Школа № 639

Конкурс научно-исследовательских работ.

**«Эволюция звезд на примере солнца»**

Выполнил:

Ученик 5А класса

Школы № 639

Ратников Виктор

г. Санкт-Петербург, 2015 г.

**СОДЕРЖАНИЕ:**

1. Введение.
2. Звезды и их классификация.
3. Эволюция и смерть звезд.
4. Заключение.
5. **Введение.**

**Звезды**(по-гречески *“*сидус*”*) – светящиеся небесные тела, светимость которых поддерживается протекающими в них термоядерными реакциями. Джордано Бруно еще в XVI веке учил, что звезды – это далекие тела, подобные Солнцу. В 1596 году немецкий астроном Фабрициус открыл первую переменную звезду, а в 1650 году итальянский ученый Ричолли обнаружил первую двойную звезду.

Сегодня мы знаем о звездах очень многое. Конечно, эти космические объекты по-прежнему таят в себе очень много загадок, но все же ученые сильно продвинулись в их изучении. Теперь мы знаем, как они рождаются, развиваются и как умирают. Теперь мы можем говорить о том, что звезды в течение своей жизни проходят определенную эволюцию. Эволюция звезд – это изменение физических характеристик, внутреннего строения и химического состава звезд со временем.

Звезда в стационарном состоянии - это газовый шар, который находится в гидростатическом и тепловом равновесии. "Рождение" звезды - это образование гидростатически равновесного объекта, излучение которого поддерживаются за счет собственных источников энергии. "Смерть" звезды - необратимое нарушение равновесия, ведущее к разрушению звезды или к ее катастрофическому сжатию.

Между прочим, солнце сейчас находится примерно в середине своего жизненного цикла, который начался 5 миллиардов лет назад.

1. **Звезды и их классификация.**

Мир этих небесных тел необыкновенно разнообразен. И хотя все звезды – раскаленные газовые шары, подобные Солнцу, их физические характеристики различаются весьма существенно. Есть, например, звезды гиганты и сверхгиганты. По своей величине они значительно превосходят Солнце. Объем одной из звезд в созвездии Цефея больше объема нашего дневного светила в 14 миллиардов раз. Если бы эту громадную звезду можно было поместить на место Солнца, в центре нашей планетной системы, то не только Земля, но и орбиты более далеких планет – Марса, Юпитера, даже Сатурна – оказались бы внутри этого сверхгигантского шара.

Кроме звезд-гигантов существуют и звезды-карлики, значительно уступающие по своим размерам Солнцу. Известны карлики, которые меньше Земли и даже Луны. Но, в то же время, звезды не слишком сильно отличаются друг от друга по количеству вещества. Минимально возможная масса звезды – около одной десятой массы Солнца, максимально – несколько десятков солнечных масс. Такие ограничения отнюдь не случайны: источником энергии звезд являются термоядерные реакции, протекающие в их недрах. Для подобных реакций необходимы чрезвычайно высокие температуры – порядка нескольких десятков миллионов градусов. При небольшой массе давление и температура в недрах небесного тела окажутся недостаточными для поддержания термоядерного процесса, и такое тело не будет звездой. Наоборот, звезда с чересчур большой массой неизбежно окажется неустойчивой – она не сможет существовать длительное время. Но если сто солнечных масс распределить по объему уже знакомой нам звезды-сверхгиганта из созвездия Цефея, то плотность вещества окажется весьма незначительной.

И действительно, звезды-гиганты и сверхгиганты необычайно разрежены. Плотность их вещества в тысячи, даже в десятки тысяч раз меньше плотности того воздуха, которым мы дышим.

Звезды обладают различными поверхностными температурами: от нескольких тысяч до десятков тысяч градусов. Соответственно различен и цвет звезд. Сравнительно «холодные» звезды – с температурой около 3–4 тысяч градусов – красноватого цвета. Наше Солнце, поверхность которого «нагрета» до 6 тысяч градусов, обладает желто-зеленым цветом. Самые горячие звезды с температурой, превосходящей 10–12 тысяч градусов, – белые и голубоватые.

Находясь на различных стадиях своего эволюционного развития звезды подразделяются на нормальные звезды, звезды карлики, звезды гиганты. Нормальные звезды, это и есть звезды главной последовательности. К таким, например, относится наше Солнце. Иногда такие нормальные звезды называются желтыми карликами.

