

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ГИМНАЗИЯ №13»

Доказательство общности происхождения ярчайших звёзд рассеянного звёздного скопления Плеяды

Выполнила:
Савенкова Мария,
ученица 10 класса
МАОУ «Гимназия №13»

Научный руководитель:
Чупрунова С.А.,
учитель физики и астрономии
МАОУ «Гимназия №13»

г. Нижний Новгород
2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1. Плеяды как типичный представитель рассеянных звёздных скоплений.....	4
2. Съёмки Плеяд: технические характеристики и погодные условия.....	7
3. Применение спектрального анализа для определения химического состава звёзд.....	11
4. Заключение.....	14
5. Используемые источники.....	15
6. Приложения.....	16

ВВЕДЕНИЕ

Плеяды – ближайшей земле и наиболее яркое рассеянное звёздное скопление. Благодаря своей яркости Плеяды были известны людям ещё с древних времён. Первые 40 звёзд этого скопления были открыты Галилео Галилеем. До 20-го века Плеяды считались отдельным созвездием однако сейчас они входят в созвездии Тельца.

Силуэт из шести звёзд можно встретить на различных логотипах и картинках. Однако количество звёзд в Плеядах значительно выше. Несмотря на относительно небольшой размер скопления, диаметр которого равен примерно 15 световым годам, по разным оценкам число звёзд там может достигать 3000, но на данный момент открыто всего около 1200 звёзд.

Плеяды имеют такой маленький размер и такое большое количество объектов из-за того, что там находятся относительно молодые звезды. Возраст всего скопления равен примерно 115 млн лет.

Проблема: Возможно ли с помощью фотоаппарата и дифракционной решетки оценить возраст ярчайших звезд Плеяд.

Гипотеза: все яркие звёзды скопления Плеяд произошли из одного молекулярного облака, имеют схожий состав и приблизительно равны по возрасту.

Цель работы: Разработать методику оценки относительного возраста звезд в рассеянных звездных скоплениях с использованием цифрового фотоаппарата и дифракционной решетки.

Задачи исследования:

- Изучить информацию о возникновении звезд из рассеянных звездных скоплений
- Подобрать режимы фотографирования спектров
- Сфотографировать спектры ярчайших звезд Плеяд
- Установить степень идентичности спектров
- Интерпретировать выводы

Объект исследования: рассеянные звездные скопления

Предмет исследования: звёздное скопление Плеяды

Актуальность: В последние годы появились новые средства для получения качественных фотографий слабых объектов – цифровые фотоаппараты. Мы хотим оценить их применимость для решения простых астрофизических задач.

ГЛАВА 1

ПЛЕЯДЫ КАК ТИПИЧНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ РАССЕЯННЫХ ЗВЁЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

Рассеянные звездные скопления – это гравитационно связанные группы звезд, имеющие общее происхождение, близкий химический состав и возраст.

Звёзды рассеянных звёздных скоплений образуются из гигантских молекулярных облаков, которые представляют собой межзвездные облака с высокой плотностью. В областях наибольшей плотности в молекулярных облаках под воздействием гравитационных взаимодействий или столкновения с другими облаками может нарушиться равновесие и возникнуть процесс активного звёздообразования, в результате чего и образуются рассеянные звёздные скопления. [6]

Рассеянное звёздное скопление, в отличие от шарового, содержит сравнительно немного звёзд и часто имеет неправильную форму. Звёзды в подобных скоплениях связаны друг с другом достаточно слабыми гравитационными силами. Исходя из этого, по мере обращения вокруг галактического центра рассеянные скопления могут быть разрушены из-за близкого расположения или прохождения возле других скоплений или облаков газа. В этом случае составляющие разрушенного скопления или одиночные отделившиеся от него звёзды остаются внутри галактики как отдельные объекты. [1]

Располагаются рассеянные скопления в основном в галактических плоскостях. Они обычно содержат от 100 до 1000 звёзд, но иногда их количество может достигать и 10 000 звёзд.

