

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ КАФЕДРА
АСТРОФИЗИКИ

Тлатова Ксения Андреевна

Образование планетарных туманностей

Санкт-Петербург 2013

Содержание:

1. Общие сведения о планетарных туманностях.....	3
2. Эволюция центральной звезды.....	4
3. Эволюция после образования туманности.....	7
4. Эволюция от красного гиганта к планетарной туманности..	10
5. Заключение.....	12
6. Список литературы.....	15

1. Общие сведения о планетарных туманностях

Планетарные туманности - система из звезды, называемой ядром туманности, и симметрично окружающей ее светящейся газовой оболочкой (существенно реже - несколько оболочек). Планетарные туманности были открыты английским астрономом В. Гершелем около 1783 года. Название отражает их некоторое сходство с дисками внешних планет - Урана, Нептуна (при визуальных телескопических наблюдениях с небольшим увеличением). Известно более 1200 Планетарных туманностей. Аналогичные объекты открыты в Магеллановых Облаках, в Туманности Андромеды и в ряде др. галактик.

Оболочка Планетарной туманности и её ядро генетически связаны. Оболочка Планетарной туманности - полностью ионизованное газовое образование с электронной температурой $T=10-12$ тысяч К, хим. состав которого соответствует среде космическому обилию элементов. Небольшая примесь пылевых частиц ответственна за интенсивное излучение Планетарной туманности в далёкой ИК-области спектра. Планетарной туманности свойствен характерный эмиссионный спектр излучения, отличающийся от спектров галактических диффузных туманностей большим возбуждением излучающих атомов и молекул. Наиболее интенсивные линии оптического спектра - запрещённые спектральные линии ионов OIII (дублет с длинами волн 4959 и 5007 Å), наблюдаются линии CIV, OV и даже OVI (потенциал возбуждения 79 эВ). Радиоизлучение Планетарной туманности - тепловое; в некоторых из них замечено слабое радиоизлучение молекул CO. Свечение оболочки возбуждается УФ-излучением ядра.

Средняя масса оболочки Планетарной туманности – около $0,1M_{\odot}$. Основная масса оболочки Планетарной туманности сосредоточена в плотной тороидальной структуре. Периферийная часть оболочки более разрежена, и образующий её газ менее возбуждён. Всё многообразие видимых форм П. т. возникает, вероятно, вследствие проекции тороидальной структуры на небесную сферу под разными углами.

Оболочки Планетарной туманности расширяются в окружающее пространство со скоростями 20-40 км/с, под действием внутреннего давления горячего газа. По мере расширения оболочка становится разреженной, её свечение ослабевает, и в конце концов она становится невидимой. Длительность жизни Планетарной туманности в наблюдаемой фазе - около 20 000 лет. За это время их линейные радиусы возрастают в среднем от $5 \cdot 10^{16}$ до $50 \cdot 10^{16}$ см (от 0,015 до 0,15 пк) и более, а средняя концентрация частиц уменьшается от $3 \cdot 10^6$ до менее чем $3 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$.

Ядра Планетарной туманности представляют собой горячие звёзды раннего спектрального класса, претерпевающие значительные, изменения за время жизни туманности. Непрерывные спектры ядер близки к спектру абсолютно чёрного тела. Температуры ядер обычно составляют 50-100 тысяч К. За время существования Планетарных туманностей линейные радиусы ядра убывают от 10 до 0,03 R_{\odot} , болометрические светимости - от $3 \cdot 10^4$ до 3 L_{\odot} , а спектры

изменяются от сложных эмиссионно-абсорбционных спектров звёзд типа Вольфа-Райе или Of до спектров субкарликов класса O. Ядра старых Планетарных туманностей близки к белым карликам, но вместе с тем значительно горячее и ярче типичных объектов такого рода. Массы ядер определяются из косвенных соображений; считается, что они близки к 1 М \odot . Среди ядер встречаются двойные звезды.

Планетарные туманности концентрируются к галактическому экватору и к направлению на галактический центр. По своим пространственно-кинематическим характеристикам они подобны объектам старой фракции молодого галактического населения (населения I типа). Их полное число в Галактике может достигать нескольких сотен тысяч.

