

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ УВЕЛИЧЕНИЯ

Береснева Анна Павловна

Март 2021 года

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.

Аннотация и теоретическое введение:

В ходе работы изучаются модели зрительных труб и микроскопа. Каждый из этих оптических приборов состоит из двух основных частей: объектива — линзы, обращённой к объекту, и окуляра — линзы, обращённой к наблюдателю. Объектив, в качестве которого используется положительная линза, создаёт действительное изображение предмета. Это изображение рассматривается глазом через окуляр.

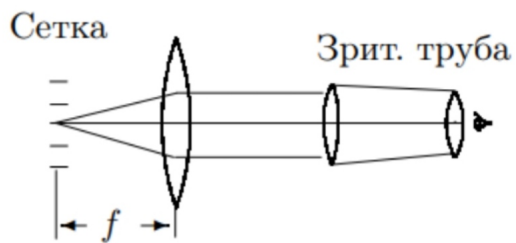


Рис. 1: Определение фокусного расстояния собирающей линзы

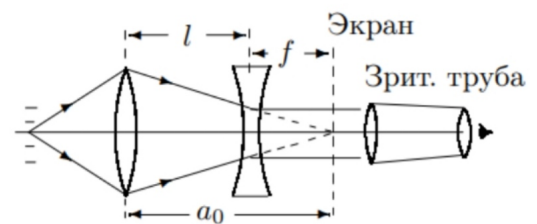


Рис. 2: Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы

Телескоп Кеплера.

В телескопе Кеплера используются две тонкие собирающие линзы с фокусными расстояниями f_1 и f_2 , расположенные на расстоянии $l_{12} = f_1 + f_2$ друг от друга. Он предназначен для наблюдения удаленных предметов. Угловое увеличение телескопа Кеплера равно $N_T = -\frac{f_1}{f_2}$. Схема установки для определения увеличения телескопа Кеплера приведена на рисунке:

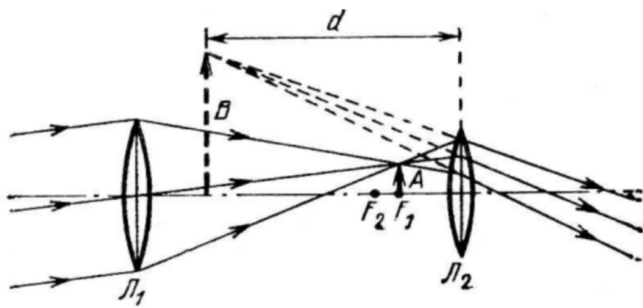


Рис. 3: Ход лучей в трубе Кеплера

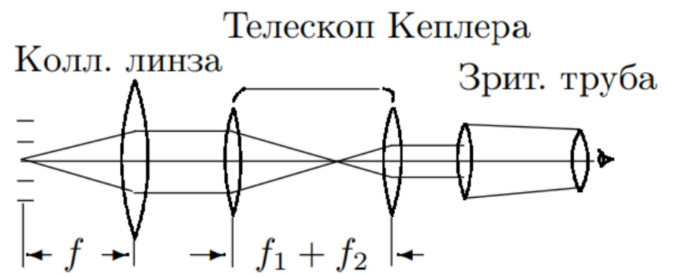


Рис. 4: Схема трубы Кеплера

Труба Галилея.

В зрительной трубе Галилея в качестве окуляра вместо собирающей линзы используется рассеивающая. Угловое увеличение тоже самое:

$$N_T = -\frac{f_1}{f_2}. \quad (1)$$

Так как $f_2 < 0$, изображение получается не перевернутым.

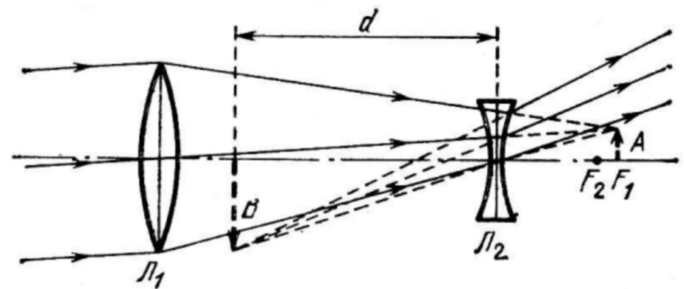


Рис. 5: Ход лучей в трубе Галилея

Микроскоп.

Микроскоп состоит из двух собирающих линз — объектива и окуляра, расположенных на расстоянии l_{12} друг от друга. Наблюдаемый предмет помещается на малом расстоянии перед передним фокусом объектива. Обозначим $\Delta = l_{12} - f_1 - f_2$ — оптический интервал, L — расстояние наилучшего зрения.

Увеличение микроскопа равно:

$$N_M = -\frac{\Delta L}{f_1 f_2} \quad (2)$$

Для исследования микроскопа используется установка, изображенная на Рис. 7.

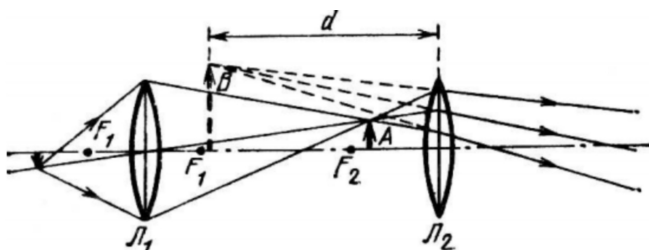


Рис. 6: Ход лучей в микроскопе

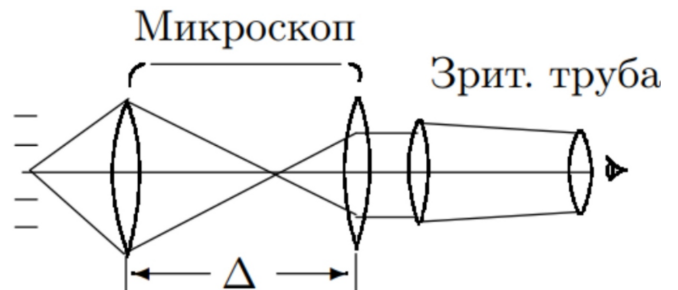


Рис. 7: Схема микроскопа

Ход работы:

Определение фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы.