Звёздный состав скоплений может быть довольно разнообразным. В них редко входят красные и жёлтые гиганты и практически никогда не встречаются красные и желтые сверхгиганты. В то же время белые и голубые гиганты, являющиеся редкими видами звёзд, в рассеянных скоплениях

встречаются гораздо чаще. Также, в рассеянных скоплениях чаще, чем в других местах Галактики, можно наблюдать белые и голубые сверхгиганты — ещё более редкие звёзды очень высокой светимости и температуры, в разы превышающих Солнечную. Кроме того, в рассеянных звёздных скоплениях можно встретить двойные звезды, цефеиды, вспыхивающие звезды и другие.[5]

Плеяды являются одним из самых ярких и близко расположенных к Земле рассеянных звёздных скоплений. Плеяды давно известны как физически связанная группа звёзд, а не как результат случайной проекции разноудалённых звёзд. Благодаря тому, что скопление Плеяд было хорошо видно невооруженным глазом, оно заняло особое место во многих культурах, как древних, так и современных. В древней Греции ярчайшие объекты Плеяд олицетворяли мифологических сестёр Плеяд, от которых и получили современное название. Также описание их встречается в произведениях Гесиода и в поэмах Гомера «Илиада» и «Одиссея». Плеяды трижды упомянуты в Библии. Не оставила их без внимания и скандинавская мифология. Ко всему прочему название Плеяды в переводе на японский — Subaru [субару]. Это автомобилестроительный бренд, на эмблеме которого изображены ярчайшие звёзды этого скопления. [7]

Первые серьезные научные наблюдения Плеяд начались только в XVIII веке. При помощи оптической техники того времени были предприняты попытки подсчитать общее количество звезд, входящих в это рассеянное скопление.

Звёздный состав Плеяд типичен для подобного вида скоплений. В нём преобладают горячие голубые звезды, также встречается много красных (или бурых) карликов, и присутствуют белые карлики.

Самыми яркими и удобными для изучения считаются всего несколько звёзд.

Наиболее яркой считается Альциона. Это физически-кратная звезда, состоящая из 4-х объектов. Её диаметр в 8 раз больше Солнца, а светит она в 2000 раз ярче него.

Следующим по яркости объектом является Атлас — физически-кратная звезда, состоящая из трёх звёзд. Эта система ярче Солнца в 1000 раз весит в 5 раз больше.

На третьем месте по яркости находится Электра, так же являющаяся двойной или тройной звёздной системой. Она ярче Солнца в 1200 раз и её масса равна пяти солнечным. Она является самой «горячей» звездой в Плеядах, её температура приблизительно равна 14 000 К.

Следующая по яркости звезда – это Майя. Она больше Солнца в 5,5 раз и ярче в 660 раз. Майя больше всего погружена в туманность (NGC1432), окружающую Плеяды.

Пятое место занимает Меропа, её радиус в 4 раза больше солнечного, а яркость превышает его в 630 раз. Меропа является переменной звездой и также, как Майя, находится в туманности. (NGC1435)

Следующая звезда Плеяд — Тайгетта. Она, подобно Атласу, является тройной звездной системой.

Также одной из ярчайших звёзд скопления является Плейона. Эта звезда примерно в 190 раз ярче Солнца, её радиус в 3,2 раза больше, а скорость вращения примерно в 100 раз выше.

Плеяды можно наблюдать зимой в Северном полушарии, а летом – в Южном. В течение года они видны на всех континентах мира, кроме Антарктиды. А для того чтобы увидеть ярчайшие объекты Плеяд никакая техника не нужна.

