

Учебная дисциплина **Астрономия**

Методические указания для студентов гр.№4 Сварщик по профессии среднего профессионального образования

Преподаватель: Саврасова Лариса Алексеевна, larisa-savrasova@mail.ru,

т.89148804728

1. Рабочая программа учебной дисциплины Астрономия

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Инструкция по выполнению

1. Внимательно прочитайте задание.
2. Помните, что для правильных расчетов все единицы измерения следует перевести в систему СИ.
3. При выполнении тестового задания старайтесь сделать на своем черновике вспомогательный чертеж. Он поможет вам понять смысл физической задачи.
4. Все необходимые для вычислений физические константы, кроме скорости света и ускорения свободного падения, приведены в условии тестового задания. Скорость света считать равной $C = 3 \times 10^8$ м/с, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², заряд электрона $e = 1,6 \times 10^{19}$ Кл.

Вы можете воспользоваться учебными пособиями

Литература:

Учебники

Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс : учебник для общеобразоват. организаций / Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. К. Страут. — М. : Дрофа, 2017.

Левитан Е.П. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс. : учебник для общеобразоват. организаций / Е. П. Левитан. — М. : Просвещение, 2018.

Астрономия : учебник для проф. образоват. организаций / [Е.В.Алексеева, П.М.Скворцов, Т.С.Фещенко, Л.А.Шестакова], под ред. Т.С. Фещенко. — М. : Издательский центр «Академия», 2018.

Чаругин В.М. Астрономия. Учебник для 10—11 классов / В.М.Чаругин. — М. : Просвещение, 2018.

Учебные и справочные пособия

Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии / П. Г.Куликовский. — М. : Либроком, 2013.

Школьный астрономический календарь. Пособие для любителей астрономии / Московский планетарий — М., (на текущий учебный год).

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся	Объем часов	Уровень освоения	
Тема 2 Устройство Солнечной системы 10 ч.	Содержание учебного материала			
	1.	Система «Земля — Луна» (основные движения Земли, форма Земли, Луна — спутник Земли, солнечные и лунные затмения). Природа Луны (физические условия на Луне, поверхность Луны, лунные породы).	1	2
	4	Планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун; общая характеристика, особенности строения, спутники, кольца).	1	2
	5	Астероиды и метеориты. Закономерность в расстояниях планет от Солнца. Орбиты астероидов.	1	2
	7	Два пояса астероидов: Главный пояс (между орбитами Марса и Юпитера) и пояс Койпера (за пределами орбиты Нептуна; Плутон — один из крупнейших астероидов этого пояса). Физические характеристики астероидов. Метеориты.	1	2
	8	Кометы и метеоры (открытие комет, вид, строение, орбиты, природа комет, метеоры и болиды, метеорные потоки).	1	2
	9	Понятие об астероидно-кометной опасности. Исследования Солнечной системы. Межпланетные космические аппараты, используемые для исследования планет. Новые научные исследования Солнечной системы.	1 1	2 2
	Практические занятия		4	
	Используя сервис Google Maps, посетить: 1) одну из планет Солнечной системы и описать ее особенности;		4	

	2) международную космическую станцию и описать ее устройство и назначение.			
	Самостоятельная работа №1	10		
Тема 3. Строение и эволюция Вселенной 11 ч.	Содержание учебного материала			
	1	Расстояние до звезд (определение расстояний по годичным параллаксам, видимые и абсолютные звездные величины). Пространственные скорости звезд (собственные движения и тангенциальные скорости звезд, эффект Доплера и определение лучевых скоростей звезд).	1	2
	2	Физическая природа звезд (цвет, температура, спектры и химический состав, светимости, радиусы, массы, средние плотности). Связь между физическими характеристиками звезд (диаграмма «спектр — светимость», соотношение «масса — светимость», вращение звезд различных спектральных классов).	1	2
	3	Двойные звезды (оптические и физические двойные звезды, определенных масс звезды из наблюдений двойных звезд, невидимые спутники звезд). Открытие экзопланет — планет, движущихся вокруг звезд. Физические переменные, новые и сверхновые звезды (цефеиды, другие физические переменные звезды, новые и сверхновые).	1	2
	4	Наша Галактика (состав — звезды и звездные скопления, туманности, межзвездный газ, космические лучи и магнитные поля). Строение Галактики, вращение Галактики и движение звезд в ней. Сверхмассивная черная дыра в центре Галактики. Радиоизлучение Галактики. Загадочные гамма-всплески. Другие галактики (открытие других галактик, определение размеров, расстояний и масс галактик; многообразие галактик, радиогалактики и активность ядер галактик, квазары и сверхмассивные черные дыры в ядрах галактик).	1	2

5	<p>Метагалактика (системы галактик и крупномасштабная структура Вселенной, расширение Метагалактики, гипотеза «горячей Вселенной», космологические модели Вселенной, открытие ускоренного расширения Метагалактики).</p> <p>Происхождение и эволюция звезд. Возраст галактик и звезд.</p> <p>Происхождение планет (возраст Земли и других тел Солнечной системы, основные закономерности в Солнечной системе, первые космогонические гипотезы, современные представления о происхождении планет).</p> <p>Жизнь и разум во Вселенной (эволюция Вселенной и жизнь, проблема внеземных цивилизаций).</p>	1	2
6	<p>Экскурсии, в том числе интерактивные (в планетарий, Музей космонавтики и др.):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Живая планета. 2. Постигание космоса. 3. Самое интересное о метеоритах. 4. Обзорная экскурсия по интерактивному музею «Лунариум». 5. Теория и практика космического полета на тренажере «Союз — ТМА». <p>Ссылки: http://www.planetarium-moscow.ru/world-of-astronomy/astronomical-news/ http://www.kosmo-museum.ru/static_pages/interaktiv</p>	1	
Практические занятия		3	
Практическое занятие Решение проблемных заданий, кейсов.		3	
Контрольные работы по темам:		1	
		1	
Самостоятельная работа №2		10	
Дифференцированный зачет		2	
Всего		39	

Тема: Планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун; общая характеристика, особенности строения, спутники, кольца).

