Содержание

Введение

1. Гипотезы о рождении звезд

2. Звезды из туманностей или туманности из звезд

3. Звездные модели

4. Жизненный путь звезды

5. Конец пути

Использованная литература

Введение

Мир звезд чрезвычайно разнообразный и загадочный. В безоблачный ясный вечер небо усыпано множеством звезд. Они кажутся маленькими сверкающими точками, потому что находятся очень далеко от Земли. На самом деле звезды – это огромные раскаленные газовые шары. Самые горячие из них голубого цвета, мене горячие, чем Солнце – красного. Звезды отличаются друг от друга размерами. Есть звезды-гиганты, а есть звезды-карлики. В данном реферате я постараюсь рассказать, как же все-таки образуются звезды, из чего состоят и что заставляет их светиться на ночном небе.

1. Гипотезы о рождении звезд

Как рождаются звезды?

Задачу о происхождении звезд можно разбить на две части.

Первая: из чего образуются звезды?

И вторая: как это происходит?

Первая попытка дать ответ на вопрос "из чего?" была сделана еще до изобретения телескопа, 400 лет тому назад? Сделал ее Тихо Браге после наблюдения вспышки своей сверхновой. Он считал, что появление новой звезды связано с внезапным сгущением туманообразной материи, рассеянной по всему Млечному Пути. Тихо казалось даже, что вокруг звезды образовалась некоторая "пустота" после того, как "туманный" материал был "вычерпан" звездой. Разумеется, никакой пустоты в действительности не образовалось, а впечатление Тихо связано с явлением контраста и даже, возможно, с подсознательным стремлением подкрепить чем-то свою идею. Прошло 200 лет, и трудами Вильяма Гершеля были заложены основы звездной астрономии. В распоряжении астрономов уже были многочисленные данные о звездах и туманностях, но представления о зарождении звезд остались прежними. Гершель считал, что самосветящаяся материя, кажется, скорее способна, сгущаясь, образовать звезду, нежели быть обязанной звезде своим происхождением. Эти идеи Гершель развивал начиная с 1791г., по особенно подробно изложил их в двух трактатах, опубликованных в 1811 и 1814гг.

Иммануил Кант еще в 1755г. в своей знаменитой гипотезе о происхождении Солнечной системы утверждал, что она (в том числе и Солнце одна из Звезд) произошла из холодной пылевой туманности. Пьер Симон Лаплас почти одновременно с Гершелем (в 1796г.) высказал идею о происхождении Солнца из газовой туманности за счет ее сжатия в ходе вращения — тут уже фигурировал некий механизм, пытавшийся дать ответ и на вопрос "как".

Прошло еще сто лет. За это время были измерены расстояния до звезд, были установлены их температуры и физическое состояние, многое узнали астрономы и о природе газовых и пылевых туманностей. Высказывались и различные варианты гипотезы происхождения звезд из диффузной материи. Английский астроном Норман Локиер, например, выдвинул в 1887г. гипотезу о происхождении звезд из метеорной пыли. Но большинство астрономов конца ХIХ в. разделяло идеи Гершеля о том, что звезды образуются путем сгущения вещества газовых туманностей.

Существенный сдвиг в этом вопросе произошел лишь в 1916—1919гг., когда Джемс Джинс опубликовал свои известные работы, в которых рассматривал такие, разные вопросы, как эволюция галактик, происхождение звезд (в том числе двойных) и, наконец, происхождение Солнечной системы.

Джинс рассматривал сферические и эллиптические галактики как последовательные стадии развития галактик вообще. По его мнению, вначале будущая галактика имеет почти сферическую форму и представляет собой настоящую газовую туманность. Лишь потом, по мере сжатия и уплощения туманности, происходит разделение ее на отдельные сгустки, туманность приобретает спиральную форму, плотность вещества в нитках спирали увеличивается, облегчая формирование звезд.

Спустя 10 лет Эдвин Хаббл разрешил внешние части многих галактик на звезды, а в дальнейшем было окончательно доказано, что все галактики состоят в основном из звезд. Это выбило почву из-под гипотезы Джинса об эволюции галактик. Но его соображения об условиях формирования звезд из газовой материи отнюдь не потеряли своего значения.