ГЛАВА 2

СЪЁМКИ ПЛЕЯД: ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Для того чтобы оценить относительный возраст редчайших звёзд Плеяд с помощью спектрального анализа, необходимо иметь фотографии их спектров. В интернете можно найти довольно большое количество снимков Плеяд, многие из них хорошего качества, но для решения поставленных задач не представляется возможным их использовать, поскольку в свободном доступе представлены только обычные фотографии, а для анализа необходимы спектры их свечения. Использование некоторых изображений могло бы нарушить авторские права, поэтому было принято решение о проведении съёмок самостоятельно.

Нами была использована следующая техника: цифровой фотоаппарат Canon EOS 550D; объектив Canon EF 50mm f/1.8 STM; объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM; объектив «Юпитер-37АМ» 3,5/135; переходное кольцо; фильтр с дифракционной решеткой «PHATON HAWKSLEY»; штатив-тренога ERA ECS-3570

В ходе работы мы столкнулись с определенными сложностями, которые можно разделить на несколько видов: технические проблемы, погодные условия, освещенность местности, временные промежутки нахождения Плеяд в зоне видимости.

Первый день съёмок был 25.03.2021. Для съёмок использовался Штатив, фотоаппарат, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM; настройки камеры: ISO от 400 до 6400; диафрагма 5.6; выдержка 30 сек.; качество L; режим AF покадровый; режим замера – точечный. Не удалось сделать фотографии с помощью объектива «Юпитер-37АМ» 3,5/135 с фильтром с дифракционной решеткой из-за того, что автофокусировка в нем отсутствует, а сфокусировать камеру на нужном объекте вручную не получилось. Погодные условия были благоприятные: температура воздуха была -2°C; ветер отсутствовал. Местом проведения съёмок мы выбрали поле

в Балахнинском районе Нижегородской области. Искусственное постороннее освещение полностью отсутствовало, но в это время была видна Луна, чьё свечение в некоторой степени мешало проведению съёмок. Съёмки длились 1ч. 23 мин. с 20:54 до 22:17. Плеяды были видны на восточной стороне неба.

Следующие съёмки проходили 27.03.2021. Были использованы Фотоаппарат Canon EOS 550D, штатив-тренога, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6, выдержка 30 сек., качество L, режим AF покадровый, режим замера – точечный. Фотографии спектров с помощью объектива «Юпитер-37АМ» 3,5/135 с фильтром с дифракционной решеткой не удалось сделать в необходимом, для проведения исследования, качестве, потому что сфокусировать камеру вручную не получилось. Погодные условия подходили, для проведения съёмок, температура воздуха была около -1°C; слабый ветер. Съёмки проходили в Городецком районе Нижегородской области с. Большой Суходол, берег Горьковского водохранилища. Искусственное постороннее освещение полностью отсутствовало; Луна, находившаяся в этот день на небе, не мешала. Съёмки проводились с 21:05 до 22:30. Плеяды были видны на востоке.

Следующим днём для съёмки было выбрано 11.04.2021. Для съёмок мы использовали Фотоаппарат, штатив, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM, объектив Canon EF 50mm f/1.8 STM и объектив «Юпитер-37АМ» 3,5/135 с фильтром с дифракционной решеткой «PHATON HAWKSLEY»; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6 и 1.8, выдержка 30 сек., качество L, режим AF покадровый, режим замера – точечный. Не удалось сделать фотографии с помощью объектива из-за того, что автофокусировка в нем отсутствует, а сфокусировать камеру на нужном объекте вручную не получилось. Погодные условия были благоприятные: температура воздуха была -2°C; ветер отсутствовал. Место проведения съёмок: г. Нижний Новгород, Окская Набережная (в районе Молитовского моста). Искусственное постороннее освещение было слабым, но его свечение в

некоторой степени мешало проведению съёмок. Съёмки длились 47 мин. с 20:54 до 21:41. Плеяды были видны на восточной стороне неба.