Задание №1

Оценка «3»

1. Прочитайте текст
2. Выпишите основные понятия.

Оценка «4»

Составьте 10 вопросов к тексту.

Оценка «5»

1. Сколько всего созвездий на небе?
2. Сколько звезд можно насчитать невооруженным глазом на небе?
3. Запишите название любого созвездия.
4. Какой буквой обозначается самая яркая звезда?
5. В состав какого созвездия входит Полярная звезда?
6. Какие виды телескопов вы знаете?
7. Назначение телескопа.
8. Назовите известные вам типы небесных тел.
9. Назовите любую, известную вам звезду.
10. Специальные научно – исследовательское учреждение для наблюдений.
11. Чем характеризуется звезда на небе в зависимости от видимой яркости.
12. Светлая полоса, пересекающая небо и видимая в яркую звездную ночь.
13. Как определить направление на север?
14. Расшифруйте запись Регул (α Льва).
15. Какая звезда ярче на небе α или β ?

Приложение

Урок. №10. Планеты земной группы и планеты-гиганты.

Общие характеристики планет земной группы:

1. Большая плотность (в несколько раз больше плотности воды);
2. Медленное вращение вокруг своей оси;
3. Малое число спутников: Меркурий и Венера - нет, Земля - 1 (Луна), Марс - 2 (Фобос и Деймос);
4. Твердая поверхность;

5. Небольшие размеры и массы: небольшие – Меркурий и Марс, большие (в 2 раза) – Венера и Земля.

6. Наличие литосферы – характерная черта всех планет земной группы.

Отличительные характеристики планет земной группы:

1. Венера вращается ретроградно, т.е. в обратном направлении относительно других планет.

2. Углы наклона осей к плоскости орбиты (смена времен года). У Земли и Марса почти одинаковы, но каждое время года на Марсе почти в 2 раза длиннее, Меркурий и Венера - почти перпендикулярны орбите.

3. Сильное отличие в атмосфере: Венера имеет очень плотную, Земля - плотную, Марс разреженную, а Меркурий - только признаки.

Планеты-гиганты

Планеты-гиганты – это крупные массивные образования с относительно малой средней плотностью. К этой группе планет относятся: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

Общие характеристики планет-гигантов

1. Большие размеры и масса;

2. Малая плотность ($\approx \text{H}_2\text{O}$);

3. Быстрое вращение вокруг оси (экваториальные зоны вращаются быстрее полярных, большое сжатие планет);

4. Очень удалены от Солнца – поэтому на них низкая температура;

5. Большое число спутников;

6. Имеются кольца (предсказаны в 1960 г. С.К. Всехсвятским);

7. Не имеют твердой поверхности;

8. Все планеты-гиганты обладают магнитным полем;

9. Плотная. Не - Н атмосфера.

Домашнее задание:

1. Происхождение названий планет.

2. Рассказ о планете, которой покровительствует ваш знак зодиака:

Солнце – планета-покровитель Львов;

Луна – планета-покровитель Раков;

Меркурий – планета-покровитель Близнецов и Дев;

Венера – планета-покровитель Тельцов и Весов;

Марс – планета-покровитель Овнов;

Юпитер – планета-покровитель Стрельцов;

Сатурн – планета-покровитель Козерогов;

Уран – планета-покровитель Водолеев;

Нептун – планета-покровитель Рыб;

Плутон – планета-покровитель Скорпионов.

Урок №11. Карликовые планеты. Малые тела Солнечной системы: астероиды, планеты-карлики, кометы, метеороиды. Метеоры, болиды и метеориты.

Карликовая планета – небесное тело, которое:

- 1) обращается по орбите вокруг Солнца;
- 2) имеет достаточную массу для того, чтобы под действием сил гравитации поддерживать близкую к сферической форму;
- 3) не является спутником планеты;
- 4) не может расчистить район своей орбиты от других объектов.

Транснептуновые объекты – это тела, вращающиеся вокруг Солнца за орбитой Нептуна. К ним относятся: Церера, Макемаке, Плутон, Эрида, Хаумеа.

Ближайшая к Солнцу и наименьшая среди известных карликовых планет Солнечной системы – Церера. Плутон – вторая по удалённости от Солнца и крупнейшая известная карликовая планета Солнечной системы. Эрида – вторая по величине, пятая по удалённости и самая массивная карликовая планета Солнечной системы.

Малые тела Солнечной системы - тела, обращающиеся вокруг Солнца и не являющиеся планетами, карликовыми планетами и их спутниками. К ним относятся: астероиды, метеориты, кометы,

Астероид (малая планета) - небольшое небесное тело Солнечной системы, имеющее неправильную форму и движущееся по орбите вокруг Солнца. Располагаются они в основном между Марсом и Юпитером, образуя главный пояс астероидов.

Метеоритное тело - каменное или железное небесное тело разнообразных размеров, форм и составов.

Болид – яркий огненный шар на небе, образовавшийся в результате вторжения метеоритного тела в атмосферу Земли.

Метеорит - тело космического происхождения, упавшее на поверхность крупного небесного объекта.

Кометы – непрочные тела, представляющие сгустки замёрзшего газа и пыли, которые вращаются вокруг Солнца по сильно вытянутым эллиптическим орбитам. В строении комет выделяют три части: ядро, кома и хвост. **Ядро кометы** - самая твёрдая часть кометы, в которой сосредоточена почти вся её масса. Оно состоит из очень рыхлого материала и представляет собой ком пыли спорами, занимающими до 80 % его объёма.

Кома – окружающая ядро светлая туманная оболочка чашеобразной формы, состоящая из газов и пыли. Кома вместе с ядром составляют голову кометы. **Хвост кометы** – вытянутый шлейф из пыли и газа кометного вещества, образующийся при приближении кометы к Солнцу.

