

Работа 4.4.2

Моделирование оптических приборов и определение их увеличения

Малиновский Владимир

galqiwi@galqiwi.ru

Цель работы: Определить фокусные расстояния собирающих и рассеивающих линз, смоделировать ход лучей в трубе Галилея, трубе Кеплера и микроскопе, определить их увеличение.

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

Определение фокусных расстояний линз с помощью зрительной трубы

Определение фокусного расстояния собирающих линз

1. Настроим зрительную трубу на бесконечность
2. Поставим положительную линзу на расстоянии от предмета примерно равном фокусному. На небольшом расстоянии от линзы закрепим трубу, настроенную на бесконечность, и отцентрируем её по высоте. Диафрагма диаметром $d = 1$ см, надетая на ближнюю к осветителю линзу, уменьшит сферические aberrации и повысит чёткость изображения.

Передвигая линзу вдоль скамьи, получим в окуляре зрительной трубы изображение предмета — миллиметровой сетки. При этом расстояние между предметом и серединой тонкой линзы (между проточками на оправках) равно фокусному.

3. Результаты измерения фокусных расстояний собирающих линз:

$$f_1 = 11 \text{ см} \quad f_2 = 7.5 \text{ см} \quad f_3 = 25 \text{ см}$$

Определение фокусного расстояния рассеивающих линз

1. Для определения фокусного расстояния тонкой отрицательной линзы сначала получим на экране увеличенное изображение сетки при помощи одной короткофокусной положительной линзы. Измерьте расстояние между линзой и экраном $a_0 = 30$ см.
2. Разместите сразу за экраном трубу, настроенную на бесконечность, и закрепите её. Уберите экран и поставьте на его место исследуемую рассеивающую линзу (рис. 8). Перемещая рассеивающую линзу, найдите в окуляре зрительной трубы резкое изображение сетки.

Измерив расстояние между линзами l , рассчитайте фокусное расстояние рассеивающей линзы $f = a_0 - l$.

3. Результаты измерения фокусного расстояния рассеивающих линз:

$$f_1 = 2 \text{ см} \quad f_2 = 14 \text{ см}$$

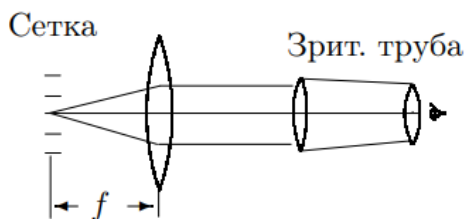


Рис. 1: Определение фокусного расстояния собирающей линзы

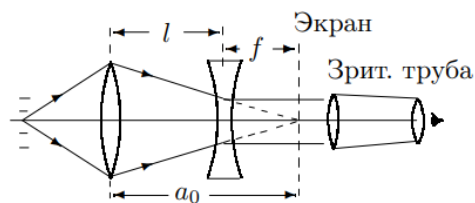


Рис. 2: Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы

Моделирование трубы Кеплера

1. Рассмотрим ход лучей в трубе Кеплера и найдём увеличение данной оптической системы:

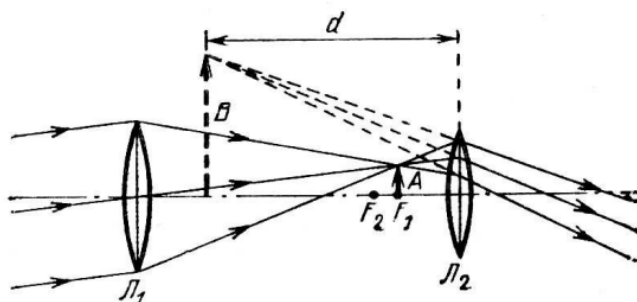


Рис. 3: Ход лучей в трубе Кеплера

Пусть пучок света, попадающий в объектив, составляет с оптической осью угол φ_1 , а пучок, выходящий из окуляра, — угол φ_2 . Увеличение γ зрительной трубы по определению равно

$$\gamma = \frac{\tan \varphi_2}{\tan \varphi_1}, \quad (1)$$

но также из рис. 3 следует, что

$$\gamma_K = \frac{f_1}{f_2} = \frac{D_1}{D_2}, \quad (2)$$

где D_1 - ширина пучка, прошедшего через объектив, а D_2 - ширина пучка, вышедшего из окуляра

2. Построим оптическую систему из каллиматора и непосредственно трубы Кеплера. Параметры действующих линз:

$$f_1 = 25 \text{ см} \quad f_2 = 13 \text{ см}$$

Найдём увеличение трубы Кеплера непосредственно: пусть h_1 - размер ячейки миллиметровой сетки без телескопа, h_2 - с телескопом

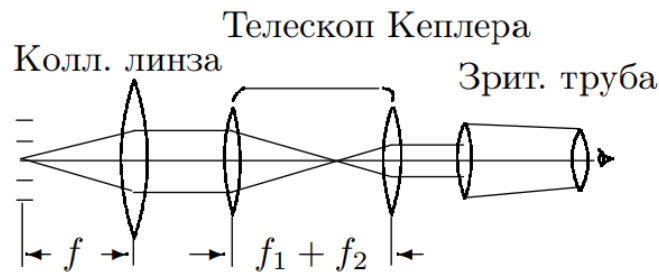


Рис. 4: Схема трубы Кеплера

$$h_1 = 1.5 \pm 0.05 \text{ дел.}, \quad h_2 = 2.8 \pm 0.05 \text{ дел.}$$

$$\gamma_K = \frac{h_2}{h_1} = 1.88 \pm 0.07$$

При этом по формуле (2) также

$$\gamma_K = \frac{f_1}{f_2} = 1.92$$

Полученные значения совпадают.

