

Моделирование оптических приборов и определение их увеличения

_____, ____ группа

"__" _____ 20__ г.

1 Аннотация

В этой работе проводится измерение увеличения моделей телескопа Кеплера, трубы Галлилея и микроскопа несколькими способами.

2 Теоретические сведения

2.1 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:

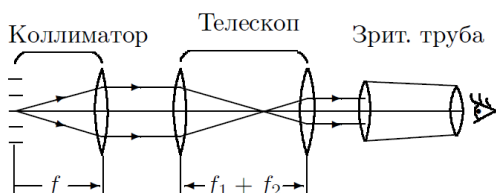


Рис. 1: Схема установки для определения увеличения телескопа Кеплера

2.2 Труба Галлилея

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

$$N_T = -\frac{f_1}{f_2}$$

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

2.3 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

$$N_M = -\frac{\Delta L}{f_1 f_2}$$

Для исследования микроскопа используется установка, изображенная на рисунке 2.

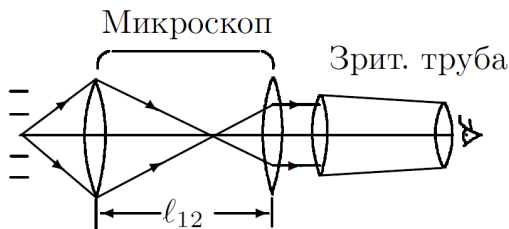


Рис. 2: Схема установки для определения увеличения микроскопа

3 Результаты измерений и их обработка

3.1 Измерение фокусных расстояний линз

Настроим зрительную трубу на бесконечность. Найдём фокусные расстояния собирающих линз, расположив их на расстоянии, приблизительно равном фокусному, от предмета и глядя на них через зрительную трубу. Мы увидим четкое изображение, когда расстояние от линзы до предмета равно фокусному. Фокусное расстояние рассеивающей линзы можно найти, расположив ее за собирающей линзой с известным фокусным расстоянием (рис. 3). Фокусное расстояние находится по формуле $F = l - a_0$.

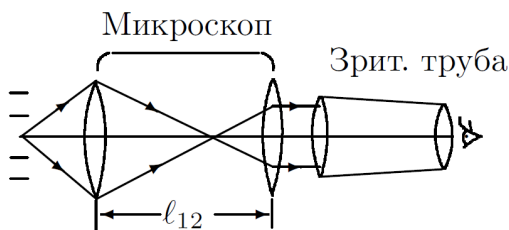


Рис. 3: Схема установки для определения фокусного расстояния рассеивающей линзы

Измерим также фокусные расстояния линз в перевернутом положении. Результаты измерений приведены в таблице 1.

3.2 Исследование телескопа Кеплера

Соберем установку, изображенную на рисунке 1. Для коллиматора будем использовать линзу с фокусным расстоянием $f_K = 19.5 \pm 0.4$ см, для объектива - $f_1 = 28.0 \pm 0.4$ см, для окуляра - $f_2 = 10.1 \pm 0.4$ см. Определим размер одного деления шкалы осветителя в единицах шкалы зрительной трубы. Результат равен $h_1 = 0.75 \pm 0.02$.

n	$F_1, \text{ см}$	$F_2, \text{ см}$	$F, \text{ см}$	$\Delta F, \text{ см}$
1	7.7	7.9	7.8	0.4
2	10.0	10.3	10.2	0.4
3	19.5	19.5	19.5	0.4
4	28.2	27.7	28.0	0.4
5	-9.1	-8.8	-9.0	0.6

Таблица 1: Фокусные расстояния линз

Рассчитаем увеличение телескопа через фокусные расстояния линз.

$$N_{T,1} = -\frac{f_1}{f_2} = 2.75 \pm 0.14$$

С помощью зрительной трубы измерим угловой размер h_2 деления изображения источника. Результат равен

$$h_2 = 2.00 \pm 0.05$$

Увеличение телескопа, измеренное этим методом, равно

$$N_{T,2} = -\frac{h_2}{h_1} = 2.67 \pm 0.15$$

Другой способ определения увеличения - по отношению диаметра оправы объектива и диаметра изображения этой оправы в окуляре. Диаметр оправы равен $D_1 = 3.7 \pm 0.1$ см, диаметр ее изображения - $D_2 = 1.3 \pm 0.1$ см.

Тогда увеличение микроскопа равно

$$N_{T,3} = -\frac{D_1}{D_2} = -2.85 \pm 0.3$$

Увеличения, найденные тремя методами, различаются, но все различия находятся в пределах погрешностей.

3.3 Исследование трубы Галилея

Заменяем телескоп Кеплера на трубу Галилея. Для этого вместо собирающей линзы окуляра поставим рассеивающую линзу на расстоянии от объектива, равном сумме фокусных расстояний. Фокусное расстояние объектива равно $f_1 = 28.0 \pm 0.4$ см, окуляра - $f_2 = -9.0 \pm 0.6$ см.

Увеличение трубы Галилея, найденное из фокусных расстояний линз, равно

$$N_{\Gamma,1} = -\frac{f_1}{f_2} = 3.1 \pm 0.3$$

Измерим видимый угловой размер h_2 деления осветителя.

$$h_2 = 2.30 \pm 0.05$$

Увеличение равно

$$N_{\Gamma,2} = \frac{h_2}{h_1} = 3.07 \pm 0.15$$

Различия между увеличениями, найденными двумя способами, остаются в пределах погрешностей.

3.4 Исследование модели микроскопа

Соберем модель микроскопа, изображенную на рисунке 2. Параметры установки: $f_1 = 7.8 \pm 0.4$ см, $f_2 = 10.2 \pm 0.4$ см, $l_{12} = 33.5 \pm 0.2$ см.

Увеличение равно

$$N_{M,1} = -\frac{(l_{12} - f_1 - f_2)L}{f_1 f_2} = -4.9 \pm 0.7$$

Измерим видимый угловой размер h_2 деления осветителя.

$$h_2 = 2.70 \pm 0.05$$

Увеличение микроскопа

$$N_{M,2} = -\frac{h_2 L}{h_1 f} = -4.6 \pm 0.3$$

Различие между увеличениями, найденными двумя способами, остаются в пределах погрешностей.

4 Вывод

В работе были собраны модели телескопа Кеплера, трубы Галилея и микроскопа. Были найдены их увеличения из параметров установки, а также из отношения угловых размеров источника и его изображения. Все различия между результатами оказались в пределах погрешностей.