Кометы, период появления которых не более 200 лет называют короткопериодическими. Долгопериодические кометы - кометы, период появления которых составляет более 200 лет.

Метеор («падающая звезда») - явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли мелких метеорных тел (метеороидов).

Постоянные массы метеоров, появляющиеся в определённое время года, в определённой стороне неба образуют метеорные потоки (звездопад, звёздный дождь) – персеиды, квадрантиды, леониды.

Урок №12. Состав и строение Солнца. Атмосфера Солнца. Солнечная активность и ее влияние на Землю.

Солнце – центральное тело Солнечной системы – является типичным представителем звезд, наиболее распространенных во Вселенной тел.

Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг. Возраст - 4,7 млрд. лет; масса - 330 000 масс Земли; радиус - 109 радиусов Земли; расстояние до Земли - 149600000 км; расстояние до центра Галактики - 28 000 световых лет; скорость в Галактике - 220 км/с.

Солнце - типичный представитель звёзд, представляющий собой огромный раскалённый плазменный шар. Температура его поверхности – 6000°C , в недрах она достигает 13 500 000 К.

Химический состав Солнца:

- водород составляет около 70% солнечной массы,
- гелий – более 28%,
- остальные элементы – менее 2%.

Средняя плотность солнечного вещества примерно 1400 кг/м^3 .

Внутреннее строение Солнца:

- ядро – центральная зона, где при высоком давлении и температуре происходят термоядерные реакции;
- «лучистая» зона, где энергия передается наружу от слоя к слою в результате последовательного поглощения и излучения квантов;
- наружная конвективная зона, где энергия от слоя к слою переносится самим веществом в результате перемешивания (конвекции).
- атмосфера.

Каждая из этих зон занимает примерно 1/3 солнечного радиуса.

Атмосфера Солнца.

1. Фотосфера - видимый слой солнечной атмосферы, толщиной ~ 300 км. Фотосфера состоит из отдельных зерен – гранул, размеры которых составляют в среднем несколько сотен (до 1000) километров. Гранула – это поток горячего газа, поднимающийся вверх.

В фотосфере происходит процесс постоянного возникновения и исчезновения гранул, который называется **грануляцией**.

2. Хромосфера - внешняя оболочка Солнца и других звёзд толщиной около 10 000 км, окружающая фотосферу. Температура вещества в хромосфере увеличивается с высотой от 4000 К до 20 000 К. Наблюдать хромосферу можно во время полных солнечных затмений как красноватое кольцо вокруг Солнца. В ней происходят бурные движения газа – гигантские водородные фонтаны - протуберанцы.

3. Внешние и самые разреженные слои солнечной атмосферы образуют солнечную корону. Это самая горячая часть солнечной атмосферы.

Периодически возникающие изменения магнитных полей порождают активные процессы в атмосфере Солнца, которые являются причиной возникновения в её слоях пятен, факелов, вспышек, число которых периодически меняется. **Солнечные пятна** - тёмные области холодного газа (их температура понижена примерно на 2000-2500 К по сравнению с окружающими участками фотосферы). **Солнечными факелами** называют яркие поля, окружающие солнечные пятна. Их температура на несколько сотен градусов выше температуры фотосферы. Взрывной процесс выделения энергии (кинетической, световой и тепловой) в атмосфере Солнца называется **солнечной вспышкой**.

Периодические изменения солнечной активности называют **солнечной цикличностью**. Наиболее заметно выраженный цикл солнечной активности с длительностью около 11 лет. В первые четыре года цикла происходит активное увеличение количества солнечных пятен. Также учащаются вспышки, число волокон и протуберанцев. В следующий период (около семи лет) количество пятен и активность уменьшаются. 11-летние циклы условно нумеруются, начиная с 1755 года. 24-й цикл солнечной активности начался в январе 2008 года. Его максимум приходится на 2014 г.

Солнечная активность оказывает сильное влияние в первую очередь на внешние оболочки Земли - магнитосферу и ионосферу. Во время мощных солнечных вспышек частицы могут разгоняться до 100 000 км/с, т. е. возникают космические лучи солнечного происхождения. Под воздействием солнечных космических лучей образуется окись азота NO, которая, взаимодействуя с озоном, активно его разрушает. После мощных вспышек на Солнце наблюдается понижение содержания озона в стратосфере над полярными шапками Земли. Столкновение плазменного облака с магнитосферой Земли является причиной её сильного возмущения. Воздействие коронального выброса приводит к возникновению сильных магнитных бурь, к разогреву и ускорению плазмы внутри магнитосферы. При этом быстрые протоны и электроны, сталкиваясь с молекулами воздуха на высоте 100—200 км, ионизируют их и заставляют светиться. В результате этого на Земле, преимущественно в околополярных широтах, наблюдаются полярные сияния. Во время магнитной бури изменяются электрические поля над поверхностью Земли. Это приводит, во-первых, к возникновению перегрузок в линиях электропередачи (до нескольких сотен ампер) и их отключению; во-вторых, к наведению сильных токов в трубах газо- и нефтепроводов и к выходу из строя их систем управления. Последствия магнитной бури сказываются на бортовых электронных системах космических аппаратов. Магнитные бури приводят к изменению давления в тропосфере (нижнем слое атмосферы Земли), в результате чего развиваются циклоны. На тот факт, что Солнце влияет на биологические объекты, в том числе и на здоровье человека, впервые ещё в 1915 г. обратил внимание Александр Леонидович Чижевский. Проанализировав исторические документы, учёный пришёл к выводу, что в прошлом массовые стихийные бедствия и вспышки эпидемий приходились преимущественно на годы максимумов солнечной активности. На основании выведенной связи А. Л. Чижевский попытался предсказать некоторые эпидемии на 35 лет вперёд. Его прогнозы сбылись в семи случаях из восьми. А. Л. Чижевский является одним из основателей гелиобиологии. Эта наука изучает влияние циклической активности Солнца на биологические объекты и здоровье человека.