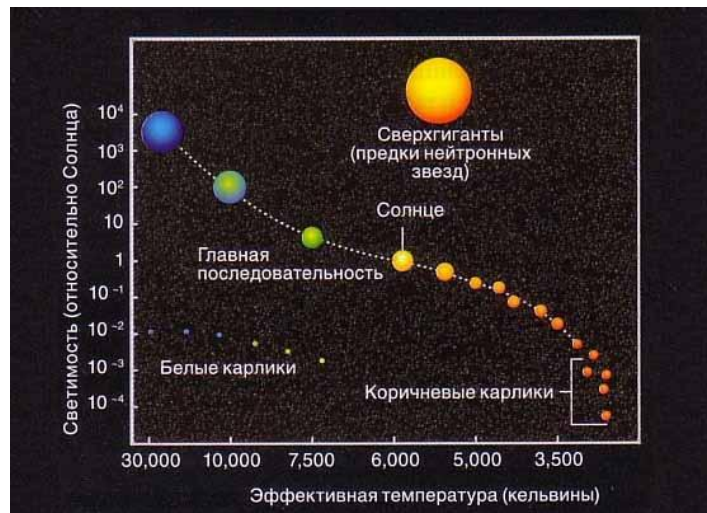
Планетарные туманности обогащают галактическую межзвёздную среду веществом нормального химического состава, суммарное количество которого может достигать 1-2 М \odot в год.

Планетарные туманности являются источниками жёсткого УФ-излучения с суммарной мощностью $\sim 10^{42}$ эрг/с.

2. Эволюция центральной звезды

Типичная звезда с массой в несколько раз меньше солнечной светит на протяжении большей части своей жизни благодаря реакциям термоядерного синтеза гелия из водорода в её ядре (часто вместо термина «термоядерный синтез» употребляется термин «горение», в данном случае — горение водорода). Энергия, высвобождаемая в этих реакциях, удерживает звезду от коллапса под силой собственного притяжения, делая её тем самым стабильной.

По мере выгорания водорода ядро звезды постепенно сжимается и разогревается, при этом скорость горения водорода возрастает. Рост скорости горения почти точно компенсирует убывающий запас ядерного горючего, а потому светимость звезды существенно не меняется. В первые 0.9 своей жизни звезда остается вблизи Г.П. и за это время ее светимость возрастает всего лишь вдвое. Первоначальное положение на главной последовательности определяется только массой звезды, если она состоит в основном из водорода.



http://prometey-spb.su/zametki_o_kosmose/2/uranuschast_sedmaya.html

Рис.1: Главная последовательность. На которой неплохо просматривается эволюция звезд. Нестабильная область красных гигантов и сверхгигантов находится верхней правой части диаграммы. Левый край диаграммы – области, где стабильно существуют белые карлики.

При удалении от Г.П. важная стадия звезды наступает после того, как водород в центральных областях полностью выгорит. Тогда центральные области перестают высвобождать ядерную энергию и начинают сжиматься, освобождая вначале медленно гравитационную энергию. Когда это произойдет, область, в которой еще продолжает гореть водород, начинает постепенно продвигаться наружу, и происходит так называемое горение водорода в слое. Т.к. теперь, единственный вид высвобождаемой энергии – гравитационная, потенциальная, светимость этой области низка. Вследствие этого для выноса энергии наружу необходим лишь очень маленький градиент температуры, и звезда будет иметь почти изотермическое гелиевое ядро.

Звезда смещается на диаграмме Г.Р., градиент температуры становится выше, так что через большую область большое количество энергии может переноситься наружу лишь путем конвекции. Теперь конвекции простирается от внешней оболочки до областей, где находятся продукты ядерного горения.

При движении слоя горящего водорода наружу в звезде масса изотермического ядра становится порядка 10-13% массы звезды. Градиент давления в медленно сжимающемся изотермическом ядре не способен поддерживать внешние области звезды и центральные области начинают быстро сжиматься (временная шкала зависит от массы звезды).

Одновременно с коллапсом ядра оболочка звезды расширяется, т.о. радиус звезды сильно возрастает. Это происходит вследствие 2-х процессов:

1. Процесс ядерного горения переходит из центральных областей в слой

2. В процессе ядерного горения изменяется градиент молекулярной массы.

Когда начинается ядерное горение в слое, инертное ядро начинает сжиматься. Светимость определяется чистым выходом энергии. Сохраняется гидростатическое равновесие, и остается постоянным отношение гравитационной энергии к полной. Т.о., сжатие ядра, изменяющее гравитационную потенциальную энергию вблизи центра, должно сопровождаться обратным процессом – расширением внешних областей – для сохранения полной гравитационной энергии. В результате звезда становится гигантом, перемещаясь вдоль ветви красных гигантов.

Для звезд массой порядка 2.25 M_{\odot} плотность в ядре становится столь высокой, что электронный газ нельзя больше рассматривать, как идеальный газ (принцип Паули – вырожденный газ). Давление перестает зависеть от температуры, что приводит к важным последствиям. При сжатии ядра вследствие освобождения гравитационной энергии возрастает его температура. В конце концов ядро становится столь горячим и плотным, что в нем начинается горение гелия (он превращается в углерод). В этом процессе выделяется энергия, которая еще сильнее разогревает ядро (увеличение производства энергии, повышение температуры). Но вещество уже не расширяется, т.к. оно вырождено. Горение продолжается по всевозрастающим освобождением ядерной энергии. Этот процесс продолжается до тех пор, пока температура не станет настолько высокой, что вырождение вещества снимается. Вещество начинает расширяться и из-за возрастающего выделения энергии произойдет взрыв – гелиевая вспышка.