Звезда могут наблюдаться красным гигантом в момент звездообразования и на поздних стадиях развития. На ранней стадии развития звезда излучает за счет гравитационной энергии, выделяющейся при сжатии, до того момента пока сжатие не будет остановлено начавшейся термоядерной реакцией.

Хорошо разобраться в классификации звезд позволяет диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Она показывает зависимость между абсолютной звездной величиной, светимостью, спектральным классом и температурой поверхности звезды. Диаграмма предложена в 1910 независимо Э. Герцшпрунгом и Г. Расселом. Она используется для классификации звезд и соответствует современным представления о звездной эволюции.

По спектральному классу звезды варьируются от горячих голубых до холодных красных. Светимость и цвет звезды зависит от температуры её поверхности и массы. Спектральные классы — по порядку от горячих к холодным такие: (O, B, A, F, G, K, M).

На главной последовательности находится и наше Солнце — типичная звезда спектрального класса G, желтый карлик.

Существование главной последовательности связано с тем, что стадия горения водорода составляет ~90% времени эволюции большинства звезд: выгорание водорода в центральных областях звезды приводит к образованию изотермического гелиевого ядра, переходу к стадии красного гиганта и уходу звезды с главной последовательности. Относительно краткая эволюция красных гигантов приводит, в зависимости от их массы, к образованию белых карликов, нейтронных звезд или черных дыр.

На поздних стадиях эволюции звезд, после выгорания водорода в их недрах, звезды сходят с главной последовательности и перемещаются в область красных гигантов и сверхгигантов: этот этап длится ~ 10% от времени «активной» жизни звезд, то есть этапов их эволюции, в ходе которых в звездных недрах идут реакции нуклеосинтеза.

**Звезда гигант** имеет сравнительно низкую температура поверхности, около 5000 градусов. Огромный радиус, достигающий 800 солнечных и за счет таких больших размеров огромную светимость. Максимум излучения приходится на красную и инфракрасную область спектра, потому их и называют красными гигантами.

**Звезды карлики** являются противоположностью гигантов и включают в себя несколько различных подвидов:

**- Белый карлик** - проэволюционировавшие звезды с массой не превышающей 1,4 солнечных массы, лишенные собственных источников термоядерной энергии. Диаметр таких звезд может быть в сотни раз меньше солнечного, а потому плотность может быть в 1 000 000 раз больше плотности воды.

**- Красный карлик** — маленькая и относительно холодная звезда главной последовательности, имеющая спектральный класс М или верхний К. Они довольно сильно отличаются от других звезд. Диаметр и масса красных карликов не превышает трети солнечной (нижний предел массы — 0,08 солнечной, за этим идут коричневые карлики).

**- Коричневый карлик** — субзвездные объекты с массами в диапазоне 5—75 масс Юпитера (и диаметром примерно равным диаметру Юпитера), в недрах которых, в отличие от звезд главной последовательности, не происходит реакции термоядерного синтеза c превращением водорода в гелий.

**- Субкоричневые карлики или коричневые субкарлики** — холодные формирования, по массе лежащие ниже предела коричневых карликов. Их в большей мере принято считать планетами.

**- Черный карлик** - остывшие и вследствие этого не излучающие в видимом диапазоне белые карлики. Представляет собой конечную стадию эволюции белых карликов. Массы черных карликов, подобно массам белых карликов, ограничиваются сверху 1,4 массами Солнца.

**Нейтронная звезда**. Звездные образования с массами порядка 1,5 солнечных и размерами, заметно меньшими белых карликов, порядка 10-20 км в диаметре. А магнитное поле во столько же раз больше магнитного поля земли. Такие звезды состоят в основном из нейтронов, плотно сжатых гравитационными силами. И только очень тонкий внешний слой звезды может содержать обычные ядра обычных атомов, причем образуют они не газ, а твердую и очень горячую кристаллическую решетку. То есть у такой звезды может быть твердая поверхность. Нейтронные звезды имеют колоссальную, ни с чем не сравнимую плотность, поэтому их гравитационное поле невероятно сильное. Если можно было бы чисто гипотетически на поверхность нейтронной звезды уронить какое-нибудь легкое тело, например, один грамм массы с высоты всего один метр, то, падая на поверхность звезды, оно успеет разогнаться до скорости более 100 тысяч километров в секунду и при ударе произведет взрыв, эквивалентный взрыву мощной атомной бомбы. Часто такие звезды представляют собой пульсары (магнитары). ***Магнитары*** – один из видов нейтронных звезд, звезды с быстрым вращением вокруг своей оси (около 10 сек.). 10% всех звезд являются магнитарами.

