

Аннотация

Целью работы является проектирование бюджетного спектрографа, способного снимать звездные спектры, используя при этом легкодоступные детали и компоненты

Телескоп

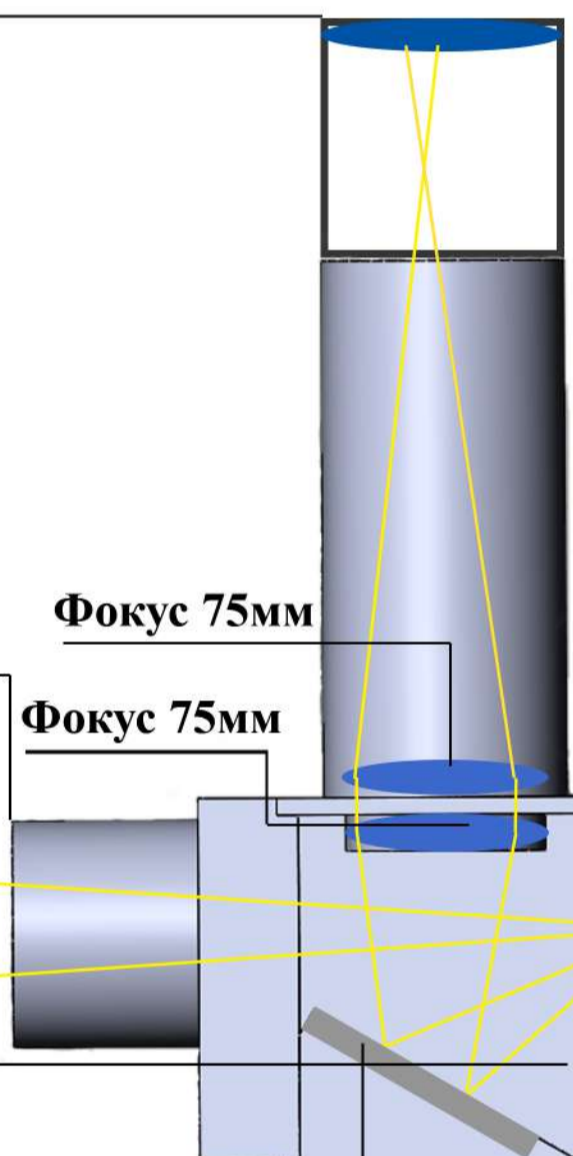
Celestron C8 S-GT
Апертура 203 мм
Фокусное расстояние F=2032 мм
Относительное отверстие 1/10



Окуляр

Старый телескопный окуляр
крепление: 1.25 дюйма
проецирование изображения происходит во внутрь окуляра

Окулярное крепление 1.25 дюйма с возможностью фокусировки

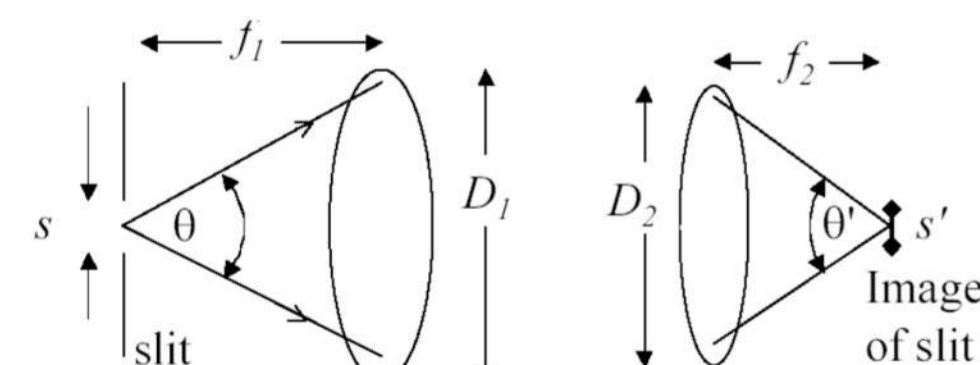


Система наведения

Благодаря зеркальной щели есть возможность наводить изображение звезды на щель, тем самым облегчая съемку спектра

