

Дата **26.04.2023 г.** Группа ПКД 1/1. Курс 1. Семестр 2

Дисциплина: Астрономия

Тема занятия: Звезды

Цель занятия:

- *методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;

- *учебная* – знать методы астрономических исследований;

- *воспитательная* – формирование стремления к овладению знаний, активности, самостоятельности суждения.

Вид занятия: Вводная лекция

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2022. – 238 с.

Дополнительная литература

1. Воронцов-Вельяминов, Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 5-е изд., пересмотр. – М.: Дрофа, 2018. – 238, [2] с.: ил., 8 л. цв. вкл. – (Российский учебник).
2. Астрономия: учебно-методическое пособие / сост. Бешевли Б.И., Охрименко Н.А., Шаргородская О.А. – ГОУ ДПО «Донецкий РИДПО». – Донецк: Истоки, 2018. – 204 с.
3. Астрономия. 11класс. Методическое пособие к учебнику Б.А. Воронцова-Вельяминова, Е.К. Страута «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс» / М.А.Кунаш. – М.: Дрофа, 2018. – 217Б [7] с.

<https://www.youtube.com/watch?v=EYcyWoI9XFk> **Все про Звезды!!!**

Тема: Звезды

1. Годичный параллакс и расстояния до звезд
2. Видимая и абсолютная звездная величина
3. Цвет, спектры и температура звезд
4. Виды звезд
5. Эволюция звезд

1. Годичный параллакс и расстояния до звезд

Звезды являются самым распространенным типом небесных тел во Вселенной. Звезд до 6-й звездной величины насчитывается около 6000, до 11-й звездной величины примерно миллион, а до 21-й звездной величины их на всем небе около 2 млрд.

Все они, как и Солнце, являются горячими самосветящимися газовыми шарами, в недрах которых выделяется огромная энергия. Однако звезды даже в самые сильные телескопы видны как светящиеся точки, так как они находятся очень далеко от нас.

Радиус Земли оказывается слишком малым, чтобы служить базисом для измерения параллактического смещения звезд и для определения расстояний до них. Еще во времена Коперника было ясно, что если Земля действительно обращается вокруг Солнца, то видимые положения звезд на небе должны меняться. За полгода Земля перемещается на величину диаметра своей орбиты. Направления на звезду с противоположных точек этой орбиты должны различаться. Иначе говоря, у звезд должен быть замечен *годовой параллакс* (рис.1).

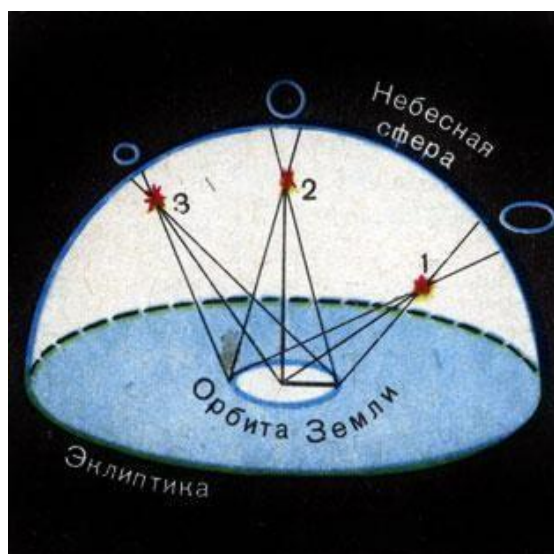


Рисунок 1 - Годичные параллаксы звезд

Годичным параллаксом звезды ρ называют угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а. е.), если она перпендикулярна лучу зрения.

Чем больше расстояние D до звезды, тем меньше ее параллакс. Параллактическое смещение положения звезды на небе в течение года происходит по маленькому эллипсу или кругу, если звезда находится в полюсе эклиптики

Коперник пытался, но не смог обнаружить параллакс звезд. Он правильно утверждал, что звезды слишком далеки от Земли, чтобы существовавшими тогда приборами можно было заметить их параллактическое смещение.

Впервые надежное измерение годичного параллакса звезды Веги удалось осуществить в 1837 г. русскому академику В. Я. Струве. Почти одновременно с ним в других странах определили параллаксы еще у двух звезд, одной из которых была α Центавра. Эта звезда, которая в СССР не видна, оказалась ближайшей к нам, ее годичный параллакс $\rho = 0,75''$. Под таким углом невооруженному глазу видна проволочка толщиной 1 мм с расстояния 280 м. Неудивительно, что так долго не могли заметить у звезд столь малые угловые смещения.

Расстояние до звезды:

$$D = \frac{a}{\sin \rho},$$

где a - большая полуось земной орбиты.