Теперь звезда имеет источник энергии в виде гелия, горящего в ее ядре. Происходит сжатие оболочки в звезде и наступает временная устойчивость. Звезда находится теперь на горизонтальной ветви Г.П. (в зависимости от ее массы и химического состава (чем меньше тяжелых элементов и меньше масса, тем левее)). Кроме ядра с горящим гелием, звезда будет иметь слой с горящим водородом.

Для звезд, более массивных, чем 2.25 M_{\odot} перед возгоранием гелия электроны в ядре не вырождаются. У таких звезд гелий начинает гореть вскоре, после того, как звезда вступит на ветвь красных гигантов. На этой стадии светимость звезды в несколько раз больше, чем была в фазе горения водорода на Г.П. и в течение почти всей фазы горения гелия остается приблизительно постоянной.

Через некоторый период времени в значительной части звездного ядра гелий истощается. Тогда начинается второе восхождение звезды вдоль ветви красных гигантов. Звездное ядро состоящее в основном из углерода и кислорода и содержащее сильно вырожденные электроны, быстро сжимается и нагревается, так как в нем отсутствуют источники энергии. Чтобы «поспеть» за сжатием оболочка расширяется до гигантских размеров.

Последовательность звезд гигантов, образованную при первом восхождении, как правило называют – Первой ветвью красных гигантов (ветвь «звезд» RGB). А образующую новую последовательность звезд с инертным углеродно-кислородным ядром называют

асимптотической ветвью гигантов (AGB).

Вначале после сжатия углеродно-кислородного ядра и его быстрого нагрева у слоя с горящим гелием уменьшается масса и увеличивается светимость, горение водорода временно прекращается. На этой стадии у звезд больше 4 M_{\odot} образуется конвективная зона, которая простирается во внешней оболочке, вплоть до слоя с горящим гелием. Посредством конвекции вещество, которое прошло фазу горения водорода может быть вынесено за поверхность звезды.

Невырожденный слой гелия становится термически неустойчивым (рост температуры приводит к избыточному вырождению энергии). Это приводит к быстро нарастающему освобождению термоядерной энергии – вспышкой гелия в слое. В конце концов расширение и охлаждение прекратят эту термоядерную вспышку гелия, но до этого успеет произойти значительное число ядерных реакций.

Когда термоядерная вспышка окончится, горение гелия в слое уже будет продолжаться спокойным образом. Затем расширение и охлаждения гасят горение гелия в слое и возобновляют горение водорода. Оно является источником, почти всей энергии, выходящей с поверхности в этот период. Когда масса гелиевой области достигает критического значения, гелий в слое снова загорается, и весь процесс повторяется. Т.о. возникает пульсационный процесс, в котором стадия спокойного горения гелия в слое составляет около 10-15% времени между вспышками. В то же самое время устанавливается конвективная область, которая простирается от области с гелием до границы между гелием и водородом. Промежуток времени между отдельными вспышками при пульсации зависит от массы углеродно-кислородного ядра и может меняться от 30 лет у ядра массой $\sim 1.5 M_{\odot}$, до нескольких тысяч лет у ядер меньших масс.

У звезд массами превосходящими 8-10 M_{\odot} , углерод в углеродно-кислородном ядре в конце концов загорается. Звезды становятся сверхгигантами и продолжают генерировать энергию посредством горения все более сложных элементов, пока не образуется ядро из «элементов железного пика». Это центральное ядро, в котором отсутствует ядерное топливо, вероятно, коллапсирует и образует нейтронную звезду., а оболочка сбрасывается в виде вспышки сверхновой. Ясно, что планетарные туманности образовались, лишь из звезд, массы которых меньше 8-10 M_{\odot} .

