

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

Моделирование оптических приборов

Хомутов Андрей, Б06-903
ФБМФ, 2021

Цели работы

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

В работе используются

Оптическая скамья, набор линз, экран, осветитель со шкалой, зрительная труба, диафрагма, линейка.

1 Практическая часть

1.1 Определение фокусных расстояний линз

В распоряжении было 5 линз, из которых только последняя была рассеивающей. Вся установка была отцентрирована, после чего можно было приступить к определению фокусных расстояний. Для этого сначала зрительная труба была настроена на бесконечность (удаленный объект). После чего линза, расположенная между освещенной сеткой (предметом) и трубой передвигалась, пока в трубе не будет получено четкое изображение сетки, что означает нахождение предмета в фокальной плоскости линзы. С помощью вспомогательной собирающей линзы и экрана также определяем фокус рассеивающей линзы 5. Соответствующие значения приведены в таблице 1.

Таблица 1: Фокусные расстояния линз

Линза	f , см	δf , см
1	8	0,2
2	11	0,2
3	19,5	0,2
4	28	0,2
5	-9	0,4

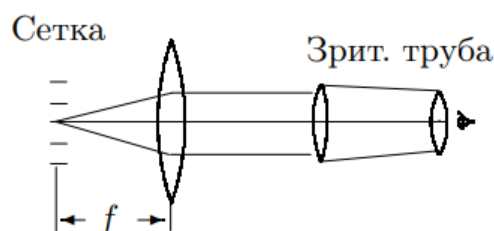


Рис. 1: Определение фокусного расстояния собирающей линзы

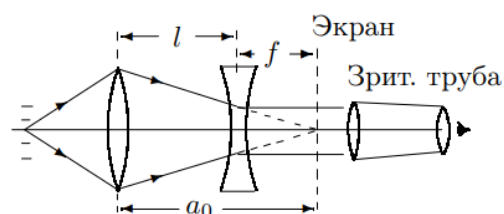


Рис. 2: Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы

1.2 Телескоп Кеплера

В качестве коллиматора использовалась линза 3 (с фокусным расстоянием 20см), для телескопа были выбраны линзы 2 и 4, чтобы предполагаемое увеличения было между 2 и 3. Расстояние между объективом и окуляром телескопа после настройки было равно $39.4 \pm 0.2 \simeq 39 \pm 0.4$. Рассчитанное угловое увеличение

$$N_T = -\frac{f_1}{f_2} = 2.54 \pm 0.06.$$

В то же время угловое увеличение можно определить через отношение углов, под которыми видно деление сетки с трубой и без нее. Для этого в делениях шкалы зрительной трубы определим $h_1 = 9 \pm 1$ у.е. размер деления шкалы без трубы и $h_2 = 24 \pm 2$ с трубой Кеплера. В силу того что $h \approx k\alpha$, где k - некоторый коэффициент увеличения зрительной трубы, получаем что

$$N_T = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{h_2}{h_1} = 2.66 \pm 0.4.$$

Еще один способ рассчитать увеличение телескопа - через отношение диаметров пучка, прошедшего через объектив, и пучка, вышедшего из окуляра:

$$N_T = -\frac{D_1}{D_2} = 2.77 \pm 0.29.$$

В целом можно заметить что все три способа дают приблизительно равные результаты (в пределах погрешности). Наименее доверительным может показать последний способ, что естественно, так как определение диаметра круговых объектов линейкой трудно выполнить хорошо.

1.3 Труба Галилея

Для сборки трубы галилея окуляр был заменен на рассеивающую линзу (на расстоянии от объектива равному разности модулей фокуса объектива и окуляра). Соответственно расчетное увеличение было равно

$$N_T = -\frac{f_1}{f_2} = 3.11 \pm 0.11.$$

А из расчета через увеличения размера изображения в зрительной трубе:

$$N_T = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{h_2}{h_1} = 3 \pm 0.55.$$

Опять же, расчет увеличения обоими способами совпал. Способ через размер видимого изображения решетки опять дал значение с высокой погрешностью. Это объясняется во-первых, тем что толщина прутьев увеличенной решетки превышала точность шкалы зрительной трубы, а во-вторых, колебаниями установки, из-за чего изображение "тряслось" и вносилась дополнительная погрешность.

1.4 Микроскоп

Планируемое увеличение микроскопа было принято равным $N_M = 5$. С учетом формул

$$N_M = N_1 N_2, \quad N_1 = -\frac{\Delta}{f_1}, \quad N_2 = \frac{L}{f_2}, \quad \Delta = \ell_{12} - f_1 - f_2$$

были рассчитаны оптический интервал $\Delta = 17.6 \pm 0.8$ см и длина тубуса $\ell_{12} = 36.6 \pm 1.2$ см. Увеличение микроскопа было определено по увеличению изображения деления сетки ($h_2 = 32 \pm 2$ см):

$$N_M = -\frac{h_2}{h_1} \frac{L}{f} = 5.4 \pm 0.7$$

Как видно, рассчитанное увеличение попадает в предполагаемый интервал в пределах погрешности. При этом вклад причин, вносящих погрешность в расчет, которые были упомянуты в пункте про трубу Галилея увеличивается, так как увеличивается сам размер изображения в зрительной трубе.

2 Выводы

1. Были определены фокусные расстояния линз из набора, одна из которых была рассеивающей
2. Были сконструированы модели таких оптических систем как труба Кеплера, труба Галилея и микроскоп. Для всех были экспериментально определены увеличения, совпавшие с рассчитанными теоретически