При малых углах, если ρ выражено в секундах дуги:

$$\sin \rho = \frac{\rho}{206265''},$$

Тогда, приняв $a = 1$ а. е. (а.е.-астрономическая единица), получим:

$$D_{\text{а. е.}} = \frac{206265''}{\rho}.$$

Расстояние до ближайшей звезды α Центавра $D = 206\,265'' : 0,75'' = 270\,000$ а. е. Свет проходит это расстояние за 4 года, тогда как от Солнца до Земли он идет только 8 мин, а от Луны около 1 с.

Расстояние, которое свет проходит в течение года, называется световым годом. Эта единица используется для измерения расстояния наряду с парсеком (пк).

Парсек - расстояние, с которого большая полуось земной орбиты, перпендикулярная лучу зрения, видна под углом в 1".

Расстояние в парсеках равно обратной величине годового параллакса, выраженного в секундах дуги. Например, расстояние до звезды α Центавра равно 0,75" (3/4"), или 4/3 ПК.

1 парсек = 3,26 светового года = 206 265 а. е. = $3 \cdot 10^{13}$ км.

В настоящее время измерение годового параллакса является основным способом при определении расстояний до звезд. Параллаксы измерены уже для очень многих звезд.

Измерением годового параллакса можно надежно установить расстояние до звезд, находящихся не далее 100 ПК, или 300 световых лет.

2. Видимая и абсолютная звездная величина

Светимость звезд. После того как астрономы получили возможность определять расстояния до звезд, было установлено, что звезды отличаются по видимой яркости не только из-за различия расстояния до них, но и вследствие различия их *светимости*.

Светимостью звезды L называется мощность излучения световой энергии по сравнению с мощностью излучения света Солнцем.

Если две звезды имеют одинаковую светимость, то звезда, которая находится дальше от нас, имеет меньшую видимую яркость. Сравнивать звезды по светимости можно лишь в том случае, если рассчитать их видимую яркость (звездную величину) для одного и того же стандартного расстояния. Таким расстоянием в астрономии принято считать 10 ПК.

***Видимая** звездная величина, которую имела бы звезда, если бы находилась от нас на стандартном расстоянии $D_0=10$ ПК, получила название **абсолютной** звездной величины M .*

3. Цвет, спектры и температура звезд

Во время наблюдений вы обратили внимание на то, что звезды имеют различный цвет, хорошо заметный у наиболее ярких из них. Цвет нагреваемого тела, в том числе и звезды, зависит от его температуры. Это

дает возможность определить температуру звезд по распределению энергии в их непрерывном спектре.

Цвет и спектр звезд связаны с их температурой. В сравнительно холодных звездах преобладает излучение в красной области спектра, отчего они и имеют красноватый цвет. Температура красных звезд низкая. Она растет последовательно при переходе от красных звезд к оранжевым, затем к желтым, желтоватым, белым и голубоватым. Спектры звезд крайне разнообразны. Они разделены на классы, обозначаемые латинскими буквами и цифрами (см. таблицу 1).

В спектрах холодных красных звезд класса М с температурой около 3000 К видны полосы поглощения простейших двухатомных молекул, чаще всего оксида титана. В спектрах других красных звезд преобладают оксиды углерода или циркония. Красные звезды первой величины класса М - Антарес, Бетельгейзе.

В спектрах желтых звезд класса G, к которым относится и Солнце (с температурой 6000 К на поверхности), преобладают тонкие линии металлов: железа, кальция, натрия и др. Звездой типа Солнца по спектру, цвету и температуре является яркая Капелла в созвездии Возничего.

В спектрах белых звезд класса А, как Сириус, Вега и Денеб, наиболее сильны линии водорода. Есть много слабых линий ионизованных металлов. Температура таких звезд около 10 000 К.

В спектрах наиболее горячих, голубоватых звезд с температурой около 30 000 К видны линии нейтрального и ионизованного гелия.

Температуры большинства звезд заключены в пределах от 3000 до 30 000 К. У немногих звезд встречается температура около 100 000 К.

Таблица 2- Спектры

Спектральный класс	Цвет	Температура, К	Особенности спектра	Типичные звезды
W	Голубой	80 000	Излучения в линиях гелия, азота, кислорода	γ Парусов
O	Голубой	40 000	Интенсивные линии ионизованного гелия, линий металлов нет	Минтака
B	Голубовато-белый	20 000	Линии нейтрального гелия. Слабые линии H и K ионизованного кальция	Слика
A	Белый	10 000	Линии водорода достигают наибольшей интенсивности. Видны линии H и K ионизованного кальция, слабые линии металлов	Сириус, Вега
F	Желтоватый	7 000	Ионизованные металлы. Линии водорода ослабевают	Процион, Канопус
G	Желтый	6 000	Нейтральные металлы, интенсивные линии ионизованного кальция K и H	Солнце, Капелла
K	Оранжевый	4 500	Линий водорода почти нет. Присутствуют слабые полосы окиси титана. Многочисленные линии металлов	Арктур, Альдебаран
M	Красный	3 000	Сильные полосы окиси титана и других молекулярных соединений	Антарес, Бетельгейзе
L	Темно-красный	2 000	Сильные полосы SrH, рубидия, цезия	Kelut-1
T	"Коричневый карлик"	1 500	Интенсивные полосы поглощения воды, метана, молекулярного водорода	Gliese 229B