Джинс много занимался газовой динамикой, и это помогло ему сформулировать условия, необходимые для того, чтобы масса разреженного газа сгустилась в звезду. Это условие получило название принципа гравитационной неустойчивости.

Теория формирования звезд из газа за счет гравитационной неустойчивости, разработанная Джинсом, в течение более чем 30 лет была принята большинством астрономов, вошла во все учебники астрономии двадцатых— сороковых годов. И была популярной в науке даже тогда, когда потерпели полное фиаско ее современницы: гипотеза происхождения и эволюции галактик и гипотеза происхождения Солнечной системы, тоже развитые Джинсом.

2. Звезды из туманностей или туманности из звезд?

В 1931г. в английском журнале "Observatory" была опубликована статья малоизвестного в то время астронома, сотрудника Московской обсерватории Б. А. Воронцова-Вельяминова под названием "Возможное происхождение диффузных туманностей и межзвездной материи". В этой небольшой статье ее автор развивал совсем иные взгляды на связь эволюции звезд и газовых туманностей.

До 1931г. диффузные туманности считались, в соответствии со взглядами Джинса, остаточным материалом, своего рода строительным мусором после образования звезд в нашей Галактике. Б. А. Воронцов-Вельяминов утверждал обратное: материя, составляющая наблюдаемые нами туманности, выбрасывается некоторыми типами звезд. Таким образом, вещество этих звезд переходит в форму диффузной материи как в виде туманностей, так и в виде общего "фона" межзвездного газа.

Что же это за звезды, вещество которых пополняет межзвездную среду? Вообще говоря, можно считать, что в этом процессе участвует каждая звезда.

Звезды Вольфа — Райе — яркие бело-голубые гиганты, в тысячи раз превышающие по светимости Солнце. Срок их существования, по-видимому, невелик не более 106 лет, количество их в Галактике — около 10 000. По образному выражению Б. А. Воронцова-Вельяминова это звезды, которые сами себя разрушают. Из оценок количества звезд Вольфа Райе в Галактике, срока их существования, их общей массы и скорости разрушении была получена оценка поставляемой ими массы. Наконец, не подлежит никакому сомнению, что планетарные туманности, окружающие очень горячие звезды (ядра планетарных туманностей), тоже обязан своим происхождением центральным звездам, а не наоборот.

Но достаточно ли всех перечисленных выше источников для объяснения происхождения диффузных туманностей в нашей Галактике? По подсчетам самого Воронцова-Вельяминова, общая масса диффузной материи в Галактике заключена в пределах от 10 (в девятой) до 10 (в десятой) МО. Учитывая, что Галактика существует не менее 10 (в десятой) лет, можно предположить, что звезды Вольфа — Райе способны поставить за этот срок 10 (в девятой) диффузного вещества. Принимая во внимание неизбежную неточность подсчетов и вероятный недоучет некоторых факторов, этот результат можно было признать вполне удовлетворительным.

Так что же из чего возникает: звезды из туманностей или туманности из звезд? А может быть, идут, взаимно компенсируя друг друга, оба процесса?

Тут нужно сразу же заметить, что, с точки зрения наблюдателей, эти два процесса находятся в неравноправном положении: в то время как превращение вещества звезд в вещество туманностей и межзвездного газа подтверждается целым рядом реально наблюдаемых фактов (корпускулярное излучение Солнца, сброс оболочек новых и сверхновых, истечение вещества из звезд Вольфа—Райе и др.), никто никогда не наблюдал, по крайней мере до 1950г., каких-либо явлений, указывавших на возможность обратного перехода.

3. Звездные модели

Чтобы представить себе, как развивается звезда, надо было знать, как она устроена. Наблюдения за звездами могли дать радиус, массу, среднюю плотность звезды и температур на поверхности. Но как изменяются плотность и температура с глубиной по мере перехода от поверхности звезды к ее недрам? Ясно, что они должны расти, но по каким законам? И как переносится тепло внутри звезды: излучением или конвекцией? Эти вопросы тоже требовали ответа. И ученые давно уже пытались найти этот ответ.