Зеркало

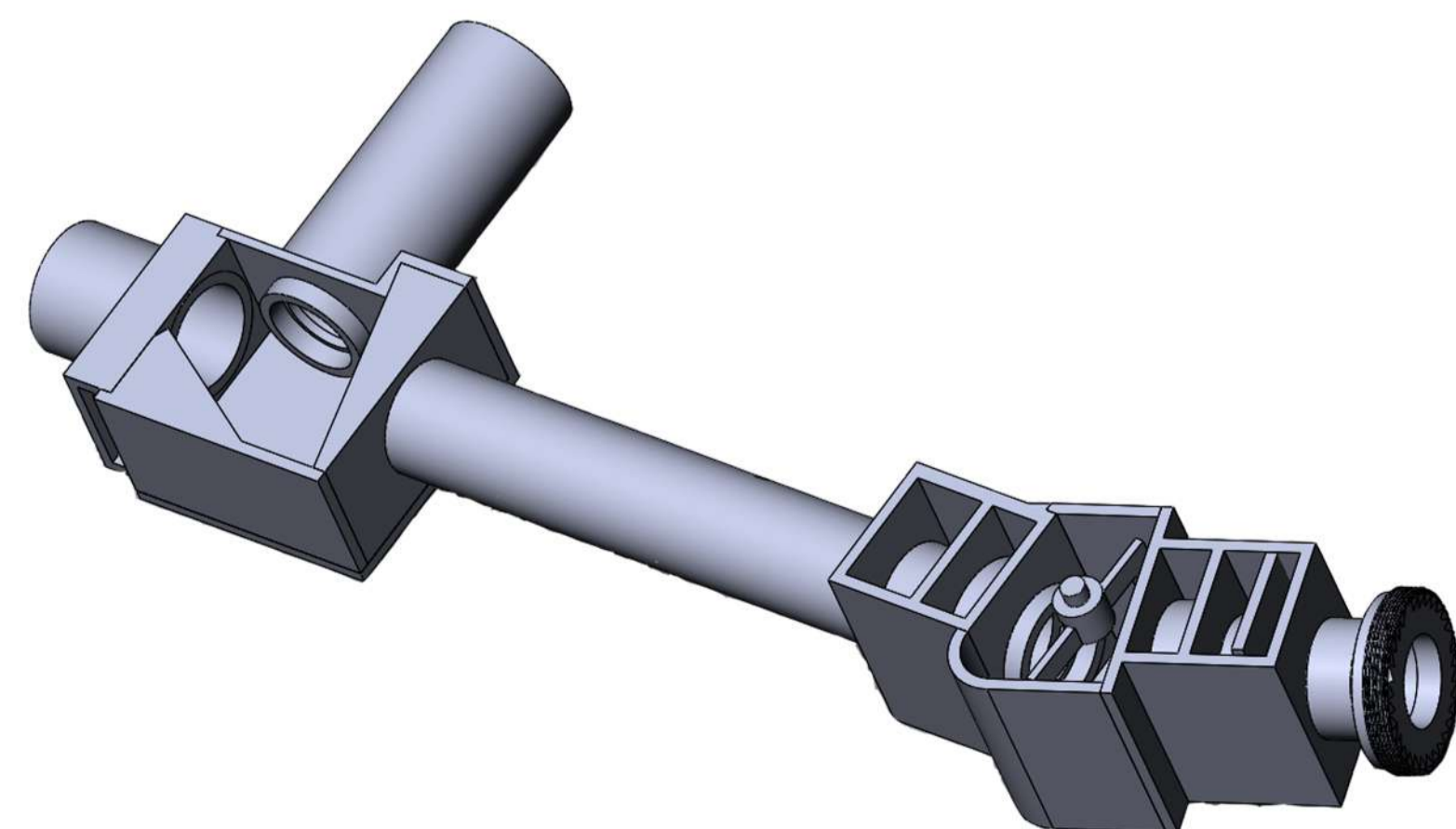
Фокус коллиматора:



диаметры равны, значит:
 $F1 = F2 * S / S' = 100 \text{ мм} * 60 / 34.8 = 172.4 \text{ мм} \approx 200 \text{ мм}$

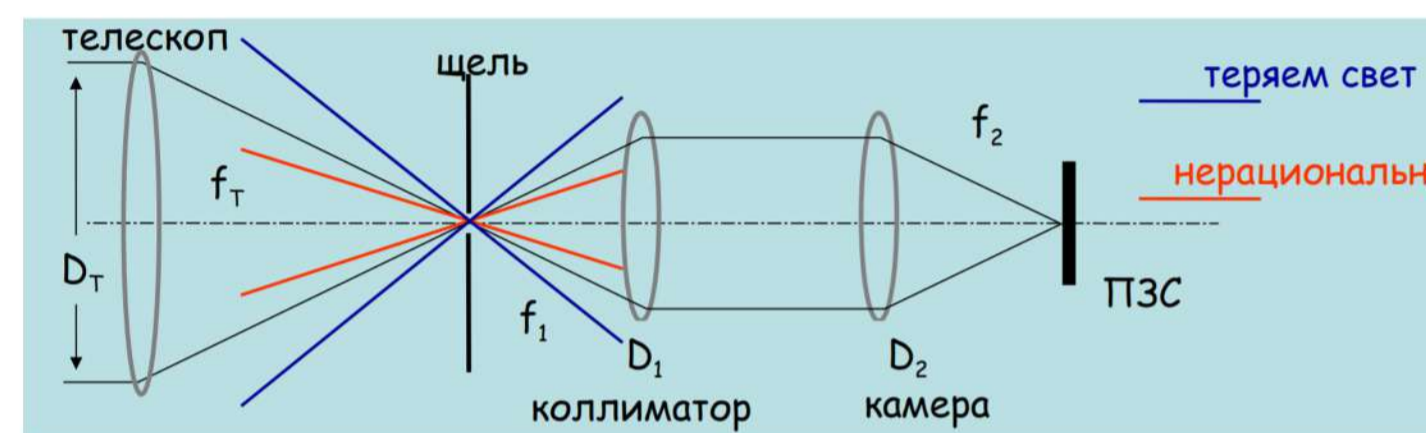
3д печать

Корпус спектрографа напечатан на 3д принтере из PLA пластика
Модель состоит из других деталей и печатается по частям, после чего полируется вручную



Щель

Ширина: 60 мкм
Угловой размер ярких звезд, на которые и рассчитан спектрограф: относительное отверстие $\alpha=6$ секунд
Изображение звезды:
 $S = F * \alpha = 2000 \text{ мм} * 6 * \pi / (60 * 60 * 180) = 0.06 \text{ мм} = 60 \text{ мкм}$
Если сделать щель уже - потеряем свет на входе, если шире - снизим разрешение спектрографа и добавим фон неба.



для эффективного использования элементов, должна выполняться следующая формула:

$$D_T / f_T = D_1 / f_1$$

$$D_1 / f_1 = 1/10$$

$$D_1 = 20 \text{ мм}$$

Фокус F1=200 мм

Дифракционная решетка

600 штрихов на мм
 $b=600$ штрихов/мм
 $d=b^{-1}$
 $\sin(\varphi_{\text{max}}) = \lambda_{\text{max}} / d = (700 * 600) / 10^6 = 0.42$
 $\varphi_{\text{max}} = 24.83^\circ$
 $\sin(\varphi_{\text{min}}) = \lambda_{\text{min}} / d = (400 * 600) / 10^6 = 0.12$
 $\varphi_{\text{min}} = 13.89^\circ$
 $\Delta\varphi = 24.83^\circ - 13.89^\circ = 10.94^\circ$

$\Delta\varphi$ - угол расхождения между красными и фиолетовыми лучами

M = 22 мм - размер матрицы

Для умещения спектра на матрице должно выполняться равенство:

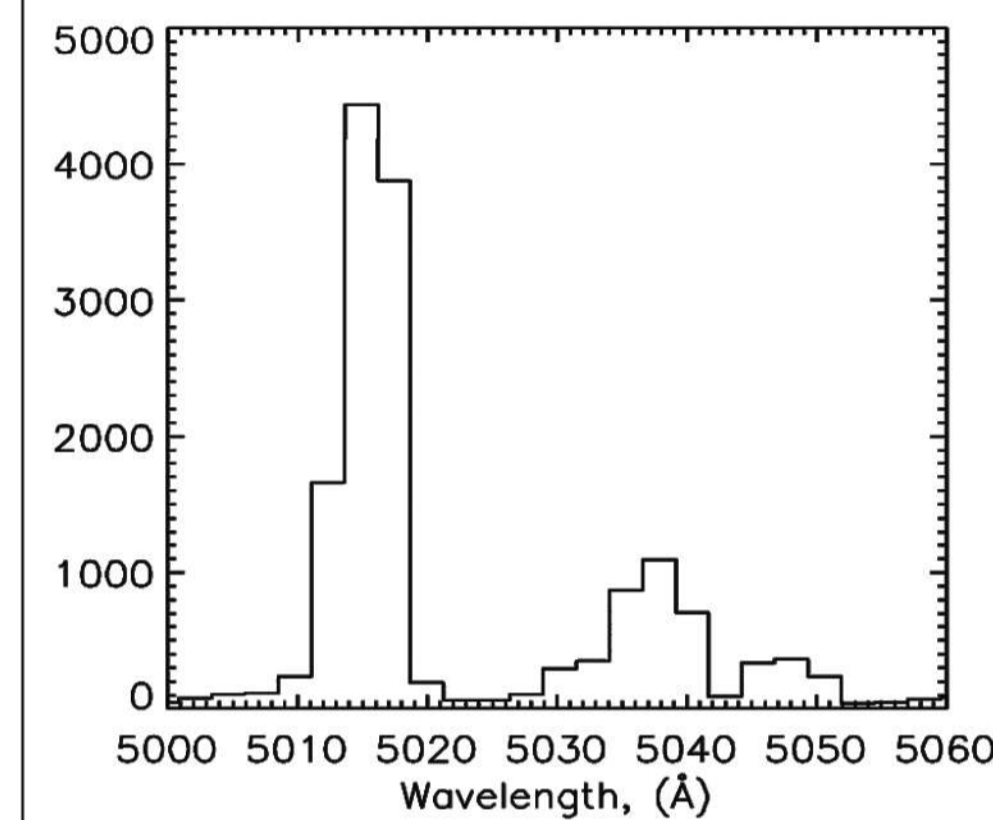
$$F2 = 22 \text{ мм} * 180 / 10.94 * \pi = 115 \text{ мм} \approx 100 \text{ мм}$$