Различия звездных спектров объясняются не столько разнообразием их химического состава, сколько различием температуры и других физических условий в звездных атмосферах. При высокой температуре происходит разрушение молекул на атомы. При еще более высокой температуре разрушаются менее прочные атомы, они превращаются в ионы, теряя электроны. Ионизованные атомы многих химических элементов, как и нейтральные

атомы, излучают и поглощают энергию определенных длин волн. Путем сравнения интенсивности линий поглощения атомов и ионов одного и того же химического элемента теоретически определяют их относительное количество. Оно является функцией температуры. Так, по темным линиям спектров звезд можно определить температуру их атмосфер.

У звезд одинаковой температуры и цвета, но разной светимости спектры, в общем, одинаковы, однако можно заметить различия в относительных интенсивностях некоторых линий. Это происходит от того, что при одинаковой температуре давление в их атмосферах различно. Например, в атмосферах звезд-гигантов давление меньше, они разреженнее. Если выразить эту зависимость графически, то по интенсивности линий можно найти абсолютную величину звезды.

4. Виды звезд

Звезда - это некий газовый шарообразный космический объект, излучающий свет, и в недрах которого ранее происходили реакции термоядерного синтеза (или происходят сейчас).

Звёзды - большие космические объекты. Настолько большие, что вокруг них образуются целые системы.

Различные космические объекты (планеты, астероиды, кометы и другие), вращающиеся вокруг центральной звезды - и есть такие системы. Например, мы находимся в Солнечной системе. И подобных ей во Вселенной миллиарды миллиардов.

Виды звёзд

Звёзды различают по таким параметрам, как масса, размер и светимость. Цвет их изменяется от красного до голубого. И чем ближе к голубому - тем выше температура космического объекта.

Красный (класс М) - 2000-3500 градусов.

Оранжевый (класс К) - от 3500 до 5000 градусов.

Жёлтый (класс G) - 5-6 тысяч градусов. К данному типу относится и наше Солнце.

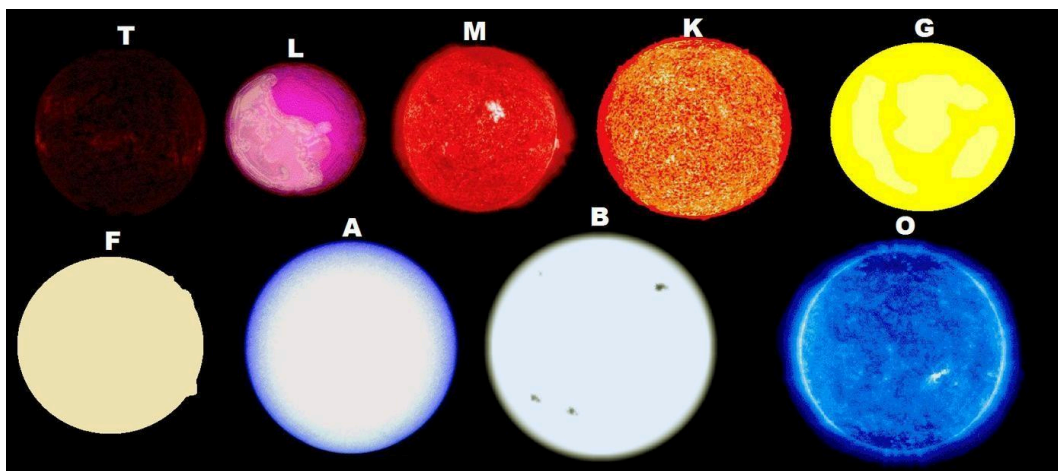


Рисунок 2 – Виды звезд

Жёлто-белый (класс F) - от 6000 К до 7500 К.

Белый (класс A) - 7500 К - 10000 К.

Бело-голубой (класс B) - 10-30 тысяч градусов.

Голубой (класс O) - 30-60 тысяч К.

Коричневый карлик. Это тип звёзд, которые на излучение тратят больше энергии, чем получают в результате ядерной реакции. Их температура около 300-500 градусов.

Белый карлик. Практически все звёзды завершают свою эволюцию превращением в белых карликов.

