



Двойной источник
гамма-излучения
в Крабовидной
туманности M1

Жизнь звезды можно уподобить жизни цветка. Рождаясь из «праха и пыли», звезда на какое-то время расцветает, освещая своим светом Вселенную. Однако за этим периодом следуют неизбежное увядание и возвращение (частичное или полное) в «прах и пыль». Кроме того, не всем «цветам» суждено расцвести... Поговорим об этой стороне реальности: на языке астрономов это означает разговор о белых и бурых карликах, нейтронных звездах и черных дырах. Но вначале вспомним о многообразии «вселенского цветника».

СЕРГЕЙ ПОПОВ, кандидат физико-математических наук

Преувратности звездных



В небе над гипотетической планетой, находящейся в двойной звездной системе, состоящей из красного и белого карликов, видны струи газа, перетекающего с одной звезды на другую

судеб

Как Афродита из пены морской, звезда возникает из пыли и космического газа. Что для Афродиты море, то для звезды — молекулярное облако. О процессе появления звезд сегодня известно немало. С одной стороны, общая картина ясна, поскольку в радио- и ИК-диапазонах исследовано большое число протозвезд на разных стадиях процесса рождения. С другой — образование звезды происходит достаточно быстро, и некоторые наиболее короткие этапы не представлены наблюдаемыми объектами. Кроме того, пыль (звезда ведь не рождается из ничего) мешает рассмотреть многие важные детали. Поэтому изучение звездообразования является одним из основных приоритетов мировой астрономии, и многие крупные проекты (включая космические) нацелены на исследование именно этого процесса.

Пространство между звездами — далеко не пустота. Галактика заполнена газом и пылью. Где-то их меньше, где-то больше. Самые плотные образования — молекулярные облака. Именно в них в основном и рождаются звезды. Как? Гравитация стремится сжать любой объект, точнее, объект сжимает себя сам своей же гравитацией. Поэтому еще Ньютон верно указал путь образования звезд: если в газе возникли сверхкритические сгущения, то они могут начать сжиматься, формируя звезды.

Для газового облака, оказывается, существует некоторая критическая масса, называемая джинсовской, после превышения которой оно начинает сжиматься. Чем газ плотнее и холоднее, тем критическая масса меньше. Если процесс сжатия крупного сгустка начался, то почти наверняка он уже не остановится, пока у образующегося объекта не появится свой внутренний источник энергии, то есть возникнет звезда.

ЧАС СИЯНИЯ

Жизнь звезды — смена источников энергии. Если звезда маломассивна (например, как Солнце), то горение закончится на образовании гелия из водорода. При большей массе тер-

моядерный синтез доходит до углерода и еще дальше вплоть до элементов группы железа. Эти реакции идут с выделением энергии — каждый грамм вещества дает до 10^{12} джоулей. Дальнейший процесс синтеза уже сам начинает требовать энергии и не может разогреть звезду. Многие в судьбе звезды зависят от ее химического состава при рождении. Первые звезды во Вселенной состояли практически целиком из водорода и гелия. Следующее поколение уже содержало заметную долю более тяжелых элементов, которые были «наработаны» в звездах первого поколения. Этот факт (в XXI веке уже тривиальный), что элементы от гелия до железа в основном образуются в звездах, имеет очевидное следствие. В состав человеческого организма входит довольно много кислорода, азота и углерода. Так вот, эти элементы когда-то побывали внутри звезды, а потом были выброшены в окружающее пространство. Из этого «праха и пыли» образовались Солнце и планеты. И, наконец, появились люди. То есть едва ли не каждый атом внутри нас когда-то находился в термоядерном реакторе какой-то из звезд.

Чем массивнее звезда, тем ярче она светит и быстрее расходует запасы горючего и тем короче ее жизнь. Основную часть своего времени звезда превращает водород в гелий. Массивные (те, что тяжелее Солнца в 50—100 раз) успевают сжечь весь водород всего за несколько миллионов лет.