Урок №13. Годичный параллакс и расстояния до звезд. Светимость, спектр, цвет и температура различных классов звезд. Диаграмма «спектр-светимость». Массы и размеры звезд.

Расстояния до звёзд принято определять, используя явление параллактического смещения. **Параллактическим смещением** называется изменение направления на предмет при перемещении наблюдателя. **Параллактическое смещение звезды** - это изменение координат звезды, вызванное изменением положения наблюдателя из-за обращения Земли вокруг Солнца. **Годичный параллакс звезды** - угол, под которым со звезды видна большая полуось земной орбиты, перпендикулярная направлению на звезду.

$$D = \frac{R}{\sin p}, \quad \text{где } R - \text{ радиус Земли.}$$

Для определения расстояний до ближайших звёзд используется параллакс, возникающий при годовом движении Земли вокруг Солнца. Для этого измеряется смещение изображения звезды относительно фона удалённых звёзд. Для измерения расстояний до звезд введена специальная единица длины, названная парсеком. **Парсек** — это такое расстояние, на котором параллакс звёзд равен $1''$. (**Парсек (пк)** - расстояние, с которого средний радиус земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в $1''$).

$$1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$

Расстояние до ближайшей звезды (α Центавра), параллакс которой $p = 0,75''$, составляет 270000 а.е.

Расстояния до звезд выражаются также в световых годах (св. г.).

Световой год - расстояние, которое свет, распространяясь в вакууме со скоростью 300 000 км/с, проходит за один год.

$$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ светового года}$$

Звёзды, находящиеся на одинаковом расстоянии, могут отличаться по видимой яркости (т.е. по блеску). Значит, они имеют различную светимость. **Светимость** - полная энергия, излучаемая звездой за единицу времени. В астрономии принято сравнивать звёзды по светимости, рассчитывая их блеск (звёздную величину) для одного и того же стандартного расстояния - 10пк.

Видимая звёздная величина, которую имела бы звезда, если бы находилась от нас на расстоянии 10 пк, получила название **абсолютной звёздной величины M**.

Звёзды имеют различный цвет. Цвет звезды определяется температурой её поверхности. Чем выше температура звезды, тем более голубоватым выглядит её свечение. С увеличением температуры максимум излучения абсолютно чёрного тела смещается в коротковолновую область спектра.

С учётом видов спектральных линий и их интенсивности строится **спектральная классификация звёзд**.

Спектральная классификация - классификация звёзд по спектру излучения, с учётом видов спектральных линий и их интенсивности.

Класс O - очень горячие звёзды с температурой 30 000 - 60 000 К. Наибольшая интенсивность излучения приходится на ультрафиолетовую область спектра.

Класс B - голубовато-белые звёзды с температурой 10 000-30 000 К

Класс A - звёзды белого цвета с температурой 7500-10 000 К.

Класс F - бело-жёлтые звёзды с температурой 6000-7500 К.

Класс G - жёлтые звёзды с температурой 5000-6000 К.

Класс K - оранжевые звёзды с температурой 3500-5000 К.

Класс M - ярко-красные (иногда тёмно-оранжевые) звёзды с температурой 2000-3500 К.

Класс Q - звёзды, светимость которых внезапно увеличивается в $\sim 10^3$ - 10^6 раз.

Класс W (WR) - (Ш. Вольф и Ж. Райе) класс звёзд, для которых характерны очень высокая температура ($\sim 10^5$ К) и светимость.

Коричневые карлики (L, T, Y) - субзвёздные объекты, температура которых не превышает 2000 К.

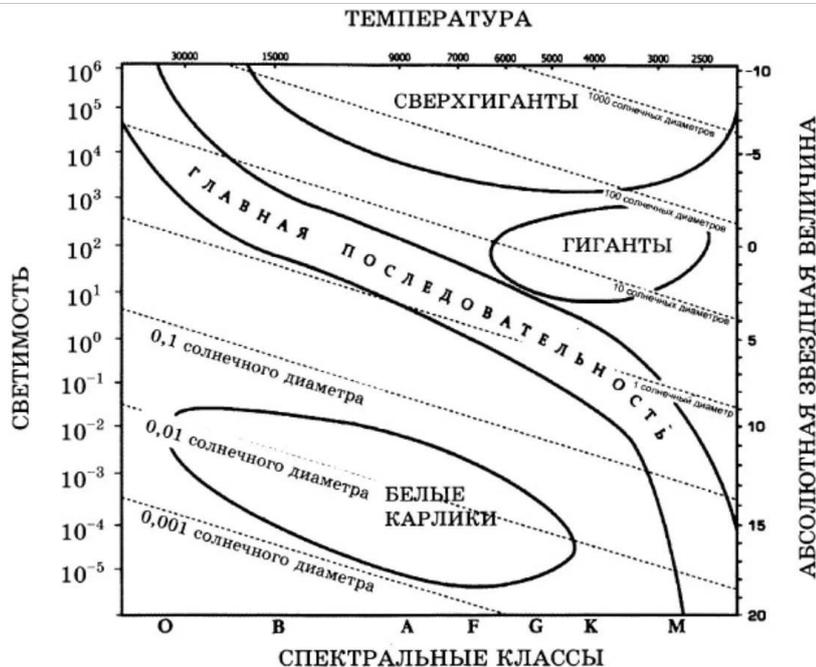
Класс Y - ультрахолодные коричневые карлики с температурой 300 - 500 К.

Внутри класса звёзды делятся на подклассы от 0 (самые горячие) до 9 (самые холодные).

Солнце принадлежит спектральному классу G2.