В конце своей жизни они начинают сжиматься, уменьшаясь в сотни раз от своего первоначального размера. При этом они обретают плотность, превосходящую плотность воды в миллион раз. Однако, теряют источники энергии и постепенно остывают. Такую участь ждёт и наше Солнце (но сейчас его относят к типу жёлтых карликов).

Красный гигант. Тип звёзд, имеющих относительно низкую температуру (3-5 тысяч градусов), но при этом обладающие огромной светимостью.

Типа Вольфа — Райе. Класс звёзд, обладающих очень высокой температурой и светимостью.

Сверхновые. Это те звёзды, которые закачивают свой цикл взрывным процессом. Если в спектре такой вспышки присутствуют линии водорода - это Сверхновая 2 типа, если нет - 1 типа.

Новые. Это Сверхновые, вспышка которых гораздо слабее - не такая

яркая, и выделяет не так много энергии.

Гиперновые. Это очень большие Сверхновые, или, другими словами, Гиперновые - это очень большие и тяжёлые звёзды (более 100 масс Солнца), оканчивающие свою эволюцию взрывом.

Яркие голубые переменные (ЯГП). Очень яркие гигантские звёзды, ещё и пульсирующие при этом. Их сияние, может быть, представьте только, в миллион раз сильнее солнечного. Полагают, это объясняется тем, что звёзды такого типа сбрасывают излишки энергии - отсюда и такое яркое сияние.

Ультрарякие рентгеновские источники. Это тип звёзд, имеющих очень сильное излучение, но только в рентгеновском диапазоне.

Нейтронные звёзды. Это тип звёзд, сжатие Ядра которых не прекращается до тех пор, пока практически все частицы не превратятся в нейтроны.

Масса таких звёзд превосходит массу Солнца в полтора - три раза, но их диаметр при этом около 10 км. Это насколько же высокой плотностью они обладают?!

Звёздные системы

Звёздные системы могут состоять из одной звезды, двух или более.

Самый распространённый тип звёздных систем - двойной (две звезды, связанные гравитационно друг с другом и обращающиеся вокруг одного центра масс) - около 70% всех звёзд являются двойными.

Бывают случаи, когда более десятка звёзды образуют систему. В таком случае они называются **звёздным скоплением**.

Огромные скопления звёзд, вращающиеся вокруг одного центра масс - это **Галактики**.

5. Эволюция звезд

Эволюция звезды начинается в гигантском молекулярном облаке, также называемом *звёздной колыбелью*. Пока облако свободно обращается вокруг центра родной галактики, ничего не происходит.

Однако из-за неоднородности гравитационного поля в нём могут возникнуть возмущения, приводящие к локальным концентрациям массы. Такие возмущения вызывают гравитационный коллапс облака. Один из сценариев, приводящих к этому — столкновение двух облаков. Другим событием, вызывающим коллапс, может быть прохождение облака через плотный рукав спиральной галактики. Также критическим фактором может стать взрыв близлежащей сверхновой звезды, ударная волна которого столкнётся с молекулярным облаком на огромной скорости. Кроме того,

возможно столкновение галактик, способное вызвать всплеск звёздообразования, по мере того, как газовые облака в каждой из галактик сжимаются в результате столкновения. В общем, любые неоднородности в силах, действующих на массу облака, могут запустить процесс *звёздообразования*.



Рисунок 3 - Эволюция звезд

Для массивных и сверхмассивных звезд (с массой от пяти Солнечных масс и более) происходящие в их ядре процессы по мере нарастания гравитационного сжатия приводят к взрыву сверхновой звезды с выделением огромной энергии. Взрыв сопровождается выбросом значительной массы вещества звезды в межзвёздное пространство. Это вещество в дальнейшем участвует в образовании новых звёзд, планет или спутников. Именно благодаря сверхновым Вселенная в целом и каждая галактика в частности, химически эволюционирует.

Оставшееся после взрыва ядро звезды может закончить свою эволюцию как нейтронная звезда (пульсар), если масса звезды на поздних стадиях превышает предел Чандрасекара (1,44 Солнечной массы), либо как чёрная дыра, если масса звезды превышает предел Оппенгеймера – Волкова (оценочные значения 2,5-3 Солнечных масс).

Контрольные вопросы:

1. Что называется звездой?
2. Что такое парсек?
3. Что называется световым годом?
4. Огромные скопления звёзд, вращающиеся вокруг одного центра масс-это...?
5. По каким параметрам различают звезды?

Задание для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться (не конспектировать) с лекционным материалом. **Посмотреть видео!**
2. Письменно ответить на контрольные вопросы
3. Фотографию работы прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, **26.04.2023**, группа ПКД 1/1, Астрономия».