Солнцу его запасов хватит еще на пять миллиардов (при том, что нашему светилу уже «стукнуло» примерно столько же). Самые же маломассивные звезды (они примерно в десять раз легче Солнца) теоретически могут растянуть свой скромный водородный запас на сотни и тысячи миллиардов лет.

Рано или поздно эпоха сияния завершается. В конце эволюционной дороги звезды, так или иначе, сбрасывают внешние слои, а центральное ядро превращается в белого карлика, нейтронную звезду или черную дыру.

Последний этап существования одиночной звезды пре-



Реконструкция скрытого от нас пылевыми облаками центра нашей Галактики со сверхмассивной черной дырой массой в три миллиона солнечных



Инфракрасное изображение планеты у бурого карлика, полученное в 2004 году

ПЛАНЕТА ОКОЛО БУРОГО КАРЛИКА

В последние 10 лет экзопланеты стали одной из самых горячих тем в астрономии. Открыто уже множество звезд, вокруг которых крутятся планеты. Однако получить картинку, на которой можно было бы указать пальцем: «Вот она!» — нелегко. Дело в том, что свет звезды мешает разглядеть планету. Чем слабее звезда, тем больше у нас шансов зарегистрировать ее слабый спутник. А в случае холодных карликов их еще больше. Неудивительно, что первая планета, которую удалось непосредственно увидеть, вращается именно вокруг бурого карлика.

В 2004 году международная группа астрономов наконец-то получила желанный снимок. Сделать это удалось на 8,2-метровом телескопе «Йепун» (Yepun) в Чили — это один из четырех больших инструментов, составляющих систему VLT. Около бурого карлика 2MASSWJ1207334-393254 был обнаружен слабый объект. Наблюдения проводились в ИК-диапазоне. Расстояние от нас до коричневого карлика составляет 70 пк (около 230 световых лет).

Правда, поначалу не было полной уверенности, что телескопы видят планету, а не фоновый источник. Понадобилось несколько месяцев наблюдений, чтобы доказать, что они движутся вместе.

Расстояние от карлика до слабого объекта около 55 астрономических единиц. Масса его в разных моделях оказывается различной, от одной до десяти масс Юпитера. Соответственно, можно назвать такой объект планетой-гигантом. Отметим, что масса самого 2MASSWJ1207334-393254 составляет примерно 25 масс Юпитера.

допределен с самого начала — жизненный путь и его финал определяются ее массой. Солнце и подобные ему звезды с массой до 8—10 солнечных умирают относительно спокойно. Они медленно сбрасывают внешние слои, как увядающие цветы. Более массивные взрываются, превосходя на какое-то время по яркости целую галактику. Эта короткая вспышка — взрыв сверхновой.

Ученые мало знают о том, как в подробностях выглядит процесс рождения звезд разных масс, но, наверное, еще меньше они знают о взрывах сверхновых.