Зависимость между видом спектра и светимостью звёзд называется диаграммой спектр-светимость или диаграммой **Герцшпрунга — Рассела**. Согласно этой зависимости все звёзды делятся на группы - последовательности:

1. **главная последовательность** – сюда относятся большинство карликовых звёзд, в том числе и Солнце;
2. **последовательность красных гигантов;**
3. **последовательность сверхгигантов;**
4. **последовательность белых карликов.**



1. Подавляющее большинство звезд принадлежит главной последовательности.
2. Чем горячее звезды, тем большую светимость имеют.
3. Группы звезд делятся по размерам.
4. Звезды данного спектрального класса не могут иметь произвольной светимости (и наоборот).
5. По диаграмме исследуют эволюцию.
6. Большинство звезд – карлики.

Главная последовательность (около 90% звезд) - это последовательность звезд разной массы. Самые большие (голубые гиганты) расположены в верхней части, а самые маленькие звезды – карлики – в нижней части главной последовательности. Их светимость обусловлена ядерными реакциями превращения водорода в гелий. Красные гиганты и сверхгиганты располагаются над главной последовательностью справа, белые карлики – под ней слева, поэтому начало левой части главной последовательности представлена голубыми звёздами с массами ~ 50 солнечных, конец правой - красными карликами с массами $\sim 0,08$ солнечных.

Существует связь между массой звезды и её светимостью: чем больше масса звезды, тем больше её светимость.

Домашнее задание:

Характеристика звезды (её название соответствует Вашему порядковому номеру в журнале ТО).

1	Альдебаран	14	Капелла
2	Арктур	15	Канопус
3	Альтаир	16	Мулифен
4	Алголь	17	Мускида (Мусцида)
5	Алькор	18	Мицар
6	Антарес	19	Полярная
7	Бетельгейзе	20	Поллукс
8	Вега	21	Процион
9	Васат	22	Проксима
10	Веритате	23	Сириус
11	Денеб	24	Спика
12	Кастор	25	Фомальгаут
13	Мирах	26	Хека

Урок №14. Модели звезд. Переменные и нестационарные звезды.

Массы звёзд вычисляются с использованием 3^{го} закона Кеплера. Массы большинства звёзд лежат в пределах от 0,03 до 60 масс Солнца.

Двойными звёздами называют близко расположенные пары звёзд. Типы двойных звёзд: оптические двойные и физические двойные. **Физическая двойная звезда** – система из двух гравитационно связанных звёзд, обращающихся по замкнутым орбитам вокруг общего центра масс. **Кратными** называются звёздные системы, имеющие менее 10 компонентов. Кратная звезда состоит из трёх или более звёзд, которые связаны друг с другом силами гравитации (или которые выглядят с Земли близкими друг к другу).

Звёздное скопление – гравитационно связанная группа из 10 и более звёзд, имеющих общее происхождение, движущаяся в гравитационном поле галактик и как единое целое.

Классы физических двойных звёзд:

В зависимости от условий наблюдения все звёзды делятся на:

1. **Визуально-двойные** – это двойные звёзды, компоненты которых можно увидеть отдельно (в телескоп или сфотографировать). Орбиты визуально-двойных сравнимы с орбитами планет-гигантов Солнечной системы.
2. Звёздные пары, двигаясь друг относительно друга, периодически заслоняют друг друга, при этом их блеск меняется. Такие звёздные пары называют **затменно-двойными**.
3. **Спектрально-двойные** - звёзды, двойственность которых устанавливается лишь на основании спектральных наблюдений.
4. **Астрометрически-двойные** – очень тесные звёздные пары, в которых одна из звёзд или очень мала по размерам, или имеет низкую светимость.

Планеты, находящиеся за пределами Солнечной системы, называются **экзопланетами**.

Размеры и модели звёзд

Размеры звёзд лежат в очень широких диапазонах: от небольших белых карликов и нейтронных звёзд до огромных красных гигантов и гипергигантов. В зависимости от массы и размеров звёзды различаются по внутреннему строению, хотя имеют примерно одинаковый химический состав.

Переменные и нестационарные звёзды.

Физические переменные (нестационарные) звёзды – переменные звёзды, у которых происходят периодические изменения блеска из-за физических процессов, происходящих в их недрах. Мерцание звёзд происходит из-за колебаний воздуха земной атмосферы. Типы переменных звёзд: пульсирующие и эруптивные.

Пульсирующие переменные звёзды – это физические переменные звёзды, у которых происходят периодические колебания блеска. **Эруптивные** - физические переменные звёзды, которые проявляют свою переменность в виде вспышек. К ним относятся новые и сверхновые звёзды.

Мира А Кита - пульсирующая переменная звезда с периодом 332 дня, в течение которых её видимая звёздная величина меняется от $2,0^m$ до $10,1^m$. Мириды – класс пульсирующих переменных звёзд с периодом от нескольких недель до года и более. Практически все мириды являются красными гигантами. Изменение блеска мирид

связано с их периодическим сжатием и расширением. Пульсационные колебания – изменение блеска звезды, обусловленное нарушениями равновесия между силами гравитационного притяжения и лучевого давления.

Цефеиды – класс пульсирующих переменных звёзд с довольно точной зависимостью период-светимость, названный в честь звезды δ Цефея. Их блеск плавно и периодически меняется от $0,5^m$ до $2,0^m$ с периодом от 1,5 до 70 суток. Изменение светимости цефеид сопровождается изменениями их лучевой скорости и температуры. Период пульсации цефеид зависит от их светимости: чем она больше, тем больший период пульсации. Цефеиды - жёлтые яркие гиганты, гиганты или сверхгиганты спектральных классов F и G, обладающие очень высокой светимостью.

Переменные типа RR Лиры – тип радиально пульсирующих переменных звёзд с периодами от 0,2 до 1,2 дня и амплитудами изменения блеска от $0,2^m$ до 2^m .