Расчет

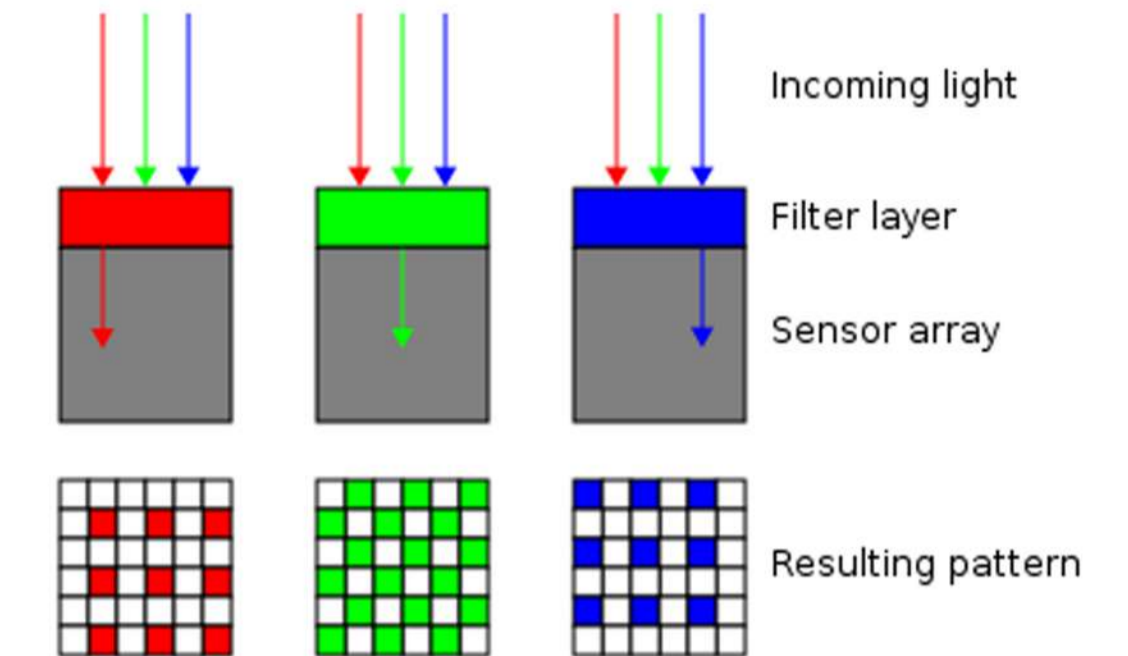
Матрица

Фотоаппарат Canon EOS 7D
размер матрицы 22,3 мм × 14,9 мм
количество пикселей 17,9 * 10^6
размер пикселя

$$\sqrt{22,3 \times 14,9 \div (17,9 \times 10^6)} = 0.0043 \text{ мм} = 4.3 \text{ мкм}$$



Дискретизированный спектр, одна линия спокойно задается 4-мя пикселями



Фильтр-Байера, каждый пиксель отвечает за свой цвет, и принимает только его, из-за этих дырок теряется информация

Располагаем одну линию на 4-х пикселях

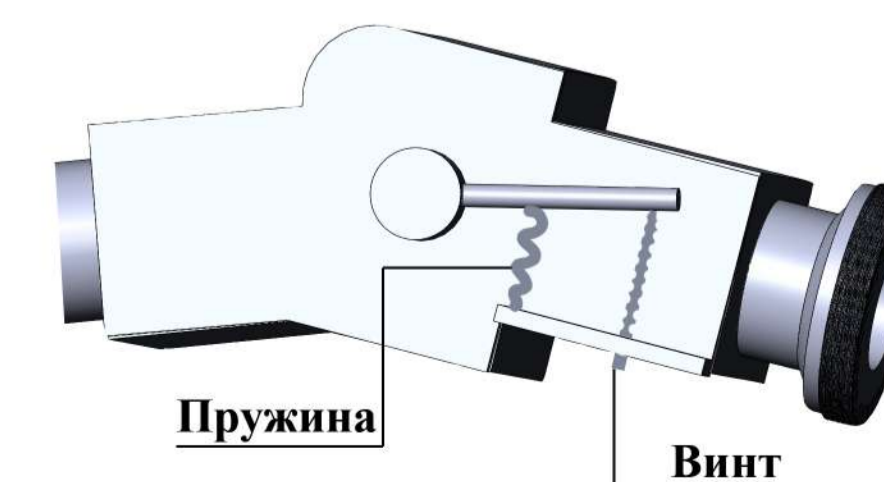
но из-за потерь при использовании матрицы с фильтром Байера умножаем количество пикселей на 2
2*4 пикселя = 8 пикселя
размер линии на матрице:
 $S' = 4.3 \text{ мкм} * 8 = 34.4 \text{ мкм}$



Крепление на фотоаппарат

Подвижная система, с возможностью фокусировки

Предусмотрена поворотная система, для точной калибровки угла решетки:



Пружина

Винт

Дальнейшие действия

- 1) Полировка, склейка и калибровка деталей
- 2) Покраска деталей в черный цвет
- 3) Съемка спектров
- 4) Написание программы, обрабатывающей спектры
- 5) Обработка и анализ спектров

Литература

https://relay.sao.ru/hq/moisav/lectures/Scorpio_lect_2.pdf
<http://pvs.narod.ru/eis/lab/alab129/descript/descr29.htm>
https://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр_Байера

Отдельное спасибо Лацмирскому Ивану Федоровичу, за предоставление и помощь при использовании 3д принтера