МЕРТВОЕ СОЛНЦЕ

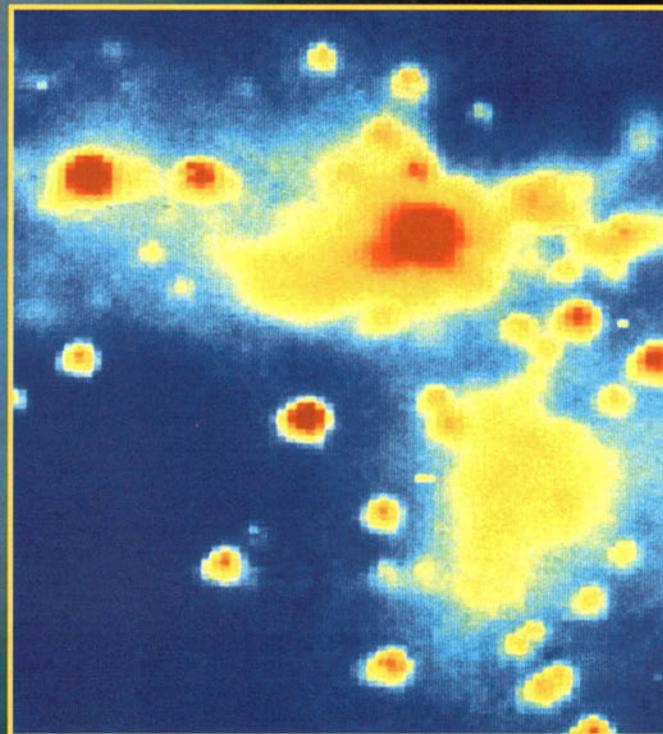
Наверное, нет в астрономии объектов красивее, чем так называемые планетарные туманности. Они похожи на тончайшее кружево, на отлетевшую «душу» сгоревшего солнца. Перламутр туманности медленно рассеивается, чтобы, возможно, когда-нибудь войти в состав новой звезды, а в центре брошенной жемчужиной остается мертвое солнце — белый карлик. Так заканчивается жизненный цикл не слишком тяжелых звезд.

Белые карлики были открыты еще в XIX веке. Однако объяснить их природу удалось, лишь используя физику XX. Они стали первыми известными макрообъектами, живущими по квантовым законам. Неудивительно, что создание теории белых карликов было отмечено Нобелевской премией.

Первым открытым карликом стал спутник ярчайшей на земном небе звезды Сириус из созвездия Большого Пса. В движении Сириуса были замечены странные отклонения. «Песья» звезда двигалась по небу «валкой походкой». Обычно звезды, да и вообще небесные тела, так себя не ведут: что-то должно было заставлять Сириуса сбиваться с прямого пути. Стало очевидно, что у него есть невидимый массивный спутник. Невидимым, правда, он оставался недолго. В телескопы удалось рассмотреть слабую белую звездочку. Именно белый цвет этого источника стал причиной того, что все объекты этого типа теперь называют белыми карликами, невзирая на их цвет.

Как известно, цвет звезды напрямую связан с ее температурой. У белых карликов нет источников энергии: они светят только за счет запасенного тепла. По мере остывания их цвет изменяется от белого до красного. По прошествии достаточно большого времени получится почти черный карлик. «Почти» — потому что на самом деле по-настоящему черным реальный карлик вряд ли станет.

Его температура даже за миллиарды лет не упадет ниже нескольких тысяч градусов, а ведь нашей Галактике всего 12 миллиардов лет. Кроме того, падение (аккреция) вещества из межзвездной среды на поверхность карлика приводит к его разогреву и поддержанию постоянной температуры. Наличие же у карлика водородной атмосферы может, при глубоком остывании, делать источник на вид менее красным, чем ему полагается быть в соответствии с его температурой и законом



Изображение области звездообразования, находящейся в знаменитой газовой туманности Ориона, получено на длине волны 2,2 мкм

Планка. Это происходит из-за образования молекулярного водорода, поглощающего инфракрасное излучение.

Самый холодный из известных белых карликов имеет температуру около 3 000 К, то есть почти в два раза холоднее верхних слоев Солнца. Но надо помнить, что чем холоднее карлик, тем труднее его заметить. Поскольку белые карлики фактически являются «трупями» многочисленных маломассивных звезд, их в Галактике немало: в Млечном Пути — до 10% всех звезд. В окрестностях Солнца пространственная плотность белых карликов составляет примерно 0,005 на кубический парсек, что означает, что на расстоянии до 20 парсек (примерно 65 световых лет) от нас должно быть около 170 таких объектов, из которых более сотни нам уже известно. В пределах 13 парсек (почти точно) найдены все белые карлики. Если карлик входит в состав

Время существования одиночной звезды предопределено ее начальной массой

тесной двойной системы, то на него может перетекать вещество со звезды-соседки. В этом случае могут наблюдаться разные интересные типы источников. Самыми известными, вероятно, являются «новые» звезды, когда водород накапливается на поверхности белого карлика и там со временем происходит термоядерный взрыв. Светимость системы возрастает скачком, и появляется как бы новая звезда.