Новые звёзды - звёзды, светимость которых внезапно увеличивается в 10^3 - 10^6 раз в течение суток. Новыми называют звёзды, у которых внезапно увеличивается блеск. За время вспышки новая излучает 10^{38} Дж энергии (столько энергии Солнце излучает за 100 тыс. лет).

Сверхновая I класса – переменная звезда, являющаяся результатом взрыва белого карлика. Сверхновая II класса является конечным этапом эволюции массивной одиночной звезды.

Нейтронная звезда – космическое тело, состоящее из нейтронной сердцевины, покрытой сравнительно тонкой (~ 1 — 2 км) корой вещества в виде тяжёлых атомных ядер и электронов.

Пульсар – нейтронная звезда, обладающая очень быстрым вращением и мощным магнитным полем. Пульсар представляет собой источник строго периодических радиоимпульсов с периодом от 0,0014 с до 11,8 с.

Гиперновая – взрыв массивной звезды (с массой более 80 масс Солнца) после коллапса её ядра. Если после взрыва масса оставшегося вещества превосходит 2 - $3M_{\odot}$, то звезда сжимается в крошечное плотное тело. **Чёрная дыра** – область пространства-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что даже свет не может его преодолеть.

Радиус Шварцшильда (гравитационный радиус) – критический радиус, до которого должна сжаться звезда, чтобы превратиться в чёрную дыру:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

Урок №15. Размеры, строение и состав Галактики. Состав межзвездной среды и его характеристика. Характеристика видов туманностей.

Галактики - гигантские гравитационно-связанные системы звёзд и межзвёздного вещества, расположенные вне нашей Галактики.

Наша Галактика - гравитационно-связанная система, состоящая из 200-400 млрд. звёзд и межзвёздной среды. Все звёзды Млечного Пути образуют единую звёздную систему в форме диска конечных размеров.

Диаметр Галактики составляет около 30 кпк (около 100 тыс. световых лет), а толщина - около 4 кпк.

Линия, идущая вдоль середины Млечного Пути, называется галактическим экватором, а образующая его плоскость - **галактической плоскостью**. В состав Галактики входят звёзды и звёздные скопления. Число звёзд в Галактике порядка 10^{12} (триллиона).

Масса Галактики составляет примерно 500 млрд. масс Солнца.

Звёздные скопления - гравитационно-связанные группы звёзд, которые имеют общее происхождение и движутся в поле тяготения Галактики как одно целое. Различают рассеянные и шаровые звёздные скопления.

Рассеянное звёздное скопление - это не имеющая правильной формы сравнительно неплотная группа, содержащая от нескольких десятков до нескольких тысяч звёзд, образованных из одного молекулярного облака и имеющих примерно одинаковый возраст.

Шаровое скопление - звёздное скопление, в котором содержится до миллиона звёзд, тесно связанных гравитацией. Они обладают симметричной сферической формой и характеризуются увеличением концентрации звёзд к центру скопления. Шаровые скопления образуют гало вокруг центра Галактики. В основном они состоят из красных гигантов и сверхгигантов. Возраст шаровых скоплений достигает 11-13 млрд лет.

Звёздные ассоциации - группы звёзд, которые не связаны силами гравитации, или слабосвязанные молодые звёзды, объединённые общим происхождением.

Все звёзды диска Галактики обращаются вокруг её ядра по орбитам, близким к круговым. Это вращение происходит по часовой стрелке, если смотреть на Галактику со стороны её северного полюса, находящегося в созвездии Волосы Вероники.

Угловая скорость вращения убывает по мере удаления от центра. Линейная скорость вращения сначала возрастает с удалением от центра Галактики, достигая максимума (около 220 км/с) на расстоянии Солнца, после чего очень медленно убывает. Полный период обращения Солнца вокруг ядра Галактики составляет примерно 220 млн. лет (галактический год). Звёзды и скопления звёзд сферической составляющей Галактики движутся по сильно вытянутым и наклонённым к плоскости диска под разными углами орбитам. Такие звёзды имеют относительно Солнца очень большие скорости (до 200—300 км/с).

Межзвёздная среда - вещество и поля, заполняющие межзвёздное пространство внутри Галактики. Большая часть массы межзвёздной среды приходится на разреженный газ и пыль.

Основным компонентом межзвёздной среды является межзвёздный газ, который на 70% состоит из водорода и на 28% - из гелия. Водород составляет основную массу вещества Галактики.

Межзвёздная пыль - твёрдые микроскопические частицы, наряду с межзвёздным газом заполняющие пространство между звёзд. Полная масса космической пыли составляет порядка 1 % от полной массы межзвёздного газа.

В состав Галактики входят также туманности. **Газопылевая туманность** - участок межзвёздной среды, выделяющийся своим излучением или поглощением излучения на общем фоне неба. Туманности неправильной формы называют диффузными, а те, которые имеют правильную, форму и напоминающие по виду планеты – планетарными.

Строение Галактики.

Галактика состоит из ядра, диска, гало и короны. Она имеет форму плоского линзообразного диска диаметром около 30 и толщиной около 4 кпс. Звёздный диск Галактики имеет структуру в виде спиральных ветвей – рукавов. Выделяются две спиральные ветви: Стрельца и Персея (названы по созвездиям, где обнаруживаются эти ветви). В созвездии Ориона проходит ещё одна, не столь ярко выраженная ветвь (Орионов рукав). Вдоль рукавов сосредоточены самые молодые звёзды, например, сверхгиганты, рассеянные звёздные скопления и ассоциации. В рукавах происходит активное звёздообразование, здесь часто вспыхивают сверхновые.

В середине диска располагается балдж (вздутие). В центральной части Галактики расположено его ядро, которое представляет собой высокоплотный объект, возможно сверхмассивную чёрную дыру. Ядро наблюдается в созвездии Стрельца. Звёзды, не входящие в состав диска, образуют её звёздное гало, оно состоит из очень старых звёзд, разреженного газа и тёмной материи.