Пока в 1862 году Анджело Секки прилаживал свой спектроскоп к телескопу Ватиканской обсерватории, в Далекой Англии Уильям Томсон (Кельвин), изучая термодинамику земной атмосферы, ввел понятие конвективного равновесия. Это был первый краеугольный камень, заложенный в теорию внутреннего строения звезд.

"Всякую сплошную среду, — писал Кельвин, подверженную влиянию гравитации, будем называть находящейся в конвективном равновесии, если плотность и температура распределены по всей среде таким образом, что поверхности равной плотности и равной температуры остаются неизменными" в случае действия на среду малых возмущений.

Сущность конвективного равновесия, поясняет далее Кельвин, состоит в следующем. Выделим в газовой среде какой-нибудь малый объем и изолируем его от теплообмена с окружающей средой. Если наш объем, расширяясь или сжимаясь, достигнет плотности среды, какую она имеет в некоторой другой точке, то и температура его будет равна температуре среды в этой точке.

Выводя уравнение адиабатического и политропического равновесия, Кельвин еще не предполагал, что его можно применить для изучения внутреннего строения Солнца и звезд. Это сделал спустя восемь лет американский физик Гомер Лейн.

Сначала Лейн интересовался лишь температурой поверхности Солнца, которая тогда еще не была известна. Как определить ее, зная количество лучистой энергии, испускаемой с единицы поверхности Солнца? Лейн вынужден был использовать данные экспериментов по излучению энергии нагретыми поверхностями и проэкстраполировать их в сторону больших энергий излучения.

Следующей задачей, которую поставил и решил Лейн, было определение плотности солнечного вещества у поверхности. Для этого он должен был рассмотреть равновесие Солнца как целого. Вот тут и пригодились условия конвективного равновесия, введенные Кельвином. Распределение температуры с расстоянием от центра Солнца выразилось довольно сложным дифференциальным уравнением.

Итак, распределение температуры Солнца с глубиной было построено. После этого не составляло труда, используя политропические соотношения, найти распределение плотности и давления.

Лейн стал не только первым исследователем физических условий в атмосфере Солнца, но и первым исследователем звездных недр, хотя сперва эта проблема его не интересовала. С именем Лейна связана одна очень важная теорема. Она позволяет от значений функции Лейна — Эмдена для данного относительного расстояния от центра газового шара перейти к значению этой функции для любого другого расстояния. Это — очень удобный закон подобия для распределения температуры, плотности и давления в звездах. Если звезда (или вообще газовый шар) расширяется или сжимается так, что все ее части изменяют свои размеры в одном и том же отношении (такое расширение — сжатие называется однородным), то, согласно теореме Лейна, температура, плотность и давление в каждой точке изменяются обратно пропорционально первой, третьей и четвертой степени этого отношения соответственно. Таким образом, теорема Лейна позволяла рассчитать изменение состояния звезды при ее расширении или сжатии.

Между тем в конце 70-х годов проблемой равновесия звезд заинтересовался немецкий физик А. Риттер. За шесть лет (1878 - 1883) он опубликовал в одном и том же журнале 18 коротких сообщений, в которых, совершенно независимо от Лейна (с работами которого он не был знаком), он выводил закон Лейна и вычислял функцию Лейна — Эмдева для различных значений показателя политропы. Но Риттер пошел дальше и вывел уравнения для внутренней и потенциальной энергии звезды, впервые рассмотрел вопрос о пульсациях газового шара и доказал, что период этих пульсаций обратно пропорционален квадратному корню из плотности звезды.

Работа еще одного известного астрофизика Карла Шварцшильда, опубликованная в 1906г., сыграла важную роль в разработке теории лучистого переноса энергии, теории строения звездных атмосфер и, теории внутреннего строения звезд. Вещество звезды могло находиться либо в лучистом, либо в конвективном равновесии. Условие лучистого равновесия заключается в том, что количество энергии излучения, поглощаемой объемом, равно количеству энергии, испускаемой им. Если это условие выполняется в данной зоне звезды, можно утверждать, что эта зона находится в состоянии лучистого равновесия.

Прежде всего, надо ясно представить себе, что в нагретом до нескольких тысяч градусов газе лучистый перенос тепла будет обязательно, а конвекция может возникнуть лишь при определенных условиях. Такие условия наступят, если градиент температуры (скорость ее изменения с высотой) окажется больше, чем при адиабатическом равновесии.