Если же белый карлик одинок, то он достаточно быстро становится слабым и тусклым объектом. Старые источники этого типа в десятки тысяч раз слабее Солнца, которое само по себе является заурядным желтым карликом. Тем не менее современные телескопы позволяют разглядеть белые

карлики на большом расстоянии, даже если они уже изрядно остыли. Изучение подобных объектов дает много важной информации об истории нашей Галактики, особенно о раннем периоде. Их исследование позволяет определить возраст диска Галактики и различных скоплений, в которых наблюдаются белые карлики.

ВОССТАВШИЕ ИЗ АДА

После ярости взрыва сверхновой, когда, казалось бы, жизнь звезды завершена, часто остаются удивительные объекты — нейтронные звезды, которые изучаются уже 40 лет. Сверхсильные магнитные поля, сверхплотное вещество в недрах и сверхсильная гравитация на поверхности — вот их ►

Красивейшая туманность Кошачий Глаз (NGC 6543), сфотографированная космическим телескопом «Хаббл». Это скопление пыли и газа находится на расстоянии 3 000 световых лет от Земли

уникальные свойства. Первые открытые нейтронные звезды были радиопульсарами или рентгеновскими источниками в тесных двойных системах. И за открытие радиопульсаров, и за исследования первых рентгеновских источников были вручены Нобелевские премии. За изучение нейтронных звезд была присуждена еще и третья премия — Халсу и Тейлору за открытие и исследования первого двойного радиопульсара (системы из двух нейтронных звезд, идеальной лаборатории для проверки Общей теории относительности).

Радиоизлучение пульсаров связано с наличием сильного магнитного поля и очень быстрым вращением: шарик массой примерно с наше Солнце и диаметром несколько десятков километров успевают повернуться вокруг своей оси за сотые доли секунды. Вращение многих нейтронных звезд нельзя заметить глазом, поскольку они совершают пол-

ный оборот за время, меньшее, чем смена кадров в фильме.

Рентгеновское излучение нейтронной звезды возникает благодаря сильнейшей гравитации на ее поверхности. Камень, брошенный на такой объект, выделит больше энергии, чем ядерная бомба такой же массы. Если система двойная, то возможна ситуация, когда вещество начинает перетекать на нейтронную звезду со второго компонента, и мертвая нейтронная начинает активно излучать рентгеновские кванты.

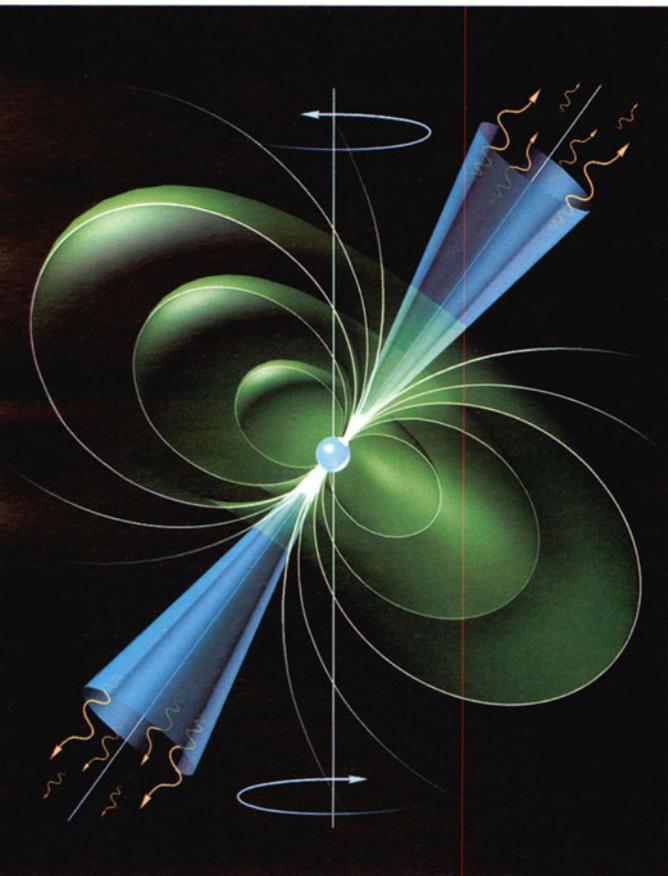
Однако не все такие звезды обладают быстрым вращением в купе с сильным магнитным полем или входят в состав тесных двойных систем. За последние десять лет «коллекция» нейтронных звезд пополнилась новыми редкими экзотическими объектами. Взять хотя бы источники, за которыми закрепилось название «Великолепная семерка». Первый из семерки, знаменитый объект RX J1856-3754, является самой близкой к