Около четырёх месяцев не представлялось возможным проведение съёмок, так как Плеяды не были видны в Северном полушарии. Поэтому следующие съёмки были проведены только 28.08.2021. Для съёмок использовались: Фотоаппарат Canon EOS 550D, штатив-тренога, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM и объектив «Юпитер-37АМ» 3,5/135 с фильтром с дифракционной решеткой «PHATON HAWKSLEY»; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6, выдержка от 10 до 30 сек., качество L, режим AF покадровый, режим замера – точечный. Погодные условия были благоприятные: температура воздуха была 9°C; ветер отсутствовал. Местом проведения съёмок мы выбрали поле в Балахнинском районе Нижегородской области, где полностью отсутствовало искусственное постороннее освещение. Съёмки длились 56 мин. с 23:36 до 00:20. Плеяды находились на северо-западе.

В период осени и зимы проведение съёмок сильно осложняется погодными условиями, большинство ночей в этот период времени пасмурные, и из-за облаков звёзд не видно. Поэтому съёмок проводилось не много, несмотря на то, что Плеяды находятся в удобном положении и видны большую часть ночи. Следующие съёмки мы проводили ночью с 06.11.2021 на 07.11.2021. Были использованы Фотоаппарат Canon EOS 550D, штатив-тренога, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM и объектив «Юпитер-37АМ» 3,5/135 с фильтром с дифракционной решеткой; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6, выдержка от 10 до 30 сек., качество L, режим AF покадровый, режим замера – точечный. Осложнялись съёмки тем, что из-за холода заряд фотоаппарата быстро «садился». Погодные условия были не очень благоприятные: температура воздуха около -8°C; был сильный ветер. Местом проведения съёмок мы выбрали Набережную Гребного Канала, удалённый от трассы участок. Съёмки

проводились с 21:48 до 23:12. Плеяды были видны на северо-западе с постепенным перемещением к северо-востоку.

Следующие съёмки проводились 23.11.2021. Мы использовали Фотоаппарат Canon EOS 550D, штатив-тренога, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM и объектив «Юпитер-37АМ» 3,5/135 с фильтром с дифракционной решеткой; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6, выдержка от 10 до 25 сек., качество L, режим AF - покадровый, режим замера – точечный. Погодные условия подходили для проведения съёмок, температура воздуха -10°C; был слабый ветер. Съёмки проходили в Городецком районе Нижегородской области с. Большой Суходол, берег Горьковского водохранилища. Искусственное постороннее освещение полностью отсутствовало; свечение Луны, находившейся в этот день недалеко от Плеяд, в некоторой степени мешало проведению съёмок. Съёмки проводились с 21:00 до 22:27. Плеяды были видны на северо-восточной стороне неба.

Съёмки в 2021 закончились 11.12.2021. Использовались: Фотоаппарат Canon EOS 550D, штатив-тренога, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM и объектив... с фильтром с дифракционной решеткой; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6, выдержка от 10 до 25 сек., качество L, режим AF - покадровый, режим замера – точечный. Погодные условия были не очень благоприятные. Температура воздуха была -18°C, что способствовало быстрому разряду батареи фотоаппарата. Мы проводили съёмки в Городецком районе Нижегородской области с. Большой Суходол, берег Горьковского водохранилища. Искусственное постороннее освещение полностью отсутствовало, однако свечение Луны, находившейся в этот день близко к Плеядам, мешало получению качественных фотографий. Съёмки длились 40 мин с 22:05 до 22:55.

Последние съёмки, предназначенные для фотографирования старых звезд, в были проведены 05.03.2022. Были использованы Фотоаппарат Canon EOS 550D, штатив-тренога, объектив Canon ZOOM EF 75-300mm f/5.6 STM и

объектив... с фильтром с дифракционной решеткой; настройки камеры: ISO от 400 до 6400, диафрагма 5.6, выдержка от 10 до 25 сек., качество L, режим AF - покадровый, режим замера – точечный. Погодные условия подходили, для проведения съёмок, температура воздуха была около -15°C; ветер не мешал. Съёмки проходили в Городецком районе Нижегородской области с. Большой Суходол, берег Горьковского водохранилища. Искусственное постороннее освещение полностью отсутствовало; Луна не была видна на небе. Съёмки проводились с 22:15 до 23:30. Звёзды были видны на западе.

