

Тема урока: Солнце. Основные характеристики звезд.

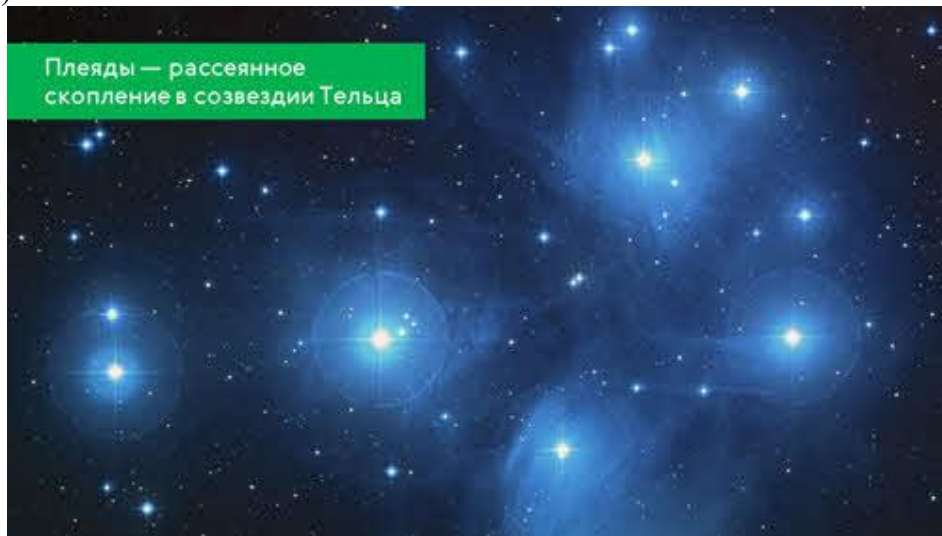
Дата урока: 30.04.2020

Указания к работе

1. Изучите теоретический материал.
2. Выполните задание на сайте РЭШ (скриншот прислать 30.04.2020 до 18:00):
<https://resh.edu.ru/subject/lesson/5910/train/197918/>
3. Выполните домашнее задание.

Теоретический материал

Всю информацию о звёздах мы получаем лишь на основе приходящего от них излучения. Все звёзды, как и наше Солнце, излучают свет потому, что их наружные слои сильно нагреты и имеют температуру равную многим тысячам градусов. Звезда излучает свет так же, как и любое нагретое тело, например нить накаливания в электрической лампе. При этом, чем выше температура нити накаливания, тем более белый свет она излучает. Аналогично и с излучением звёзд: чем выше температура звезды, тем более голубоватым выглядит её свечение (как, например, у Плеяд – рассеянного звёздного скопления в созвездии Тельца).



И наоборот, холодные звёзды кажутся нам красноватыми. Это хорошо заметно на примере такого гиганта, как Бетельгейзе. Её температура составляет всего около 3600 К.



Изучение различных типов звёзд показало, что их температура заключена в пределах от 2000 до 60000 К. Также было установлено, что изменение температуры меняет состояние атомов и молекул в атмосфере звёзд, что отражается в их спектрах. С учётом видов спектральных линий и их интенсивности строится **спектральная классификация звёзд**.

Современная спектральная классификация звёзд была создана в 20-е годы XX века в Гарвардской обсерватории (США). В ней спектральные типы принято обозначать большими буквами латинского алфавита в порядке, соответствующем убыванию температуры: O, B, A, F, G, K, M.



Звёзды, принадлежащие **классу О**, являются очень горячими, с температурой 30-60 тыс. К. При такой высокой температуре наибольшая интенсивность излучения приходится на ультрафиолетовую область спектра. Поэтому такие звёзды имеют ярко выраженный голубой оттенок. Типичным представителем является звезда Беллатрикс в созвездии Ориона.

К **классу В** относятся звёзды, температура которых колеблется 10-30 тыс. К. Они имеют голубовато-белый цвет. В качестве примера звезды данного класса можно привести Регул из созвездия Льва.

Звёзды белого цвета, с температурой поверхности 7500-10 000 К относятся к **классу А**. Их типичным представителем является Сириус – самая яркая звезда ночного неба.

К **классу F** принадлежат звёзды, температура которых 6000-7500 К. Они имеют жёлто-белый цвет. Примером звезды этого класса является Альтаир в созвездии Орла.

Жёлтые звёзды, с температурой поверхности 5000-6000 К относятся к **классу G**. Известным представителем этого класса является наше Солнце.

Звёзды, принадлежащие **классу K**, обладают оранжевым цветом. А температура их поверхности 3500-5000 К. К данному классу звёзд относится Альдебаран из созвездия Тельца.