**Новая звезда**. Звезды, светимость которых внезапно увеличивается в 10000 раз. Новая звезда представляет собой двойную систему, состоящую из белого карлика и звезды-компаньона, находящейся на главной последовательности. В таких системах газ со звезды постепенно перетекает на белый карлик и периодически там взрывается, вызываю вспышку светимости.

**Сверхновая звезда** - это звезда, заканчивающие свою эволюцию в катастрофическом взрывном процессе. Вспышка при этом может быть на несколько порядков больше чем в случае новой звезды. Столь мощный взрыв есть следствие процессов, протекающих в звезде на последний стадии эволюции.

**Двойная звезда** - это две гравитационно связанные звезды, обращающиеся вокруг общего центра масс. Иногда встречаются системы из трех и более звезд, в таком общем случае система называется кратной звездой. В тех случаях, когда такая звездная система не слишком далеко удалена от Земли, в телескоп удается различить отдельные звезды. Если же расстояние значительное, то понять, что перед астрономами двойная звезда удается только по косвенным признакам - колебаниям блеска, вызываемым периодическими затмениями одной звезды другою и некоторым другим. Существуют более 100 различных типов двойных систем.

**Квазары** – это самые далекие космические тела и самые мощные источники видимого  и инфракрасного излучения, наблюдаемые во Вселенной. Это видимые квазизвезды, имеющие необычный голубой цвет и являющиеся мощным источником радиоизлучения. Квазар в месяц излучает энергию, равную всей энергии Солнца. Размер квазара доходит до 200 а.е. Это самые удаленные и быстродвижущиеся объекты Вселенной. Открыты в начале 60-х годов 20 века. Их истинная светимость в сотни миллиардов раз больше светимости Солнца. Но эти звезды имеют  переменную яркость. Самый яркий квазар ЗС-273 расположен в созвездии Девы, он имеет звездную величину  +13m.

Многообразие звезд во Вселенной неисчерпаемо, и возможно существуют еще звезды или продукты их эволюции, которые не вошли в эту классификацию.

1. **Эволюция звезд типа Солнца.**

Солнце имеет возраст около 5 миллиардов лет. За это время оно изменилось очень мало, главное, что оно оставалось желтым горячим шаром с температурой поверхностных слоев около 6 тысяч градусов. В недрах Солнца, как и в недрах большинства других звезд сходной массы, температура достигает 15 миллионов градусов. Это является тем условием, при котором возможна термоядерная реакция в недрах звезд. Но, раз идет реакция, значит, должно расходоваться топливо и накапливаться продукт реакции. Количество водорода, который превращается в гелий, должно постепенно уменьшаться, а количество гелия расти. Рано или поздно запасы энергии подойдут к концу, солнечная батарейка закончится так же, как и в других звездах закончатся свои батарейки. Запасов водорода в недрах нашей звезды хватит на то, чтобы поддерживать ее примерно в таком же состоянии, как сейчас, около 5 миллиардов лет. То есть Солнце — это звезда среднего возраста: 5 миллиардов лет назад образовалась и еще 5 миллиардов лет просуществует, а если и будет меняться, то мало.

Пока в недрах Солнца еще остается много водорода, оно мало меняется по светимости и по температуре, но со временем запасы ядерного топлива уменьшаются. И когда в солнечном термоядерном ядре водорода останется мало и реакция превращения водорода в гелий начнет затухать, то ядро уже не сможет сопротивляться гигантскому давлению со стороны внешних слоев звезды. Силы гравитации стремятся сжать звезду, и, естественно, большое давление приводит к тому, что ядро сожмется и станет очень плотным. А реакция превращения водорода в гелий при этом переместится в прилегающий слой за пределами ядра и будет протекать в так называемом слоевом источнике, где еще много водорода, а температура достаточно высока, то есть больше 10-12 миллионов градусов. Появление слоевого источника и затухание термоядерной реакции в ядре приводит к очень большим и важным последствиям — звезда в целом начинает раздуваться. Оболочка ее увеличивается в размерах, звезда становится очень большой, а мощность излучения возрастает. Такая звезда будет уже совершенно непохожей на Солнце. Если бы можно было дожить до этого времени, то мы бы увидели, как Солнце медленно раздувается, увеличивается в размерах и превращается в гигантский жаркий диск на небе, и это будет конец Земли как той планеты, которая подарила нам жизнь. Хотя Земля как каменистый шар, безусловно, останется, но уже без воды и без атмосферы. Очень многие звезды уже прошли эту стадию, то есть успели постареть раньше, чем постарело Солнце.