В этом случае нагретый объем газа, поднимаясь вверх, не успевает охладиться до температуры внешней среды и стремится подняться еще выше. Возникшие вертикальные токи газа не затухают, а, наоборот, непрерывно поддерживаются. Градиент температуры в ходе конвекции несколько снижается, но остается чуть выше адиабатического.

Немецкий астрофизик А. Унзольд в 1930г. отметил, что ионизация водорода уже на небольших глубинах (где температура достигает 10 000°) порождает мощную конвекцию. Действительно, с подъемом некоторого объема газа, содержащего ионизованный водород, в нем начинается рекомбинация ионов водорода с электронами — процесс, сопровождающийся выделением тепла. Это тепло задерживает охлаждение газа до температуры внешней среды, и объем будет продолжать подниматься. В опускающемся объеме, наоборот, начнется ионизация водорода, требующая затраты тепла, объем не сможет разогреться до "наружной" температуры и будет продолжать опускаться.

В 1935г. другой немецкий астрофизик, Л. Бирман применив к анализу конвекции в звездных недрах метод, - развитый гидродинамиком Прандтлем, показал, что глубина Конвективной зоны может быть гораздо больше, чем принимал Унзольд, и измеряться десятками тысяч километров. Тремя годами ранее Бирман установил, что в звезде с сильной концентрацией источников энергии к центру должно образоваться конвективное ядро, потому что один лучистый перенос не будет успевать "откачивать" энергию‚ вырабатываемую в этом ядре чересчур мощными источниками. На основе идей Бирмана англичанин Т. Каулинг разработал ставшую хорошо известной модель звезды с конвективным ядром и оболочкой, находящейся в лучистом равновесии.

Источники звездной энергии были все еще неизвестны, но их мощность и распредёление по глубине использовались астрофизиками для расчета моделей звезд. Таково было положение на этом участке общего фронта наступления на проблему.

4. Жизненный путь звезды

Первые попытки проследить жизненный путь звезды были весьма робкими. Применение законов Лейна к гипотезе гравитационного сжатия Гельмгольца — Кельвина уже принесло новый результат: сжимающаяся звезда должна разогреваться (температура изменяется обратно пропорционально радиусу!), пока увеличение плотности не замедлит сжатие настолько, что расход энергии превысит приход. Тогда звезда начнет остывать. Эволюционный путь звезды, таким образом, уже сто лет назад представлялся состоящим из двух ветвей: восходящей и нисходящей. А. Риттер в 1883г. прямо указывал на то, что красные гиганты находятся на восходящей, а красные карлики — на нисходящей ветви эволюции.

Оригинальную гипотезу происхождения звезд путем конденсации из метеорной материи предложил Норман Локиер в своем выступлении 17 ноября 1887г. перед Лондонским королевским обществом. Развивая свою гипотезу дальше, Локиер опирался не только на теоретические выводы Лейна и Риттера, но и на результаты исследований спектров звезд. Схема эволюции звезд по Локиеру выглядит так. В начале жизненного пути находятся красные гиганты типа Антареса (класс М), затем звезда проходит стадии оранжевого гиганта, как Альдебаран (К5), желтого гиганта, как Полярная (Г8), белого гиганта, как, Ценеб (А2) и Ригель (В8). На вершине эволюции находятся самые горячие голубые звезды: γ Парусов и ζ Кормы (класс О). На нисходящей ветви последовательно располагаются бело-голубые звезды, как Ахериар (В5), белые, как Сириус (АО), бело-желтые, как Процион (Е5), желтые, как Солнце (i) и Арктур (К), наконец, красные карлики, как 19 Рыб (N). Дальше звезда угасает и становится темной. Но Локиер, разрабатывая свою схему эволюции звезд, исходил из убеждения, что химические элементы состоят из еще более простых элементарных частиц, которые он называл "протоэлементами". Эти частицы не были едины для всех элементов, как известные ныне протон, нейтрон и электрон, а носили более индивидуализированный характер. Так, водород, по Локиеру, при высокой температуре распадается на "протоводород", который и дает усиленные линии в спектре - с-линии, по классификации мисс Мори. Железо превращается в "протожелезо" и дает линии искрового спектра, и т. д. В действительности "протоводород" оказался ионом гелия, другие усиленные линии оказались принадлежавшими нонам металлов. Но идеи Локкиера, окончательно сформулированные им в 1900 г., спустя 13 лет в несколько ином виде (без метеорной гипотезы и "протоэлементов" были развиты Генри Норрисом Ресселом в его гипотезе эволюции звезд, основанной на диаграмме.