3. Эволюция после образования туманности

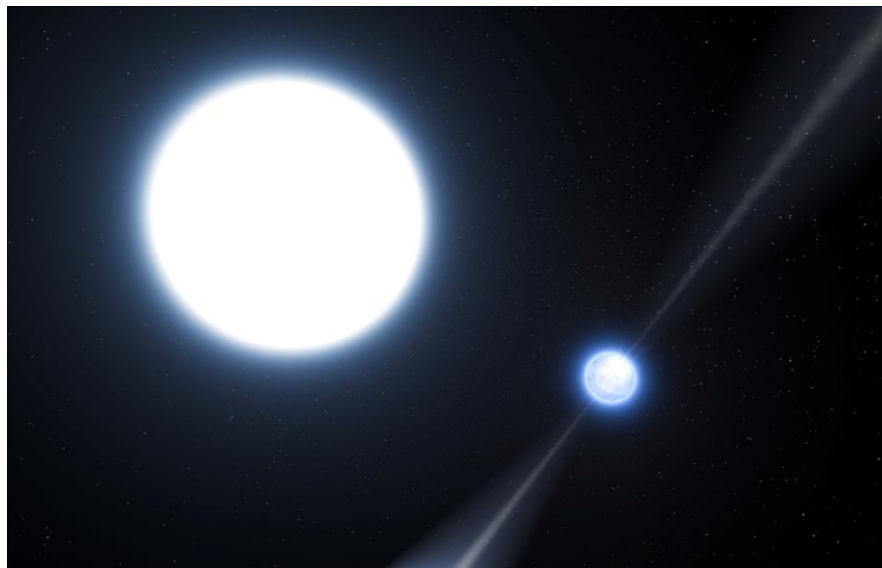
Очень упрощенная модель последовательной эволюции центральной звезды была впервые разработана Пачиньским, а позднее усовершенствованна Шонбернером.

В ранней работе пачиньского принималось, что планетарная туманность была выброшена и после выброса осталось углеродно-кислородное ядро. Ядро окружено тонкой оболочкой, в

которой сосуществуют внутренний слой горящего гелия и внешний слой горящего водорода. Сосуществование 2 слоев не вызывается физической необходимостью. На более ранних стадиях эволюции иногда тот или иной слой могут преобладать. Оба эти слоя активны, т.к. при такой конфигурации обеспечивается максимальная светимость. На стадии слоевого горения гелия и водорода вокруг инертного ядра светимость зависит только от массы ядра.

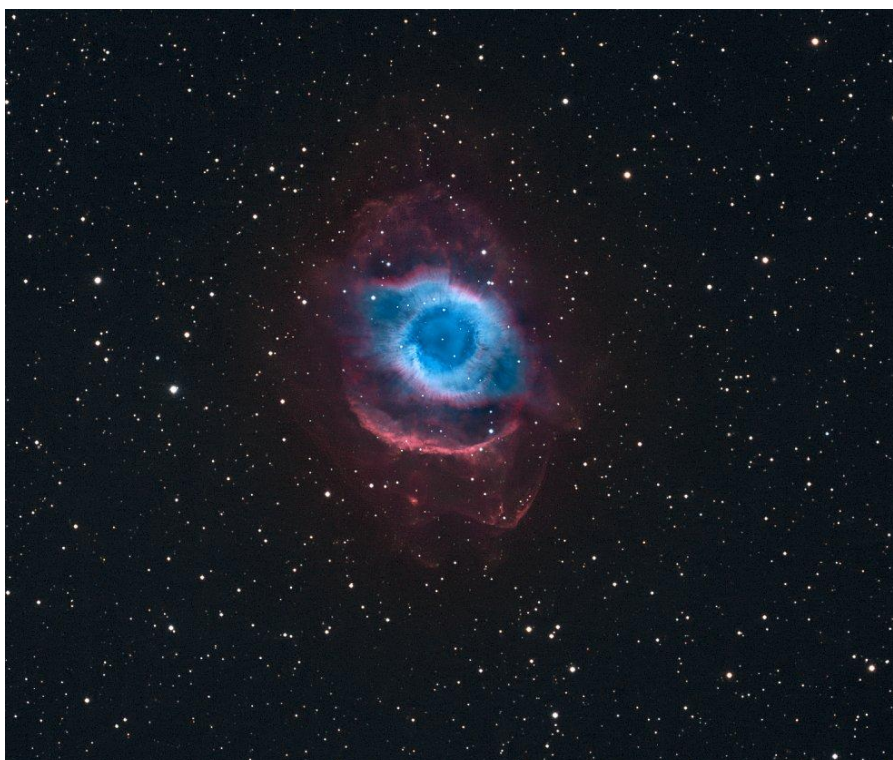
Не известно, какая масса оболочки, известно лишь то, что она мала по сравнению с массой туманности или массой ядра. Не смотря на то, что эффективная температура зависит от массы оболочки, можно принять $T_{\text{эфф}} \sim 25\ 000\ \text{K}$, соответствующей самой низкой температуре центральных звезд.

По мере выгорания слоевого источника масса оболочки уменьшается, и продукты горения становятся частью ядра. В результате уменьшения массы оболочки радиус звезды также уменьшается, а эффективная температура растет при постоянной светимости. Скорость, с которой это происходит, зависит только от массы оболочки, которая в свою очередь определяется массой ядра. Процесс продолжается, пока слоевые источники не израсходуют практически весь водород и гелий в оболочке, и ядерное горение прекратится. Звезда теперь начинает охлаждаться без значительного изменения радиуса и превратиться в белый карлик. Фактически белый карлик начинает свое существование раньше, как ядро красного гиганта. После этого физические процессы затрагивают только оболочку, отделяющую от звезды, в которой протекают ядерные реакции.