Типичная галактика (вроде Млечного Пути) состоит из четырех основных частей: ядра, диска, гало и короны. Центральная, наиболее компактная область галактики называется ядром. Там пребывает черная дыра. В ядре к тому же высокая концентрация звезд.

Область пространства вокруг ядра, имеющая сферическую форму и содержащая звезды, представляет собой гало. Центральная наиболее плотная часть гало в пределах нескольких тысяч световых лет от центра галактики имеет собственное имя — балдж. Здесь сосредоточено почти все молекулярное вещество межзвездной среды.

Третья часть галактики — это массивный звездный диск. Он представляет собой как бы две сложенные краями тарелки. В диске концентрация звезд значительно больше, чем в гало. Звезды внутри диска движутся по круговым траекториям вокруг центра галактики. В звездном диске между спиральными рукавами Млечного Пути расположено Солнце.

Диск и окружающее его гало погружены в корону. Она представляет собой оболочку горячего газа, простирающегося на десятки тысяч световых лет с каждой из сторон центральной плоскости галактического диска. Этот газ испускает ультрафиолетовое излучение, по которому и удастся обнаружить и изучить короны галактик. Таким способом было установлено, что размеры короны нашей галактики в 10 раз больше, чем размеры ее диска.

Урок №16. Разнообразие мира галактик. Квазары. Скопления и сверхскопления галактик. Основы современной космологии. «Красное смещение» и закон Хаббла.

Галактиками называют гигантские гравитационно-связанные системы звёзд и межзвёздного вещества, расположенные вне нашей Галактики. Современные мощные телескопы сделали доступной регистрацию сотен миллиардов галактик. Фотоснимки показали, что галактики различаются по внешнему виду и структуре. Хаббл предложил классифицировать галактики по их форме. Согласно современной классификации различают галактики следующих основных типов: эллиптические (E), спиральные (S), неправильные (Ir) и линзовидные (S0).

Эллиптические галактики в проекции на небесную сферу выглядят как круги или эллипсы. Число звёзд в них плавно убывает от центра к краю. Звёзды вращаются в такой системе в разных плоскостях. Сами эллиптические галактики вращаются очень медленно. Они содержат только жёлтые и красные звёзды, практически не имеют газа, пыли и молодых звёзд высокой светимости. Физическим характеристикам этих галактик свойствен довольно широкий диапазон: диаметры - от 5 до 50 кпк, массы - от 10^6 до 10^{13} масс Солнца, светимости - от 10^6 до 10^{12} светимостей Солнца. Около 25% изученных галактик принадлежит к галактикам эллиптического типа. Около половины изученных галактик относится к спиральному типу.

Спиральные галактики - это сильно сплюснутые системы с центральным уплотнением (в котором находится ядро галактики) и заметной спиральной структурой. Размеры этих галактик достигают 40 кпк, а светимости - 10^{11} светимостей Солнца. В окружающем уплотнение диске имеются две или более клочковатые спиральные ветви. Примерно у половины спиральных галактик в центральной части имеется почти прямая звёздная перемычка - бар, от которой начинают закручиваться спиральные рукава. Такие галактики называются спиральными с перемычкой. В спиральных ветвях галактик сосредоточены самые яркие и молодые звёзды, яркие газопылевые туманности, молодые звёздные скопления и звёздные комплексы. Поэтому спиральный узор отчётливо виден даже у далёких галактик, хотя на долю спиральных рукавов приходится всего несколько процентов массы. Наша Галактика

является спиральной. Ближайшая звёздная система, похожая по структуре и типу на нашу Галактику, - это туманность Андромеды. Свет от этой галактики доходит до нас примерно за 2 млн лет.

Линзовидные галактики внешне (если видны плашмя) очень похожи на эллиптические, но имеют сплюснутый звёздный диск. По структуре подобны спиральным галактикам, однако не имеют плоской составляющей и спиральных ветвей. От спиральных галактик, наблюдаемых с ребра, линзовидные галактики отличаются отсутствием полосы тёмной материи.

К **неправильным** галактикам относят маломассивные галактики неправильной структуры. У них не наблюдается чётко выраженного ядра и вращательной симметрии. Видимая яркость таких галактик создаётся молодыми звёздами высокой светимости и областями ионизированного водорода. Массы неправильных галактик составляют от 10^8 до 10^{10} масс Солнца, размеры этих галактик достигают 10 кпк, а светимости их не превышают 10^{10} светимостей Солнца. В таких галактиках содержится много газа - до 50% их общей массы. Ближайшими к нам яркими неправильными галактиками являются Магеллановы Облака (Большое и Малое). Они выглядят как два туманных облачка, серебристо светящихся в хорошую погоду на ночном небе.

Расстояния до ближайших галактик определяются по оценкам видимых звёздных величин цефеид. Для галактик, где не обнаружены цефеиды или их невозможно увидеть, в качестве индикаторов расстояний используют ярчайшие звёзды-сверхгиганты, новые и сверхновые звёзды, шаровые звёздные скопления. Расстояния до далёких галактик определяют также по их угловым размерам или по видимой звёздной величине, а до очень далёких галактик - исключительно по величине красного смещения в их спектре.

Красное смещение (z) обычно измеряется относительным изменением длины волны спектральных линий:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

Ещё в 1912-1914 гг. было обнаружено, что линии в спектрах далёких галактик смещены относительно их нормального положения в сторону красного конца спектра. Это означало, что галактики удаляются от нас со скоростями в сотни километров в

секунду. Позже Э. Хаббл определил расстояния до некоторых галактик и их скорости. Из наблюдений следовало, что чем дальше от нас находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется. Закон, по которому скорость удаления галактики пропорциональна расстоянию до неё, получил название закона Хаббла. **Закон Хаббла** можно сформулировать таким образом: относительное увеличение длин волн линий в спектрах галактик пропорционально расстоянию r до них, т. е.