13 июня 1913г. он доложил свою гипотезу на собрании Королевского астрономического общества в Лондоне. Спустя полгода, 30 декабря 1913г., он повторил свой доклад на съезде Американского астрономического общества "Если мы расположим звезды, которые мы изучаем, в порядке возрастания плотности, то мы должны начать с гигантских звезд класса М и затем проследить ряд гигантов в порядке, обратном тому, в каком обычно располагаются спектры, до звезд классов А и В и далее при все еще возрастающей, хотя уже и медленнее, плотности перейти вниз на последовательность карликов в обычном порядке изменения спектральных классов, встретив на пути Солнце, к тем красным звездам (снова в класс М), которые являются самыми слабыми из известных в настоящее время звезд", — так описывал Рессел свою гипотезу.

Первая гипотеза звездной эволюции Рессела получила всеобщее признание. Но ненадолго. Спустя 12 лет сам автор гипотезы приступил к ее пересмотру. И для этого у него было немало оснований. В результате работ Дж. Джинса, А. Эддингтона и самого Г. Н. Рессела стало ясно, что основным источником энергии в звездах является не гравитационное сжатие, а какой то иной механизм, сопровождаемый переходом части вещества в поле излучения.

В 1924г. А. Эддингтон установил очень важное обстоятельство, состоявшее в том, что ионизованный газ в недрах звезды обладает практически неограниченной сжимаемостью. Таким образом, звездное вещество при любых плотностях ведет себя как идеальный газ. Кроме того, почти для всех элементов в недрах звезд, за исключением водорода и гелия, средний молекулярный вес оказался близким к двум. Большое значение имела также разработка в эти годы теории лучистого равновесия (в основном трудами А. Эддингтона) и вывод Г. Крамерсом формулы для коэффициента поглощения излучения звездной материей.

В свете этих открытий охлаждение красных карликов следовало объяснять уже не замедлением сжатия из-за уплотнения вещества в их недрах, а ростом непрозрачности звездной материи по мере этого уплотнения.

Перерабатывая свою гипотезу, Рессел исходил из следующих соображений. Главная последовательность на Г—Р-диаграмме — не узкая линия, а довольно широкая полоса. Между тем, если бы все звезды имели одинаковый химический состав, выход энергии на единицу массы определялся бы только температурой и плотностью звезды. Диаграмму "спектр—светимость" можно преобразовать в другую диаграмму: "температура—плотность", и тогда все звезды главной последовательности легли бы на тонкую линию. Раз этого нет, значит, выход энергии зависит от состава вещества, очевидно, того самого вещества, за счет которого эта энергия вырабатывается. Рессел назвал эту "активную" материю "материей карликов" (поскольку значительную часть звезд главной последовательности составляли карлики).

Но на Г—Р-диаграмме была еще ветвь гигантов, кроме того, в левом нижнем углу диаграммы находилось несколько слабых белых звезд (спутник Сириуса, Эридана В, спутник Проциона), получивших название белых карликов и представлявших некоторое время загадку. При крайне малых размерах они имели массу порядка солнечной, а значит, чудовищную плотность: в десятки и сотни тысяч раз больше плотности воды. Сначала это казалось астрономам необъяснимым, но после открытия Эддингтоном факта неограниченной сжимаемости звездного газа белые карлики перестали быть загадкой.

Рессел предположил, что ветвь гигантов как бы через перекидной мост соединяется на Г—Р-диаграмме с областью белых карликов и так как звезды и здесь не ложатся на узкую линию, то, значит, все дело в том, что и у них выход энергии зависит от содержания некоей активной материи, но иного типа, чем у звезд главной последовательности, — "материи гигантов".