ГЛАВА 3

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗВЁЗД

Для того, чтобы доказать, что все яркие звёзды скопления Плеяд произошли из одного молекулярного облака, имеют схожий состав и приблизительно равны по возрасту мы сфотографируем спектр свечения каждой из взятых нами изначально звёзд и сравним их.

Изучение спектров осуществляется с помощью спектрального анализа. Под этим определением понимается совокупность методов качественного и количественного состава звёзд по их спектру. Спектральный анализ возможен благодаря свойству веществ поглощать определённую часть видимого спектра, и в следствие, при разложении света на спектр будут видны чёрные полосы. Атомы всех химических элементов дают индивидуальный спектр в определённом диапазоне длин волн. Это позволяет определить химический состав излучающего вещества, а также обнаружить какой-либо элемент в составе сложного вещества. [3][8]

Благодаря высокой чувствительности и скорости проведения в астрофизике чаще всего применяют именно спектральный анализ для определения химического состава звёзд и других космических объектов, удалённых от Земли. Под спектральным анализом понимается не только определение химического состава космических объектов, но и нахождение по спектрам многих других физических характеристик этих объектов: температуры, давления, скорости движения или магнитной индукции. [9]

Спектры разделяют на несколько групп по характеру распределения значений физических величин, таких как масса, частота или энергия. Они могут быть линейчатыми, то есть дискретными, и сплошными — непрерывные спектры без каких-либо чёрных линий. (Помимо сплошных и линейчатых спектров существуют, также, комбинированные спектры, которые представляют собой наложение первых двух.)

Спектральная классификация является основным шагом в исследовании звезд, так как позволяет определить, к какому типу относится звезда и оценить ее температуру и светимость. [2]

Свет звезды зависит от её химического состава, так как атомы каждого элемента отличаются своим уникальным набором спектральных линий/волн, на которых они либо излучают свет, либо поглощают его. [10]

Химический состав звёзд различается. В основном они состоят из водорода и гелия, причём в молодых звёздах водород составляет 72—75 % массы, а гелий — 24—25 %, однако с возрастом доля гелия возрастает, а водород преобразуется в другие вещества. По мере истощения запаса водорода давление внутри звезды падает, и она теряет устойчивость.

Молодые звёзды с большой массой — это практически всегда звёзды классов О и В. Среди взятых нами звёзд гиганты и субгиганты, принадлежащие к спектральному классу В. Это молодые очень горячие и яркие звёзды с температурой поверхности 11 000—30 000 К. [4][11]

Во всех подклассах спектрального класса В водородные линии являются самыми яркими, и их яркость увеличивается с падением температуры поверхности звезды, то есть при переходе от подкласса В0 к подклассу В9. Хорошо видны линии гелия, ослабевающие с падением температуры, при этом интенсивность линий нейтрального гелия HeI достигает максимума у подкласса В2. [12]

При сравнении спектров свечения взятых нами звёзд, мы можем видеть, что они практически идентичны и линии поглощения на них совпадают с линиями поглощения водорода и гелия. (Таблица 1)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Плеяды — один из самых красивых и необычных объектов на нашем небе. Они с давних пор привлекали к себе внимание и часто упоминались в мифах и литературных произведениях. Однако, будучи самым ярким рассеянным звёздным скоплением на нашем небе, Плеяды представляют интерес и как предмет изучения для учёных-астрофизиков.