Земле молодой нейтронной звездой. Она была открыта 10 лет назад при наблюдениях на спутнике ROSAT области звездообразования. С помощью этого же спутника были открыты и остальные шесть.

Эти объекты светятся благодаря тому, что они пока относительно молоды — их возраст менее миллиона лет. Они еще не остыли после рождения. Кроме рентгеновского излучения от некоторых из них зарегистрировано и оптическое. Это слабые-слабые звездочки, едва различимые в самые мощные телескопы. Несмотря на то что известно всего семь таких звезд, можно сказать, что они являются едва ли не самыми типичными представителями нейтронных. Ведь если даже в такой близости от Солнца существуют такие молодые нейтронные звезды, то, видимо, они рождаются в нашей Галактике довольно часто. Просто более далекие или более старые объекты, подобные «Великолепной семерке», пока недоступны для наших инструментов, по крайней мере, их нелегко идентифицировать среди множества слабых источников.

Схематическое изображение пульсара — быстро вращающейся нейтронной звезды. При наличии сильного магнитного поля такая звезда излучает мощные периодические радиоимпульсы

Вещество внутри белых и бурых карликов ведет себя по законам квантовой физики



Взрыв тяжелой сверхновой звезды сопровождается не только резким увеличением светимости, но и выбросом огромной массы газа в окружающее пространство

БИЛЕТ В ОДИН КОНЕЦ

После взрыва сверхновой не всегда образуется нейтронная звезда, бывают случаи и более специфические, приводящие к образованию черных дыр. Вещество, попавшее в черную дыру, уже никогда не сможет стать частью новой звезды. Ядра особо массивных звезд получают «билет в один конец». Если черная дыра не входит в тесную двойную систему, где возможно перетекание вещества с нормальной звезды на компактный объект, то увидеть ее непросто.

Хоукинговское излучение для дыры звездной массы, приводящее к ее очень медленному испарению, невелико, поэтому на него надежды мало: единственным источником свечения в этом случае может быть аккреция межзвездной среды. Однако далеко не каждый камень, провалившийся в черную дыру, проявит себя видимым образом. Он, конечно, излучит гравитационные волны, но пока физики не могут зарегистрировать даже волну от падения одной черной дыры в другую (такое происходит при слиянии дыр, образующих двойную си-

стему), какие уж там камни... При падении на нейтронную звезду камень рано или поздно столкнется с ее поверхностью, и энергия будет высвечена. А у черной дыры поверхности нет, поэтому для получения света надо сталкивать камни друг с другом на подлете. Из-за этой особенности газ, сферически симметрично летящий в черную дыру, дает очень маленький выход энергии. Необходимо, чтобы возник вращающийся вокруг дыры аккреционный диск (имеющий центром саму дыру). Частицы межзвездного мусора, двигаясь по сходящимся к дыре спиральям в плоскости диска, сталкиваются и разогревают друг друга. Именно такие «горячие» диски и «выдают» черные дыры.