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSR_J0348%2B0432.jpg?uselang=ru

Рис.2.: Изображение белого карлика



<http://protofoto.ru/samyie-krasivvie-fotografii-kosmosa-chast-2.html>

Рис.3: Туманность «Улитка»

«Улитка» образована в результате звездной эволюции звезды солнечного типа. Находящийся в ее центре белый карлик, испускающий высокоэнергичное излучение и заставляет светиться туманность. Этот карлик — остаток звезды, порядка М \odot .. Туманность «Улитка» находится от нас на расстоянии 700 световых лет. Фото Martin Pugh):

Время, необходимое, чтобы пройти отрезок эволюции до прекращения ядерного горения, составляет около 5 000 лет и для модели 0,6 М \odot и 260 лет для модели 0,8 М \odot . В модели с 1,2 М \odot вся эволюция произошла бы за время около двух лет. Если бы центральная звезда массой 1,2 М \odot существовала, она вероятно, не была бы видна в стадии слоевого горения, так как процесс происходил бы слишком быстро. Скорее ее можно было бы наблюдать на поздней стадии.

Предполагается, что образование туманности на асимптотической ветви гигантов стимулируется гелиевой вспышкой в слое, т.к. это может позволить звезде сбросить часть оболочки. Трудностью этой модели является непозволительно долгое время пребывания центральной звезды в фазе высокой светимости. Шонбернер рассмотрел модели эволюции начиная от асимптотической ветви гигантов при тепловом равновесии, где спокойное горение водорода в слое давало более 90% светимости звезды. Первая фаза такой эволюции протекает очень медленно, при этом изменение эффективной температуры от 3000 до 5000 К происходит за 10^5 лет. Чтобы ускорить эволюцию на этой стадии, принималась высокая скорость потери

массы.

Если вспышка гелия произошла в туманности, она может произойти на более поздней стадии ее эволюции. Это происходит, потому что слой спокойного горения водорода неустойчив. Его характерное время будет продолжительнее у ядер с меньшими массами. Эволюция ядра происходит не независимо от эволюции оболочки до тех пор, пока оболочка обладает достаточной массой, чтобы поддерживать горение водорода. Поэтому некоторые центральные звезды будут испытывать до 10% от существующих, вспышку гелия в слое. Следствием этого будет расширение оболочки и понижение эффективной температуры. Т.о. звезда быстро пойдет в сторону красных объектов. А т.к. ядерное горение в слое продолжается, эволюция опять сменит направление и пойдет в голубую часть диаграммы Г.Р.

Гелиевая вспышка может иметь место и на более позднем этапе эволюции, при более поздних стадиях горения водорода, когда светимость центральной звезды существенно ниже. В этом случае большая часть водорода, оставшаяся в звезде после начала пульсаций, включается в конвективный слой горения гелия и полностью сгорает. Следуя за вспышкой, оболочка расширяется, возможно до размеров красного гиганта. Затем, пока горит гелий, звезда повторяет свой путь на диаграмме Г.Р.. Различие в том, что в веществе, теряемом звездой, понижено содержание водорода.

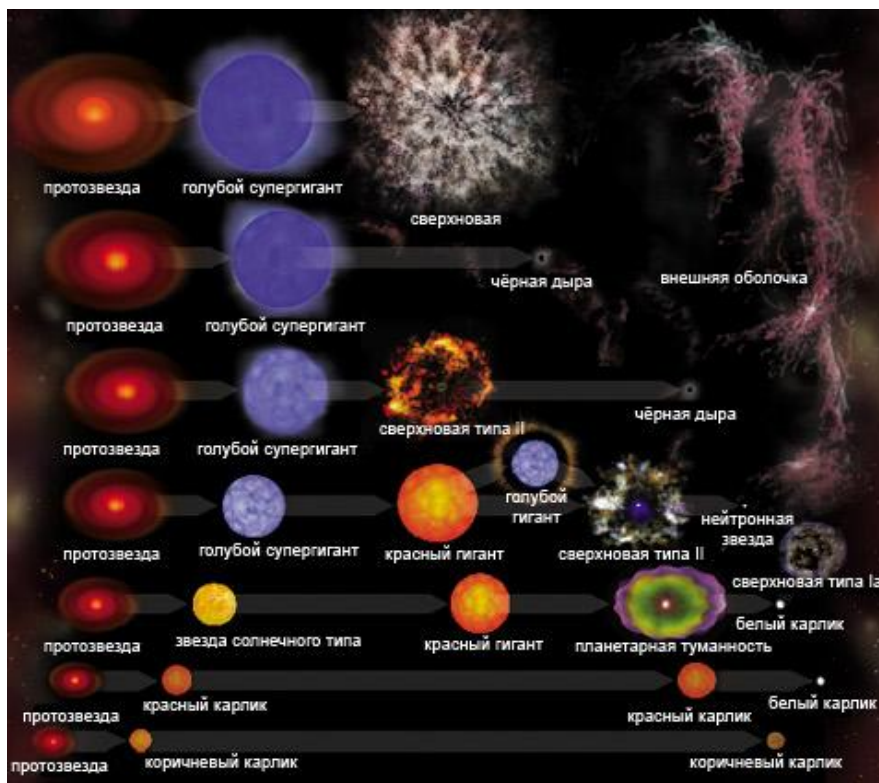
4. Эволюция от красного гиганта к планетарной туманности