Выводы:









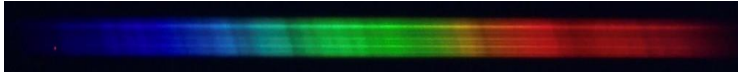


1. Подобраны режимы фотографирования спектров звезд с использованием цифрового фотоаппарата и дифракционной решетки.
2. Сфотографированы спектры ярчайших звезд Плеяд.
3. Установлено, что спектры звездного скопления Плеяды очень похожи, что свидетельствует о том, что они одного возраста.
4. Присутствие в спектрах в основном линий водорода и гелия говорит о том, что они находятся в начале эволюции.

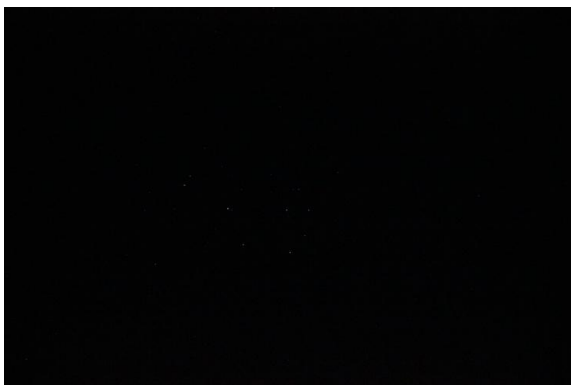
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

- 1) Аведтсова В.С. Галактики. Астрономия и Астрофизика / В.С. Аведтсова, Д.З. Вибе, В.Г. Судрин; изд. — Физматлит; 2019. — 432с.
- 2) Гусейханов М.К. Основы Астрофизики / М.К. Гусейханов; изд. — Лань; 2019. — 208 с.
- 3) Кириллова Е. А. Методы спектрального анализа: учебное пособие / Е.А. Кириллова, В. С. Маряхина; изд.— Оренбургский гос. ун-т.; 2017. — 105 с.
- 4) Масевич А.Г. Эволюция звезд: Теория и наблюдения /А.Г. Масевич, А.В. Тутуков; изд. — Ланенд; 2019. — 48с.
- 5) Чернин А.Д. Звезды и физика /А.Д. Чернин; изд. — Либроком; 2018. — 176с.
- 6) <https://ik-ptz.ru/literature/skoplenie-zvezd-v-otdelnuyu-gruppu-obrazuyut-astronomicheskaya-shkala.html> (дата обращения 27.12.21)
- 7) <https://myneato.ru/in-what-constellation-is-the-scattered-conglomeration-of-the-galaxy-the-diamond-stojjar-the-pleiades> (дата обращения 20.01.22)
- 8) <https://bigenc.ru/physics/text/4246900> (дата обращения 20.01.22)
- 9) <https://stud-baza.ru/spektryi-spektralnyi-analiz-i-ego-primeneniye-kursovaya-fizika> (дата обращения 30.01.22)
- 10) <http://ebike.dobrota.biz/41tehnicheskie/267149-1-federalnoe-gosudarstvennoe-byudzhethoe-obrazovatelnoe-uchrezhdenie-visshego-obrazovaniya-kubanskiy-gosudarstvenniy.php> (дата обращения 3.02.22)
- 11) <https://obrazovaka.ru/fizika/evolyuciya-zvezd-osnovnye-teorii-kratko.html> (дата обращения 27.01.21)
- 12) <https://studypoint.ru/referaty/tochnyye-nauki/4047-zvezdy> (дата обращения 16.01.22)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Сравнение спектров.