И, наконец, **класс М**. В нём «обитают» холодные звёзды с минимальной температурой 2000-3500 К. Их цвет – ярко-красный, иногда тёмно-оранжевый. В качестве примера можно привести Бетельгейзе – красного сверхгиганта из созвездия Ориона.

По мере усовершенствования методов наблюдения за звёздами и их спектрами Гарвардская спектральная классификация дополнялась и расширялась. Поэтому астрономы стали выделять дополнительные спектральные классы для некоторых классов небесных тел. Так, например, буквой **Q** стали обозначать спектральные классы новых (молодых) звёзд. Спектры планетарных туманностей причислили к классу **P**. А буквой **W** стали обозначать спектры звёзд типа Вольфа-Райе – это очень тяжёлые горячие звёзды, температура превышает звёзды O класса и достигает 100 000 К.



Выделяют в отдельные классы также **углеродные звёзды** (класс C), **циркониевые звёзды** (класс S) и **белые карлики** (класс D).

В 1995 году были впервые обнаружены звёзды, температура которых не превышала 2000 К – **коричневые карлики**. Так появились спектральные классы L, T и Y. Причём **класс Y** появился

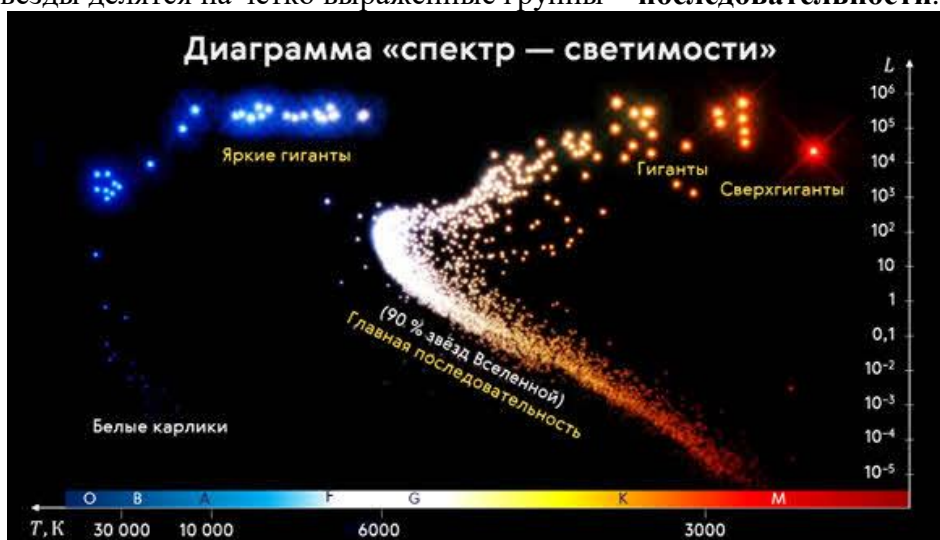
относительно недавно – в августе 2011 года. К нему относятся ультрахолодные коричневые карлики, с температурой поверхности 300-500 К.

Тонкие различия внутри каждого класса дополнительно подразделяют на 10 подклассов – от 0 (самые горячие) до 9 (самые холодные). Лишь спектральный класс О делится на меньшее количество подклассов: от 4 до 9,5. Например, наше **Солнце принадлежит к спектральному классу G2**.

Ещё одним фактором, влияющим на вид спектра звезды, является её светимость, которая не учитывается в Гарвардской классификации. Хотя различия в светимостях приводят к различию в спектрах звёзд-гигантов и карликов одинаковых Гарвардских спектральных классов. Поэтому в 1943 году в Йеркской обсерватории была разработана ещё одна классификация (МКК), которая учитывает светимость звёзд. С учётом двух классификаций наше **Солнце имеет спектральный класс (G2V)**.

Класс	Тип звезды	Абсолютная звездная величина
Ia+ или 0	Гипергиганты	< -10
I, Ia, Iab, Ib	Сверхгиганты	-10 ... -4,7
II, IIa, IIb	Яркие гиганты	-2,2
III, IIIa, IIIab, IIIb	Гиганты	+1,2
IV	Субгиганты	+2,7
V, Va, Vb	Карлики	+4
VI	Субкарлики	+5 ... +6
VII	Белые карлики	+13 ... +15

В начале XX века американский астроном Норрис Рассел и датский астроном Эйна́р Герцшпру́нг независимо друг от друга обнаружили существование зависимости между видом спектра и светимостью звёзд. Оказалось, что если по оси ординат откладывать светимости звёзд, а по оси абсцисс – их температуру, то звезды делятся на чётко выраженные группы – **последовательности**.



Посередине, с верхнего левого в нижний правый угол, тянется **главная последовательность** – ряд обычных, карликовых звёзд, составляющих около 90% от всех звёзд во Вселенной. Здесь же располагается и наше Солнце.