Теперь оставалось задаться предположением о начальной массе звезды и о том, испытывает ли она малые или большие потери массы в ходе эволюции. Весь путь эволюции звезды определяется теперь тремя различными механизмами пополнения энергии:

1) гравитационное сжатие,

2) потребление (т. е. переход в излучение) материи карликов,

З) потребление материи гигантов.

Несмотря на всю сложность второй гипотезы Рессела и на наличие в ней множества белых пятен, оба ее варианта дают два основных истолкования Г—Р-диаграммы:

1) Если звезда почти не теряет массы в ходе эволюции, то густо населенные области на диаграмме соответствуют наиболее устойчивым и длительно существующим состоянием звезд;

2) Если звезда в ходе эволюции теряет массу, основные ветви диаграммы отражают последовательное перемещение звезд вдоль них.

Джемс Джинс подверг вторую гипотезу Рессела резкой критике. Согласно этой гипотезе, переработка активной материи в излучение начинается после достижения веществом звезды некоторой критической температуры (по оценке Рессела, 32 миллиона градусов). Но, указывал Джинс, достигнув этой температуры, звезда на этом не остановится, а будет разогреваться дальше (включится новый мощный источник энергии!). Зона сверхкритической температуры будет расширяться, захватывая все новые и новые порции активной материи. Поэтому интенсивность излучения такой звезды будет усиливаться спонтанно. Джинс сравнивал подобную звезду с бочонком пороха с искрой внутри него. Рессел и Эддингтон предприняли немало усилий для того, чтобы устранить противоречия этой гипотезы. Это им удалось ценой введения ряда совершенно искусственных предположений. Груз этих предположений не хуже, чем устраняемые ими противоречия, тянул гипотезу на дно. Тогда Джинс предпринял общее математическое исследование вопроса о звездной устойчивости и пришел к простому выводу: пустые области на Г—Р-диаграмме соответствуют неустойчивым состояниям звезды. Это был весьма логичный и, в общем, правильный вывод. Но существенно продвинуться дальше Джинсу не удалось. Он считал, что переработка "активной" материи звезды не может зависеть от температуры, как предполагается в гипотезе Рессела, поскольку это противоречило бы основным положениям физики. Основная идея Джинса состояла в том, что:

а) процесс переработки звездного вещества происходит самопроизвольно и не зависит от температуры звезды;

б) центральные области звезды не находятся в чисто газообразном состоянии, поскольку атомы, ядра и электроны сжаты здесь так тесно, что не могут двигаться свободно, и вещество в центральной области обладает свойствами жидкости.

5. Конец пути

Как же заканчивается жизненный путь звезды? Если вначале существовало наивное представление о том, что каждая звезда, исчерпав свои энергетические ресурсы, "просто остывает", то уже в 20-е годы у Рессела возникло представление, что конечный этап жизни звезды — стадия белого карлика. Это представление прошло через полстолетия поисков, и каждый раз попытки как-то обосновать его встречали большие трудности. Даже машинные расчеты М. Шварцшильда, Киппенхана, Масевич, в каждом из которых рассчитывалось по 600—800 моделей, не доводили звезду до стадии белого карлика. Трудность состояла не столько в быстроте изменений состояния звезды, сколько в том, что с изменением этого состояния приходится принимать во внимание новые законы природы — законы поведения вырожденного газа при сверхвысоких плотностях с учетом эффектов общей теории относительности. Уравнения, описывающие превращение звезды в белый карлик, усложняются настолько, что их решение не под силу даже электронно-вычислительным машинам. Но конечное состояние звезды рассчитать можно. И попытки это сделать предпринимались еще в конце двадцатых — начале тридцатых годов.