Существует два довода, которые позволяют предполагать, что родоначальниками планетарных туманностей являются красные гиганты.

1. Красные гиганты верхней асимптотической ветви гигантов очень сходны с планетарными туманностями. Ядро красного гиганта, состоящее преимущественно из вырожденного углерода и кислорода, по массе и размерам напоминает центральную звезду планетарной туманности на поздней стадии развития. Если у красного гиганта удалить протяженную разреженную атмосферу, он превратился бы в центральную звезду, а атмосфера могла бы при этом стать планетарной туманностью.
2. Если туманность сброшена звездой, она должна иметь минимальную скорость, достаточную, чтобы уйти из гравитационного поля. Наблюдаемые скорости расширения лежат в узком диапазоне между 10 и 40 км/с. Скорость убегания от малых звезд гораздо больше. (скорость убегания сравнима, с наблюдаемой скоростью расширения туманности).

Скорость убегания от звезды массой $1M_{\odot}$ и радиусом R ; $v_{\text{sec}} = 618R^{-1/2}$ км/с.

R лежит в пределах $100-200R_{\odot}$, а это как раз радиус красного гиганта.



http://zelobservatory.blogspot.ru/2010/03/31-32_22.html

Рис.4: Классификация и эволюция звёзд на которой хорошо прослеживается и эволюция красного гиганта.

• Эволюция

Большинство красных гигантов имеют протяженные пульсирующие атмосферы и теряют массу со значительной скоростью. На ранних стадиях период пульсаций мал: около 200-300 сут. Скорость потери массы также соответственно мала: 10^{-6} М \odot /год или меньше при скорости истечения 10 км/с скорость потери массы возрастает до $3 \cdot 10^{-5}$ М \odot /год. Соответственно скорость истечения возрастает до 20 км/с или несколько более; в то же время период увеличивается до 600-2 000 сут. Выбрасываемое вещество первоначально имеет температуру атмосферы красного гиганта (около 2000К) и содержит газ преимущественно в молекулярной форме. По мере удаления от звезды газ охлаждается. При температуре от 700 до 1 500 К часть вещества конденсируется в пылевые частицы, которые поглощают свет звезды по крайней мере в визуальной и красной областях спектра, и тогда звезда перестает быть видимой. Чтобы проследить ее дальнейшую эволюцию, следует наблюдать в далекой инфракрасной области спектра или в радиодиапазоне. Эти условия, по-видимому, оптимальны для возникновения ОН-мазера.

Этот процесс прекращается, когда основная часть первоначальной атмосферы красного гиганта сброшена. Скорость потери массы замедляется по мере того, как обнажается более

горячее ядро звезды. Начинается ионизация туманности, пыль больше не образуется, а плотность уже образовавшейся пыли уменьшается из-за расширения туманности. Поглощение, обусловлено пылью, становится малым, и центральные области туманности вновь становятся видимыми. Однако пыль остается сильным источником излучения в далекой инфракрасной области, так как часть звездной энергии, например излучение в линии $\text{L}\alpha$, все еще поглощается.

Ряд доводов показывает, что это качественное описание верно:

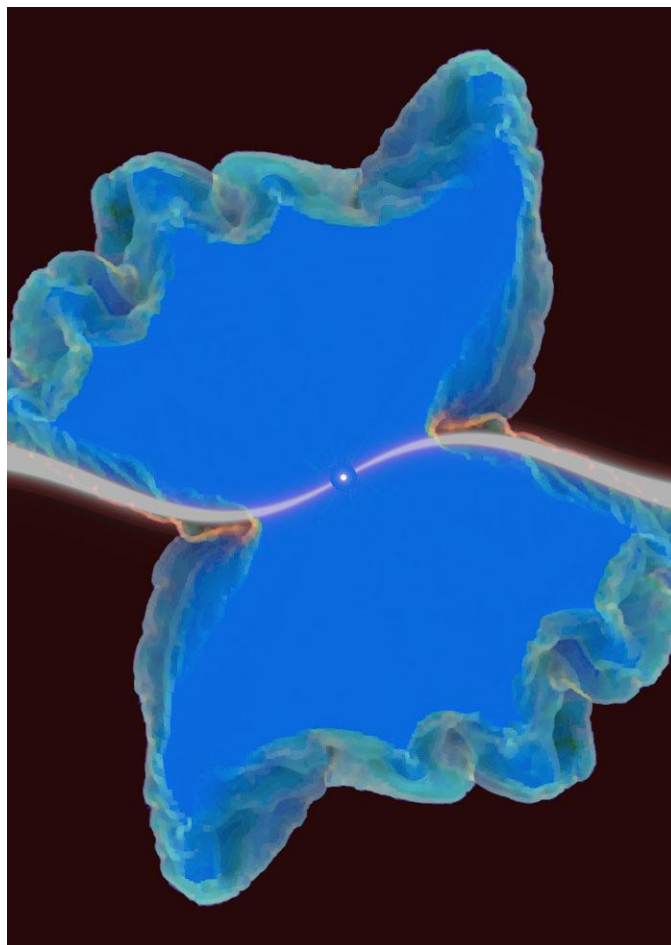
1. Удивительное сходство кинематических характеристик переменных типа Миры Кита и звезд OH/IR с характеристиками планетарных туманностей. Это указывает на то, что объекты имеют примерно один и тот же возраст и соответственно находятся на одной и той же стадии эволюции. Есть некоторые сведения, что звезды OH/IR – более молодые объекты, чем мириды, а планетарные туманности охватывают оба интервала возрастов.
2. Хорошее согласие плотности мирид и туманностей, по крайней мере в тех областях, где такое сравнение возможно. Более того, плотность мирид и планетарных туманностей велика и сравнима с общим числом проэволюционировавших звезд. Оценки показывают и для околосолнечной области «смертность» звезд главной последовательности 1-4 M_{\odot} (которые уже сошли с нее) в столбе, перпендикулярном плоскости галактики составляет $5 \cdot 10^{-10} (\text{пк}^2 \cdot \text{год})^{-1}$. Их средняя высота над галактической плоскостью около 250 пк (для звезд с первоначальной массой 1,3 M_{\odot}). Т.о. рождаемость этих проэволюционировавших звезд $10^{-12} (\text{пк}^3 \cdot \text{год})^{-1}$. Это можно сравнить с оценкой для величины планетарных туманностей $1,5 \cdot 10^{-12} (\text{пк}^3 \cdot \text{год})^{-1}$ и для мириды $0,4 \cdot 10^{-12} (\text{пк}^3 \cdot \text{год})^{-1}$. Следует сделать заключение, что как мириды, так и планетарные туманности являются более поздней стадией эволюции этих маломассивных звезд и что практически все достаточно старые звезды, сошедшие с главной последовательности, образуют планетарные туманности.
3. Во всех планетарных туманностях присутствует значительное количество пыли. Скорей всего, это остаток пыли образованной в период основной потери массы звездой.
4. У некоторых молодых планетарных туманностей имеются и другие следы этой более ранней стадии. Так у NGC 7027, NGC 6210, IC 418 молекула CO еще наблюдается в протяженной области вокруг туманности. Признаки присутствия молекулы H_2 обнаружены почти у половины планетарных туманностей, а радикал OH наблюдается в туманности Vу 2-2

5. Заключение

Планетарные туманности играют значительную роль в эволюции галактик. Ранняя Вселенная состояла в основном из водорода и гелия, но со временем в результате термоядерного синтеза в звездах образовались более тяжелые элементы. Таким образом, вещество планетарных туманностей имеет высокое содержание углерода, азота и кислорода, а по мере расширения и