В верхнем правом углу собрались звёзды, которые очень яркие, но температура их фотосферы достаточно низкая (на это указывает их красный цвет). Они образуют **последовательность красных гигантов**.

В верхней части диаграммы располагается **последовательность сверхгигантов**. Это звёзды с очень высокой светимостью, низкой плотностью и в десятки и сотни раз большими диаметрами, чем у Солнца.

А под главной последовательностью расположены горячие звёзды со слабой светимостью. Это **последовательность белых карликов**. Их размеры сравнимы с размерами Земли, а массы близки к массе Солнца.

Данная диаграмма называется **диаграммой «спектр-светимости»** или **диаграммой Герцшпрунга-Рассела**.

По мере развития астрофизики было установлено, что звёзды отличаются друг от друга не только цветом и температурой. Как показали наблюдения, многие из них образуют пары или являются членами сложных систем. При этом только в нашей Галактике примерно половина всех звёзд принадлежит к двойным системам.

Двойными звёздами называют близко расположенные пары звёзд.

Среди звёзд, которые видны на небе рядом, различают **оптические двойные** и **физические двойные звёзды**. В первом случае две звезды проецируются на небесную сферу рядом друг с другом. Хотя в действительности расстояние между ними может достигать миллионов световых лет.

А вот физические двойные звёзды действительно расположены в пространстве рядом друг с другом. Они не только связаны между собой силами тяготения, но и обращаются около общего центра масс.



Наблюдения за двойными звёздами и оценка их масс для различных типов показали, что:

- массы звёзд колеблются от 0,03 до 60 масс Солнца. Причём наибольшее количество звёзд имеет массу от 0,4 до 3 масс Солнца;
- существует зависимость между массами звёзд и их светимостями, что даёт возможность оценивать массы одиночных звёзд. Так, если масса звезды лежит в интервале от 0,5 до 10 масс Солнца, то её светимость пропорциональна 4 степени массы $L \sim M^4$. Если же масса звезды больше 10 масс Солнца, - то 2 степени $L \sim M^2$.

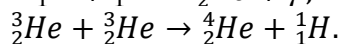
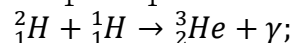
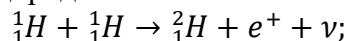
Помимо одиночных и двойных звёздных систем, выделяются также **кратные системы**, в которых число звёзд больше двух. Существуют звёзды тройные, четверные и даже более высокой кратности. Примером кратных звёзд может служить тройная звезда α Центавра. Причём, что интересно, одна из компонент – Проксима – является ближайшей к Земле звездой после Солнца.



А теперь давайте зададимся вопросом: откуда же звёзды, в том числе и наше Солнце, черпают энергию в течение миллионов и миллиардов лет? Этот вопрос волновал учёных не одно столетие. Для ответа на него порой выдвигались самые невероятные гипотезы. Например, Уильям Гершель считал, что Солнце – это холодное и твёрдое тело, которое окружено огромным огненным океаном. Правда, такой океан должен был бы полностью выгореть через несколько тысяч лет после начала горения.

Герман Гельмгольц предполагал, что увеличение внутренней энергии и как следствие увеличение температуры Солнца происходит из-за его медленного гравитационного сжатия. Чтобы компенсировать потери энергии на излучение, достаточно было бы, чтобы диаметр Солнца ежегодно уменьшался на 75 метров. Но в этом случае срок «службы» Солнца составил бы несколько миллионов лет. Однако наша звезда живёт уже более 4,5 млрд миллиардов лет и планирует прожить ещё столько же.

Лишь в 30-х годах XX века американский астрофизик Ханс Альбрехт Бете высказал предположение о том, что энергию Солнце получает за счёт **термоядерных реакций**, происходящих в его недрах. Им же был открыт **водородный** (или **протон-протонный**) цикл – цепочка из трёх термоядерных реакций, приводящая к образованию гелия из водорода:



Для образования двух ядер ${}^3_2\text{He}$, необходимых для третьей реакции, первые две должны произойти дважды.

Чтобы представить, какое огромное количество энергии выделяется Солнцем в результате превращения водорода в гелий, достаточно знать, что в среднем оно теряет примерно 4 миллиона тонн водорода в секунду! На первый взгляд, это просто огромная величина. Однако она ничтожна, по сравнению с полной массой Солнца. А расчёты специалистов показывают, что «топлива» в его недрах достаточно для поддержания термоядерных реакций ещё в течение примерно 5 миллиардов лет. После этого в недрах Солнца начнутся необратимые реакции, которые приведут к его гибели.

Внутреннее строение Солнца и звезд

Ссылка на видео: <https://youtu.be/Qp4dPa7DDCU>

Домашнее задание: выучить §102-105