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

Удаление галактик происходит во все стороны со скоростями, прямо пропорциональными расстоянию до них: $v = HD$, где H — коэффициент пропорциональности, называемый постоянной Хаббла. Коэффициент Хаббла показывает, на сколько километров в секунду возрастает скорость галактик с увеличением расстояния до них на 1 Мпк.

Урок №17. Нестационарная Вселенная А. А. Фридмана. Большой взрыв. Реликтовое излучение. Ускорение расширения Вселенной. «Темная энергия» и антигравитация.

Совокупность наблюдаемых галактик всех типов и их скоплений, межгалактической среды образует Вселенную. Одно из важнейших свойств Вселенной - её постоянное расширение, «разлёт» скоплений галактик, о чём свидетельствует красное смещение в спектрах галактик. Вселенная находится в состоянии приблизительно однородного и изотропного расширения. Однородность означает одинаковость всех свойств материи всюду в пространстве, а изотропия - одинаковость этих свойств в любом направлении. Однородность свидетельствует об отсутствии выделенных областей пространства, а изотропия - об отсутствии выделенного направления. Предположение об однородности и изотропии Вселенной называют космологическим принципом.

Гипотезу о расширении Вселенной на основе общей теории тяготения А. Эйнштейна и строгих расчётов выдвинул в 1922 г. русский учёный А. А. Фридман. Расчёты показали, что Вселенная не может быть стационарной; в зависимости от средней плотности вещества во Вселенной она должна либо расширяться, либо

сжиматься. Нестационарная модель Вселенной утвердилась в науке лишь после того, как Э. Хаббл обнаружил разбегание галактик.

Из расчётов Фридмана вытекали три возможных следствия: Вселенная и её пространство расширяются с течением времени; Вселенная через определённое время начнёт сжиматься; во Вселенной чередуются через большие промежутки времени циклы сжатия и расширения.

При создании модели расширяющейся Вселенной было показано, что существует некоторое значение критической плотности $\rho_{кр}$ Вселенной. По современным оценкам, плотность вещества Вселенной близка к критическому значению: она либо немного больше, либо немного меньше (не решён окончательно вопрос об учёте межгалактического газа и «скрытой массы»). Если фактическая средняя плотность вещества во Вселенной больше критической, то в будущем расширение Вселенной должно смениться её сжатием. Если средняя плотность вещества во Вселенной меньше критической, то расширение продолжится.

Постоянная Хаббла позволяет оценить время, в течение которого продолжается процесс расширения Вселенной. Определено, что оно не меньше 10 млрд. и не более 19 млрд. лет. Наиболее вероятное значение среднего возраста Вселенной - около 15 млрд. лет. Эта величина не противоречит оценкам возраста наиболее старых звёзд.

В основе современной астрономической картины мира об эволюции Вселенной лежит модель горячей Вселенной. В соответствии с ней на ранних стадиях расширения Вселенная характеризовалась не только высокой плотностью вещества, но и его высокой температурой. Гипотезу «горячей Вселенной» выдвинули Ж. Леметр и Г. А. Гамов. Она получила название **Большого взрыва**. Согласно этой теории, предполагается, что Вселенная возникла в результате взрыва из состояния с очень высокой плотностью материи, обладающей огромной энергией. Это начальное состояние материи называется сингулярностью - точечный объём с бесконечной плотностью. Расширение Вселенной нельзя рассматривать как расширение сверхплотной вначале материи в окружающую пустоту, ибо окружающей пустоты не было. Вселенная — это всё существующее. Вещество Вселенной с самого начала однородно заполняло всё безграничное пространство. И хотя давление было огромным, оно не создавало расширяющей силы, так как везде было одинаковым. Причины начала расширения Вселенной до конца не известны. По мере её расширения

температура падала от очень высокой до очень низкой, что и обеспечило благоприятные условия для образования звёзд и галактик.

На основании моделей Фридмана была разработана поэтапная физическая картина эволюции вещества, начиная с момента взрыва. Чуть более трёх минут спустя формирование ранней Вселенной закончилось, и начался процесс соединения протонов и нейтронов в составные ядра. Затем почти 500 тыс. лет шло медленное остывание. Когда температура Вселенной упала примерно до 3 тыс. градусов, ядра водорода и гелия уже могли захватывать свободные электроны и превращаться в нейтральные атомы. Через миллион лет после начала расширения наступила эра вещества, когда из горячей водородно-гелиевой плазмы с малой примесью других ядер стало развиваться многообразие нынешнего мира.

Неоднородности во Вселенной, из которых впоследствии возникли все структурные образования, зародились в виде ничтожных случайных отклонений (флуктуаций), а затем усилились в эпоху, когда ионизированный газ во Вселенной стал превращаться в нейтральный, т. е. когда излучение «оторвалось» от вещества. После того как вещество стало прозрачно для электромагнитного излучения, в действие вступили гравитационные силы. Они стали преобладать над всеми другими взаимодействиями между массами практически нейтрального вещества, составлявшего основную часть материи Вселенной. Гравитационные силы создали галактики, звёзды и планеты. **Тёмная материя** - гипотетическая форма материи, которая не испускает электромагнитного излучения и напрямую не взаимодействует с ним. Возможно, она состоит из элементарных частиц, слабо взаимодействующих с обычным веществом. Темная материя - это вещество, которое заставляет галактики и звезды существовать (мы можем так сказать, потому что это самая распространенная материя вокруг, хотя мы ее не видим). Когда ученые подсчитали, почему Вселенная устроена так, как она есть, они обнаружили, что нормальной материи просто не хватает, чтобы удержать все вместе. Гравитации видимой материи недостаточно для образования галактик и звезд. Поэтому внутри и вокруг галактик должно быть что-то еще, что заставляет их существовать. То, что не излучает и не отражает свет. Что-то темное. Это породило термин темная материя.