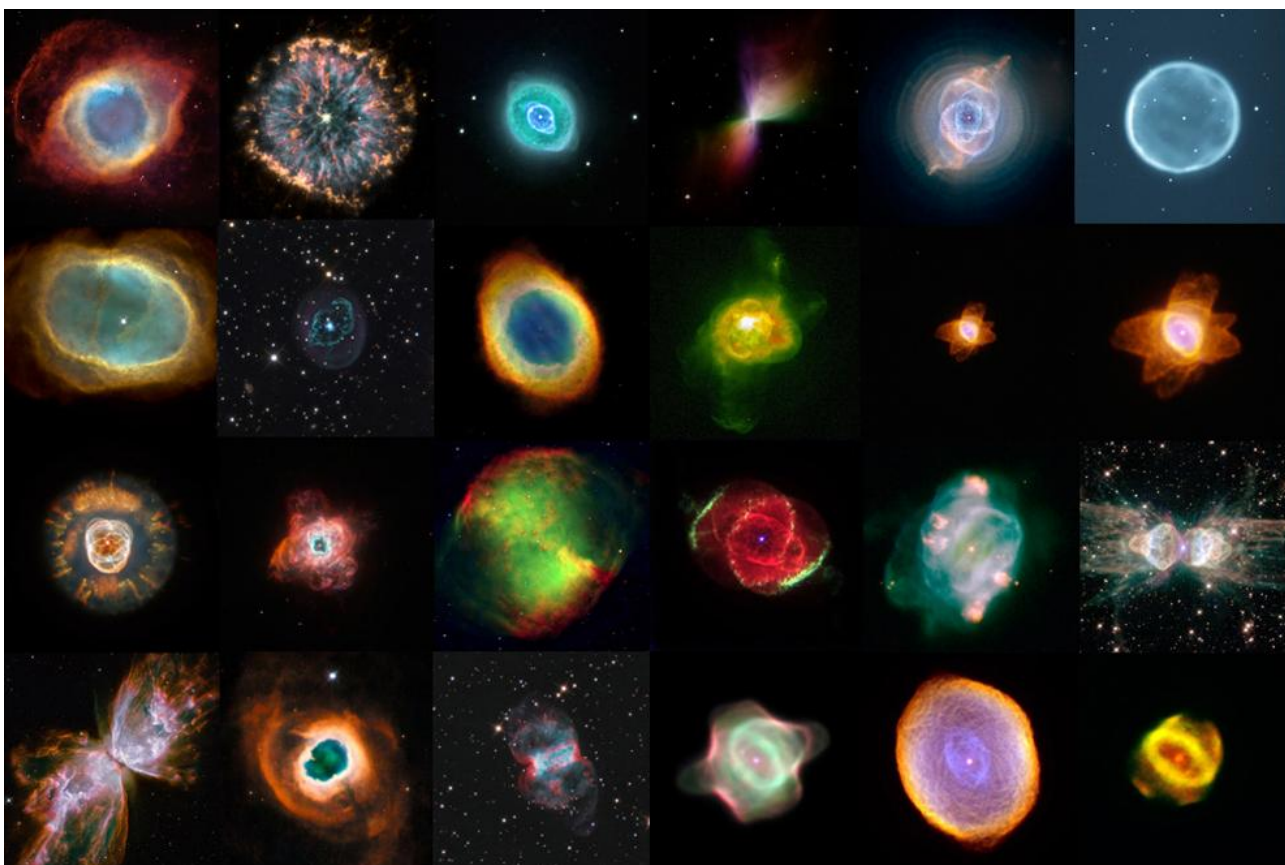
проникновения в межзвёздное пространство оно обогащает его этими тяжёлыми элементами - металлами.

Последующие поколения звёзд, формирующиеся из межзвёздного вещества, будут содержать большее начальное количество тяжёлых элементов; хотя их присутствие в составе звёзд остаётся незначительным, они ощутимо влияют на их эволюцию. Звёзды, сформировавшиеся вскоре после образования Вселенной, содержат относительно малые количества металлов — их относят к звёздам II типа. Звёзды, обогащённые тяжёлыми элементами, принадлежат к звёздам I типа.



http://academic.ru/pictures/wiki/files/83/Stellar_nebula_simulation.jpg

Рис.5: Компьютерное моделирование формирования планетарной туманности из звезды с диском неправильной формы, иллюстрирующее, как малая начальная асимметрия может в результате привести к образованию объекта со сложной структурой.



<http://www.biguniverse.ru/photos/planetarnyie-tumannosti/>

Рис.6: 34 наиболее интересных планетарных туманности. Среди них: «Улитка» — одна из наиболее ярких и красивых. В Новом общем каталоге туманностей она числится под номером 7293.(1-ая туманность в левом верхнем углу), Туманность «Кошачий глаз», NGC 6543: фантастические скульптуры из газа и пыли, сфотографированные телескопом «Хаббл» (5-ая туманность, если считать с лево направо от «Улитки»), Рассеянный свет туманности «Бумеранг». В 1995 году при помощи телескопа «Хаббл» измерили температуру материи внутри этой туманности. Оказалось, что вещество туманности всего на 1 градус теплее точки абсолютного нуля. Туманность «Бумеранг» — одно из самых холодных мест во Вселенной (4-ая туманность, если считать с лево направо от «Улитки»).

6.Список литературы:

- [1] Адлер Л., Лиллер У., Планетарные туманности, пер. с англ., М., 1971;
- [2] Мартынов Д.Я., Курс общей астрофизики, 3 изд., М., 1979;
- [3] Хромов Г. С., Планетарные туманности; физика, эволюция, космогония, М. (в печати).
- [4]
<http://academic.ru/dic.nsf/ruwiki/85791#.D0.9F.D1.80.D0.BE.D0.B8.D1.81.D1.85.D0.BE.D0.B6.D0.B4.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5>
- [5] С. Потташ «Планетарные туманности»