Именно по красным гигантам мы смогли проверить правильность описанной эволюционной картины. Красный гигант, то есть звезда с массой примерно как у Солнца, но гигантского размера, существует еще довольно долго. Самое интересное в дальнейшей эволюции звезды будет связано именно со сжимающимся ядром внутри него. Это ядро когда-то было большим по размеру, содержало много водорода, который превратился в гелий, поэтому оно стало гелиевым. В процессе сжатия его температура может существенно подняться, достичь примерно 100 миллионов градусов, и тогда вспыхнет термоядерная реакция другого типа — превращение гелия в углерод. То есть, звезда опять получит источник энергии. А в наиболее массивных звездах углерод со временем успеет перейти в более тяжелые элементы. На определенном этапе внешние слои раздувшейся звезды уже будут не в состоянии удержаться, и звезда начнет терять свой газ. А компактное ядро, уже состоящее не из водорода и гелия, а в основном из гелия или углерода, сформируется как горячий, маленький и очень плотный газовый шар. Можно сказать, что внутри раздувшейся звезды вызревает компактный объект. Рано или поздно водородная оболочка разлетится. Такие расширяющиеся газовые образования мы видим в разных областях неба, они называются планетарными туманностями. А вот то, что останется от Солнца, бывшее ядро Солнца, будет представлять собой так называемую вырожденную звезду, горячий «белый карлик». Хотя они и остаются газовыми, но этот газ сжат чудовищно, так, что литр газа белого карлика может иметь массу в тысячи килограмм.

Звезды, массивнее Солнца, могут иметь еще более любопытную судьбу. У них также в недрах вызревает очень плотное ядро, но если масса звезды очень большая, то сжатие ядра не останавливается на стадии белого карлика. Оно теряет устойчивость, что приводит к взрыву звезды. Ядро с массой в полтора-два раза большей, чем масса ядра Солнца, остается целым, превратившись в крошечный компактный шар, радиусом всего около 10 километров. И если вещество белого карлика обладает фантастическими свойствами, то еще более фантастичны эти маленькие сверхплотные ядра, возникающие у особенно массивных звезд.

Но нейтронные звезды еще не самые удивительные объекты. Если масса ядра стареющей звезды в три и более раз выше, чем масса Солнца, а это бывает у самых массивных звезд, то даже на стадии нейтронных звезд сжатие ядра не заканчивается, и взрыв звезды завершается образованием черной дыры. Так называют объект, сила гравитации которого настолько велика, что она препятствует какому-либо излучению. Вблизи черной дыры меняются свойства пространства и времени, а гравитационное поле достигает самых больших значений, которые только позволяют законы природы.

При взрывах сверхновых происходит синтез тяжелых элементов, которые затем выбрасываются в межзвездное пространство вместе с элементами, синтезированными в ходе предшествующей эволюции. Это определяет важнейшее космологическое значение сверхновых звезд.

1. **Заключение.**

Можно сказать, что звезды имеют жизненный цикл, похожий на человеческий. Они тоже рождаются, взрослеют, проходят период зрелости, стареют и наконец умирают. Наше солнце, как и многие другие звезды во вселенной, появилось однажды – приблизительно 5 миллиардов лет назад – и спустя миллиарды лет, так же как и все другие звезды, превратится сначала в красного гиганта, затем в белого карлика, а потом встретит свою смерть. Случится это драматическое событие, к счастью, не скоро – через семь с половиной миллиардов лет. Впрочем, уже через три с половиной миллиарда лет Солнце начнет раздуваться и достигнет таких размеров, что климат на Земле станет сравним с тем, что сейчас есть на Венере. Вся вода с поверхности испарится и улетучится в космос. Естественно, и жизнь человечества в таких условиях станет невозможной. Остается утешаться тем, что у нас с вами в запасе еще есть некоторое время, чтобы каким-то образом решить эту проблему.

5. **Список литературы.**

1. Азимов, А. Путеводитель по науке. Гибель солнца. – М.: ЗАО Центрополиграф - 2007
2. Бисноватый – Коган, Г.С. Физические вопросы теории звездной эволюции. - М.: Наука – 1989
3. Рорбацкий, В.Г. Новоподобные и новы звезды. – М.: Наука – 1975
4. Шварцшильд, М. Строение и эволюция звезд – М.: ИЛ – 1961