В тесных двойных системах диск возникает из-за орбитального вращения двух компонент и перетекания вещества. В случае одиночной черной дыры диск может возникнуть благодаря аккреции пыли и газа из турбулентной и неоднородной межзвездной среды. Гигантские космические вихри, вероятно, заставят вещество падать на дыру не-

симметрично. Если диск возник, то каждый грамм падающего вещества может выделить до 10^{13} джоулей (это несколько процентов от энергии, равной mc^2). Проблема в том, что в межзвездной среде очень мало этих самых граммов. Поэтому одиночные черные дыры вряд ли будут яркими источниками. Собственно, поэтому они еще и не открыты.

Чтобы увеличить шанс обнаружения одиночной черной дыры, нужно, во-первых, искать близкие черные дыры, во-вторых, хотя бы примерно знать, куда смотреть. Пожалуй, одна из немногих возможностей выполнить сразу два условия — засечь «бегунов». В окрестностях Солнца есть быстродвижущиеся звезды, что, в общем-то, нетипично: появление «бегунов» объясняется их рождением в двойных системах.

При взрыве сверхновой значительная часть массы взрывающейся звезды быстро сбрасывается. Это может привести к распаду двойной системы, поскольку две звезды удерживаются вместе именно благодаря гравитационному воздействию их масс друг на друга. При-

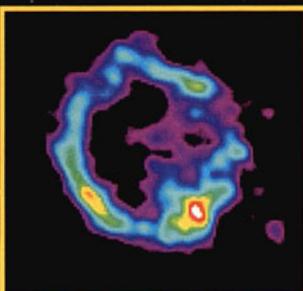


Первый объект из «Великолепной семерки» молодых нейтронных звезд, обнаруженных 10 лет назад спутником ROSAT. Вверху — оптическое, внизу — рентгеновское изображение

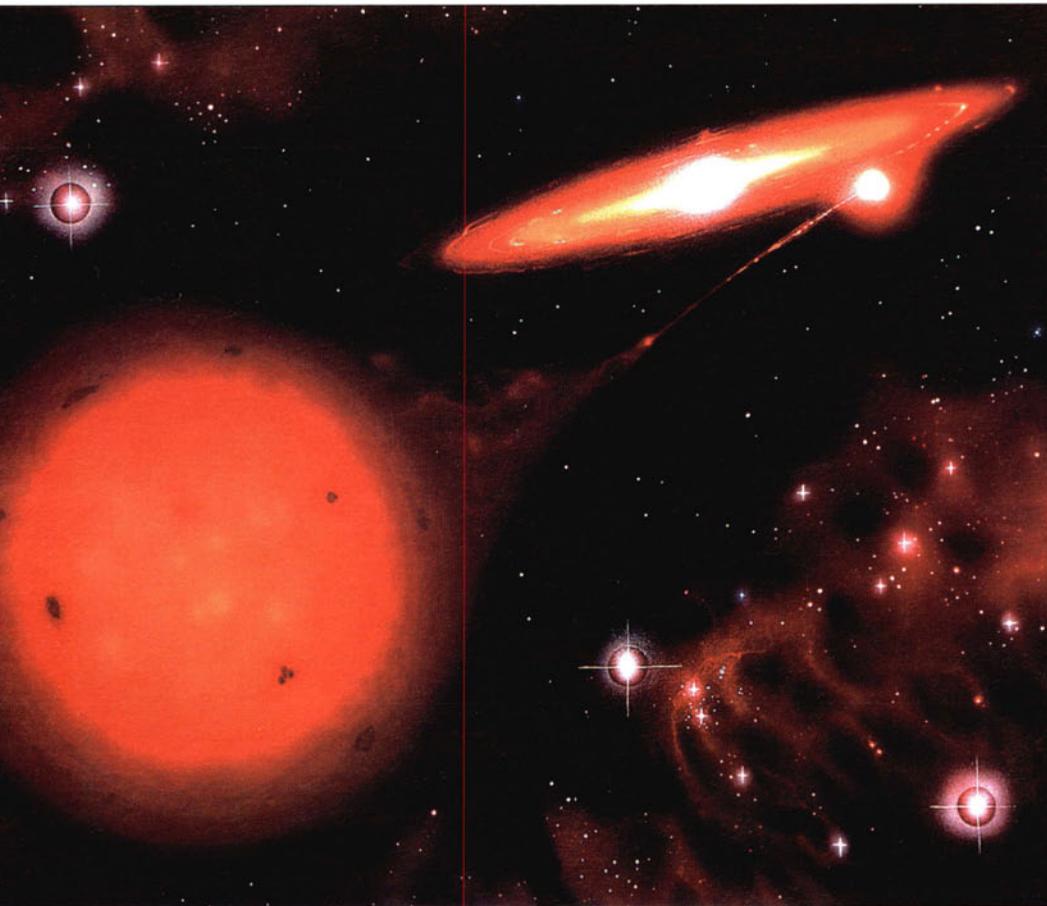
ЭКЗОПЛАНЕТА В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ

Планеты обнаружены около самых разных звезд. Есть среди них и такая, которая вращается вокруг звезды, чьим компаньоном по двойной системе является белый карлик. Несколькими годами назад было доказано, что звезда G186 имеет планету. Кроме того, на небольшом расстоянии был обнаружен еще один объект, однако было неясно, связан ли он с G186 или нет. Астрономы смогли показать, что связан. Причем это не обычная звезда, а именно белый карлик. Таким образом, теперь известно о существовании экзопланет в двойных системах с белыми карликами. Такая планета — настоящий герой: она смогла образоваться и жить в двойной системе, в которой одна из звезд сбросила свою оболочку.

Белый карлик устойчив, поскольку гравитация, стремящаяся его сжать, уравновешивается давлением вырожденного электронного газа. Однако если увеличивать массу карлика, то в конце концов он потеряет устойчивость и, вспыхнув на короткое время, станет нейтронной звездой. Как же можно увеличить массу белого карлика? Путем аккреции — если у карлика есть звезда-компаньон, то вещество с нее может начать перетекать на компактный объект. Другой вариант возможен при слиянии двойной системы, состоящей из двух белых карликов. Такие сверхновые типа Ia очень важны, так как они очень похожи друг на друга. Это позволяет использовать их в качестве так называемой «стандартной свечи». Наблюдая сверхновую этого типа в далекой галактике, можно с достаточной точностью определить расстояние до нее. Именно такие наблюдения позволили в 1998 году открыть ускорение расширения Вселенной. Таким образом, оказывается, что белые карлики сыграли важную роль в современной космологии. Планируется запуск специальных космических телескопов для поиска далеких сверхновых типа Ia.



Рентгеновское изображение газового кольца, образовавшегося после взрыва сверхновой E0102-72, в Малом Магеллановом Облаке



В центре нейтронной звезды, возможно, находится кварковое и гиперонное вещество

Процесс перетекания вещества с красного гиганта на белый карлик. Когда масса последнего превысит полторы массы Солнца, он свернется, превратившись в нейтронную звезду, и засияет на краткий миг, как целая галактика

симметричном взрыве звезды сброс половины массы системы приводит к ее распаду (это возможно, разумеется, только в том случае, если взрывается более массивная звезда). В этом случае за время взрыва (то есть практически мгновенно) из-за уменьшения более чем вдвое силы взаимного притяжения «первая космическая» скорость для звезд превращается во вторую и звезды покидают друг друга. После распада системы они сохраняют свои бывшие орбитальные скорости, которые могут быть велики по сравнению с типичными скоростями движения звезд в Галактике. Так появляются «бегуны». Причем, если они массивны, значит, взорвавшиеся звезды были еще тяжелее. Черные дыры порождаются взрывами самых массивных звезд. Значит, если масса «бегуна» выше критической массы, то масса взорвавшейся звезды заведомо была выше критической и с высокой степенью вероятности можно говорить, что образовалась черная дыра. Есть и близкие к Зе-

мле массивные «бегуны», родившиеся, по-видимому, из-за распада двойных звезд: их четыре. Известно и то, куда они движутся. Это дает возможность определить (по крайней мере, приблизительно), где сейчас могут находиться черные дыры.