Моделирование трубы Галилея

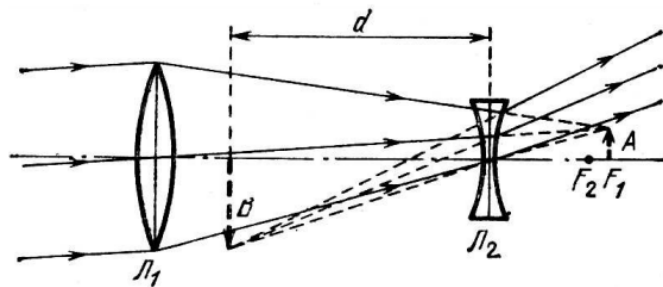


Рис. 5: Ход лучей в трубе Галилея

1. Труба Галилея получается из трубы Кеплера заменой собирающей линзы окуляра рассеивающей. Формулы для увеличения, соответственно, остаются теми же:

$$\gamma_G = \frac{f_1}{f_2} = \frac{D_1}{D_2}, \quad (3)$$

2. Заменим собирающую линзу с фокусным расстоянием $f_2 = 13$ см рассеивающей с фокусным расстоянием $f_2 = 14$ см. Проведём те же операции, что и для трубы Кеплера:

$$h_1 = 1.5 \pm 0.05 \text{ дел.}, \quad h_2 = 2.6 \pm 0.05 \text{ дел.}$$

$$\gamma_K = \frac{h_2}{h_1} = 1.73 \pm 0.09$$

При этом по формуле (2) также

$$\gamma_K = \frac{f_1}{f_2} = 1.79$$

Полученные значения совпадают.

Моделирование микроскопа

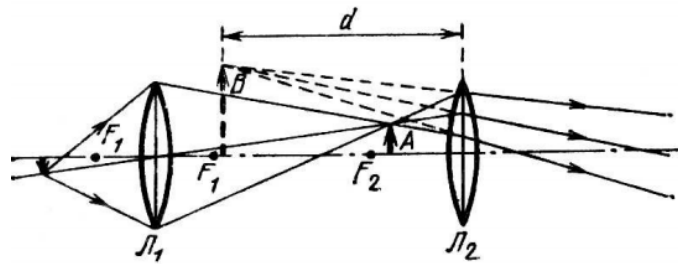


Рис. 6: Ход лучей в микроскопе

1. Ход лучей в микроскопе показан на рис. 6. Увеличение микроскопа вычисляется по формуле

$$\gamma_M = \Gamma_{ob} \Gamma_{oc} = \frac{\Delta}{f_1} \frac{L}{f_2}, \quad (4)$$

где f_1 и f_2 - фокусные расстояния линз микроскопа, $\Delta = 16$ см - длина тубуса, L - расстояние наилучшего зрения ($L = 25$ см).

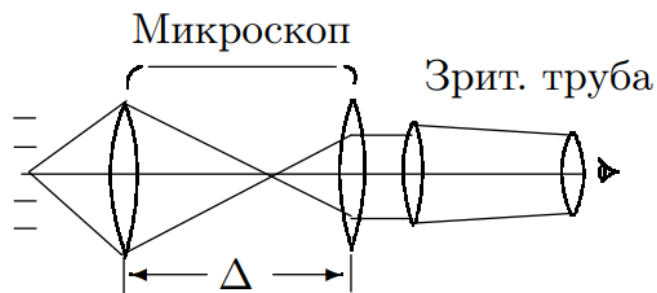


Рис. 7: Схема микроскопа

2. Соберём микроскоп с пятикратным увеличением. Используемые линзы: $f_1 = 11$ см, $f_2 = 7.5$ см. Получим

$$\gamma_M = \frac{\Delta}{f_1} \frac{L}{f_2} = 4.8$$

$$\gamma_M = \frac{h_2}{h_1} = \frac{7.20 \pm 0.05}{1.50 \pm 0.05} = 4.8 \pm 0.2$$

Значения совпадают.

Вывод

В ходе работы были определены фокусные расстояния собирающих и рассеивающих линз с помощью зрительной трубы. Из этих линз далее сконструированы следующие оптические приборы: труба Кеплера, труба Галилея, микроскоп. Были определены их увеличения и проведено сравнение с её действительным значением.