В 1926г. английский астрофизик У. Фаулер обратил внимание на то, что в недрах звезды, состоящей из холодного вырожденного газа, давление такого газа способно уравновесить наружное давление, вызванное тяготением. Таким образом, звезда типа белого карлика может быть устойчивой. Спустя два года к аналогичному выводу пришел известный советский физик Я. И. Френкель. Но при всех ли значениях массы звезда будет устойчивой? Такой вопрос поставил и решил в 1932г. замечательный советский физик, впоследствии академик, Л. Д. Ландау, которому тогда было всего 25 лет. Анализ проблемы устойчивости большой массы холодного вырожденного газа привел его к выводу, что существует некоторая предельная, критическая масса. Пока масса холодной звезды не достигла этого предела, она будет сохранять устойчивость. Но если масса больше критической, давление электронного газа не сможет противостоять силам тяготения и звезда испытает катастрофическое сжатие — коллапс. Критическая масса, по расчетам Ландау, примерно равна солнечной. В 1935г. индийский астрофизик С. Чандрасекар продолжил анализ Ландау и нашел, что критическая масса, предсказанная советским ученым, равна 1,44 МO. Это — так называемый предел Чандрасекара. Однако в решении Чандрасекара не были учтены две очень важные поправки, связанные с эффектами общей теории относительности и с образованием нейтронов, которое неизбежно происходит при очень высоких плотностях, превышающих 10 (в десятой) г/см³. У Чандрасекара получалось, что звезда будет сжиматься беспредельно, так что плотность в центре будет стремиться к бесконечности. В 1949г. советский астрофизик С. А. Каплан указал, что введение этих поправок существенно меняет дело: при сжатии звезды с критической массой плотность в центре будет стремиться не к бесконечности, а к конечному пределу, равному З \* 1010 г/см³. К сожалению, С. А. Каплан опубликовал свою работу в журнале, малоизвестном за рубежом — в "Ученых записках Львовского университета". И вот уже спустя 15 лет, в 1964г., Чандрасекар независимо получил тот же результат.

Учет нейтронизации, т. е. "вдавливания" электронов в атомные ядра с превращением части содержащихся в них протонов в нейтроны, несколько снижает предел Чандрасекара — до 1,2 МO. Большая заслуга в изучении влияния эффектов нейтронизации и общей теории относительности принадлежит астрономам Бюраканской астрофизической обсерватории Г. С. Саакяну, Ю. Л. Вартаняну и другим.

Таким образом, конечная судьба звезд, массы которых заключены в пределах от 0,2 до 1,2 МO, уже в начале 50-х годов представлялась довольно ясно: после исчерпания всех ресурсов термоядерных реакций звезда становится "холодной" и сжимается, превращаясь в белый карлик. При сжатии температура в недрах звезды снова повышается, но термоядерные реакции возобновиться не могут: нет "горючего". Звезда медленно остывает, расходуя энергию теплового движения атомных ядер и электронов. Недра звезды состоят преимущественно из гелия и тяжелых элементов. Сколько же времени может "прожить" звезда в состоянии белого карлика? Процесс охлаждения такой звезды был изучен в 1950г. С. А. Капланом и в 1952г. английским астрофизиком Л. Местелом. Срок жизни для спутника Сириуса получился у Местела 4\*108 лет, для звезды Вольф 457 — 1010 лет. Наименьший срок жизни, 107 лет, получился для сравнительно яркого и массивного белого карлика Вольф 1346. Как же складывается судьба самых маленьких звезд — красных карликов с массами от 0,2 до 0,08 МO. Их эволюцию изучил американский астроном Ш. Кумар. Массы этих звезд слишком малы, чтобы после исчерпания источников энергии они могли испытать катастрофическое сжатие (коллапс). Поэтому белыми карликами они стать не могут. Для них остается тривиальный путь — последняя стадия гравитационного сжатия до тех пор, пока в их недрах не наступит состояние вырождения, после чего температура будет падать, несмотря на рост плотности. Звезда будет оставаться красным карликом, все более охлаждаясь, пока не превратится, по выражению Ш. Кумара, в "черный карлик" и станет невидимой.

Использованная литература

1. Бронштэн В.А. "Гипотезы о звездах и вселенной", Издательство "Наука" Главная редакция физико-математической литературы, Москва, 1974
2. Гнатюк В. И. Концепции современного естествознания. Самостоятельное изучение курса. КВИ ФПС РФ, 1999
3. Грушевицкая Т. Г. Концепции современного естествознания. Высш. Школа, 1998,
4. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н., "Естествознание", "Агар", Москва, 1996
5. Шкловский И.С. "Звезды их рождение жизнь и смерть", Издательство "Наука" Главная редакция физико-математической литературы, Москва, 1975