Для начала определим фокусные расстояния собирающих линз. Ставим линзу на расстояние от предмета примерно равному фокусному. На небольшом расстоянии от линзы закрепляем зрительную трубу, настроенную на бесконечность, и центрируем ее по высоте. Для уменьшения сферических aberrаций и повышения четкости изображения, надеваем диафрагму на ближайшую к осветлителю линзу.

Двигая вдоль скамьи линзу, получаем в окуляре зрительной трубы изображение миллиметровой сетки. При этом расстояние между предметом и тонкой линзой равно фокусному.

Для определения фокусного расстояния рассеивающей тонкой линзы (она у нас в наборе была одна) сначала получим на экране увеличенное изображение сетки при помощи одной короткофокусной собирающей линзы. Расстояние между линзой и экраном $a_0 = 27,8$ см. Сразу за экраном размещаем зрительную трубу, убираем экран и на его место ставим рассеивающую линзу. Перемещая рассеивающую линзу, находим в окуляре резкое изображение сетки.

Для определения фокусного расстояния, измеряем расстояние между линзами $l = 19,3$ см, и тогда находим $f = a_0 - l = -8,5$ см.

Когда перевернули линзу: a_0 не изменилось, $l = 18,9$ см, $f = -8,9$ см.

Результаты измерения фокусных расстояний линз приведены в таблице ниже.

Номер линзы	F_1	F_2
1 (собирающая)	$7,7 \pm 0,1$	$7,8 \pm 0,1$
2 (собирающая)	$10,8 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,1$
3 (собирающая)	$19,3 \pm 0,1$	$18,7 \pm 0,1$
4 (собирающая)	$28,2 \pm 0,1$	$28,3 \pm 0,1$
5 (рассеивающая)	$-8,5 \pm 0,1$	$-8,9 \pm 0,1$

Таблица 1: Результаты измерения фокусных расстояний линз с помощью зрительной трубы.

Все линзы можно считать тонкими, фокусные расстояния совпадают.

Моделирование трубы Кеплера.

Найдем увеличение в трубе Кеплера. Для начала соберем установку, показанную на Рис. 4. В качестве объектива и окуляра используем 4 и 1 линзы соответственно.

Рассчитаем увеличение телескопа через фокусные расстояния линз:

$$N_T = -\frac{f_4}{f_1} = -3,64 \pm 0,05$$

С помощью зрительной трубы измерим угловой размер h_2 деления изображения источника: $h_2 = 15 - (-18) = 33$. При этом $h_1 = -4 - (-13) = 9$.

Тогда увеличение равно:

$$N_T = -\frac{h_2}{h_1} = -3,67 \pm 0,42$$

Последний способ - определение увеличения через отношение диаметров объектива и изображения этой оправы в окуляре. Диаметр оправы на объективе $D_1 = 3,6 \pm 0,1$ см; диаметр ее изображения на экране $D_2 = 0,95 \pm 0,1$. Тогда увеличение равно:

$$N_T = -\frac{D_1}{D_2} = -3,79 \pm 0,41$$

Моделирование трубы Галилея.

Для модели трубы Галилея меняем собирающую линзу окуляра на рассеивающую, и ставим ее на расстоянии от объектива равном сумме фокусных расстояний: $L = 19,3$ см.

Тогда увеличение трубы Галилея, найденное из фокусных расстояний линз, равно:

$$N_G = -\frac{f_1}{f_2} = -3,24 \pm 0,04$$

Видимый угловой размер деления осветителя $h_2 = 15 - (-13) = 28$.

Тогда увеличение равно:

$$N_G = -\frac{h_2}{h_1} = -3,11 \pm 0,36$$

Модель микроскопа.

Соберем модель микроскопа, показанную на Рис. 7. Используем линзы 1 и 2 с фокусными расстояниями $f_1 = 7,8$ см, $f_2 = 10,5$ см соответственно; $l_{12} = 34,6$ см. Тогда увеличение равно:

$$N_M = -\frac{(l_{12} - f_1 - f_2) \cdot L}{f_1 f_2} = -4,9$$

Видимый угловой размер: $h_2 = 10 - (-22) = 32$. И тогда увеличение микроскопа:

$$N_M = -\frac{h_2 L}{h_1 f} = -4,67 \pm 0,11$$

Вывод:

В ходе работы были измерены фокусные расстояния линз, смоделированы телескоп Кеплера, труба Галилея и микроскоп. Были определены их увеличения. Результаты приведены в таблице ниже:

	N_1	N_2	N_3	N_{mid}
Кеплер	$-3,64 \pm 0,05$	$-3,67 \pm 0,42$	$-3,79 \pm 0,41$	$-3,70 \pm 0,06$
Галилей	$-3,24 \pm 0,04$	$-3,11 \pm 0,36$	-	$-3,18 \pm 0,07$
Микроскоп	-4,90	-4,67	-	$-4,79 \pm 0,11$

Таблица 2: Результаты.