Альциона (B7IIIe)	
Атлас (B8III)	
Электра (B6III)	
Майя (B8III)	
Меропа (B6IVe)	
Тайгетта (B6IV)	
Плейона (B8Vne)	
Бетельгейзе	
Альдебаран	
Спектр поглощения Водорода	
Спектр поглощения Гелия	



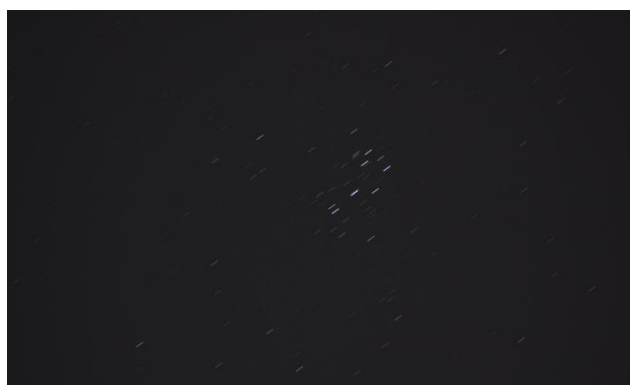
25.03.2021



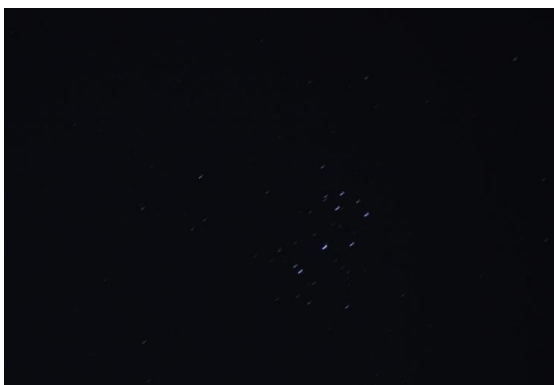
27.03.2021. 22:09



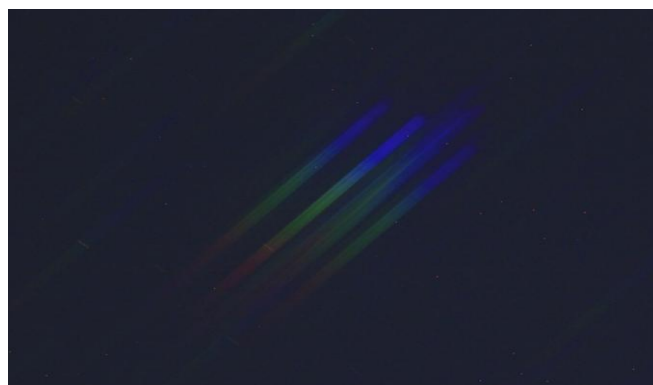
07.11.2021. 23:49



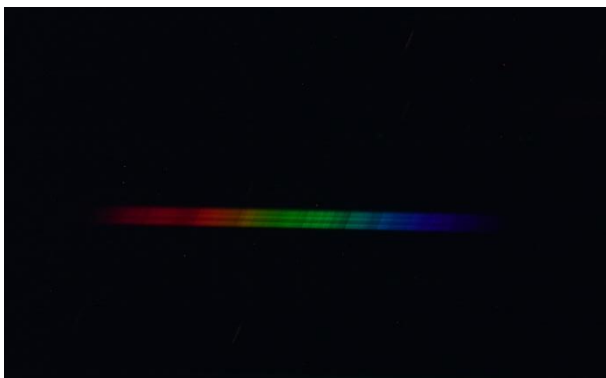
23.11.2021



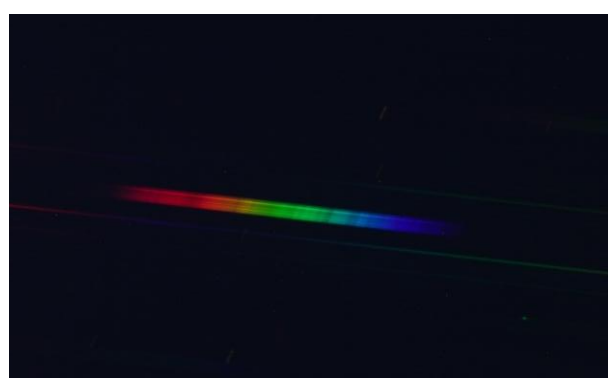
23.11.2021



11.12.2021



05.03.2022



05.03.2022