметра шкалы осветителя в делениях окулярной шкалы зрительной трубы (без телескопа) и h_2 – аналогичный размер с телескопом. Тогда:

$$N_{T2} = \frac{h_2}{h_1} \approx 3,89 \pm 0,45$$

, где $h_1 = 9$ дел; $h_2 = 35$ дел.

Погрешности рассчитывались по формулам:

$$\sigma_{N_{T1}} = N_{T1} \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{f_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{f_2}\right)^2}$$

$$\sigma_{N_{T2}} = N_{T2} \sqrt{\left(\frac{\sigma_h}{h_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h_2}\right)^2}, \sigma_h = 1 \text{ дел}$$

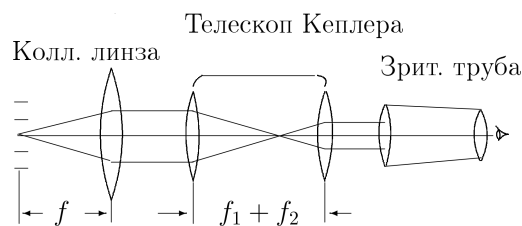


Рис. 3: Модель телескопа

Труба Галилея

Вместо собирающей окулярной линзы поставим рассеивающую на расстоянии от объектива, равном разности фокусов объектива и окуляра. Дальнейшие измерения выполним аналогично телескопу Кеплера.

$$N_{Г1} = \frac{f_1}{f_2} \approx 3,56 \pm 0,04$$

, где $f_1 = 32$ см; $f_2 = 9$ см.

$$N_{Г2} = \frac{h_2}{h_1} \approx 3,67 \pm 0,42$$

, где $h_1 = 9$ дел; $h_2 = 33$ дел.

Модель микроскопа

Отберем самые короткофокусные линзы ($f_1 = 8,3$ см; $f_2 = 10,3$ см), расположим объектив и окуляр на расстоянии $l_{12} = 35$ см (подбираем так, чтобы увеличение было примерно равно 5) друг от друга. Сфокусируем модель микроскопа на сетке.

Получим изображение сетки на окуляре зрительной трубки. Измерим величину изображения h_2 миллиметрового деления предметной шкалы. Рассчитаем увеличение микроскопа двумя способами:

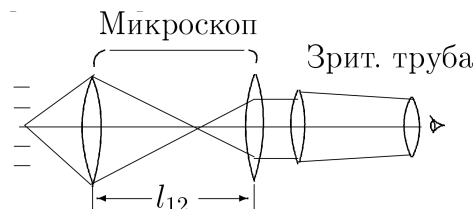


Рис. 4: Модель микроскопа

$$N_{M1} = \frac{(l_{12} - f_1 - f_2)L}{f_1 f_2} \approx 4,80$$

$$N_{M2} = \frac{h_2 L}{h_1 f_2} \approx 4,69 \pm 0,34$$

, где $L = 25$ см, $h_1 = 16$ дел; $h_2 = 30$ дел

Погрешности рассчитывались по формулам:

$$\sigma_{N_{M2}} = N_{M2} \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{L}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h_2}\right)^2}$$

Выводы

1. В результате работы, несколькими способами были получены увеличения оптических приборов.
2. Для всех приборов увеличения, рассчитанные разными способами совпадают в пределах погрешности.