Если рассчитать, как двигалась звезда-беглянка в прошлом, то можно найти место ее рождения и время, прошедшее с момента взрыва и распада системы. Обычно массивные звезды возникают не поодиночке, а в скоплениях. Поэтому нужно продолжить траекторию назад, пока она не пересечет подходящее место их вероятного появления на свет. Если задать начальную скорость черной дыры, то можно указать ее местоположение в настоящий момент. Беда в том, что как раз скорость (особенно ее направление) неизвестна. Именно с этим связана неопределенность в рассчитываемом ее положении. Тем не менее это лучше, чем ничего. Для двух из четырех звезд возможное угловое положение черной дыры на не-

бе удается рассчитать с точностью в десять градусов. Пока одиночные черные дыры не открыты, но когда-нибудь это обязательно произойдет.

ВЕЧНЫЕ ПОДРОСТКИ

Судьба звезды определяется ее массой, от которой зависит также и то, станет ли сконденсированный из межзвездной материи комок вещества звездой. Для этого необходимо, чтобы в его недрах начались термоядерные реакции. Чем выше начальная масса газового шара, тем больше будет плотность и температура в его центре. Соответственно, есть некоторая критическая масса, при достижении которой происходит синтез элементов. Водород начинает превращаться в гелий. Если масса меньше критической, то придется, увы, забыть о звездной карьере. Объекты с массой ниже критической и являются бурными карликами.

Термин brown dwarfs — коричневого карлика — ввела в 1975 году в своей диссертации Джилл Тартер (Jill Tarter). Сейчас Джилл работает в известном институте по поиску внеземных цивилизаций (SETI Institute). Поначалу такой термин вызывал возражения, но потом прижился. На русский язык его обычно переводят не дословно, а как «бурые карлики».

Интересно, что у бурых и белых карликов, несмотря на разные судьбы, есть важная общая черта. Вещество и в тех и в других находится в виде так называемого газа вырожденных электронов. В таком состоянии электроны находятся настолько близко друг к другу, что становятся важны квантовые законы. По той же причине, из-за которой электроны в атоме вынуждены занимать разные орбитали, в бурых и белых карликах возникает давление вырожденного газа, которое и ограничивает дальнейшее сжатие протозвезды и рост ее температуры. Впервые это предположил американский астрофизик Кумар в 1963 году, поэтому предельная масса, отличающая «активные» звезды от потухших и неродившихся звезд, иногда называется предельной Кумара. Он равен примерно 0,07—0,08 солнечной массы (точное значение зависит от химического состава). ►



Земля рядом с белым карликом солнечной массы

Возможно, примерно так выглядит вблизи бурый карлик OTS44, окруженный протопланетным диском

Существование бурых карликов было предсказано более 40 лет назад. Однако в 60-е, 70-е и 80-е годы эти объекты «жили» только на бумаге. Первый был открыт только в 1995 году. Сейчас во многом благодаря наблюдениям на космическом телескопе «Хаббл» известно уже множество источников этого типа. Известны двойные бурые карлики, бурые карлики с планетами и другие. Бурых карликов достаточно много, поэтому они должны быть и в самой ближайшей солнечной окрестности. Однако, поскольку это слабые объекты, увидеть их нелегко — особенно если они одиночки.

В январе 2006 года появилась статья Биллера (B.A. Biller) и его коллег, в которой рассказывается об открытии близкого бурого карлика. У слабой красной звездочки SCR 1845-6357, находящейся от нас на расстоянии всего около 13 световых лет, обнаружен спутник. Вот он-то и является бурым карликом. Нет больших сомнений в том, что должны быть и более близкие объекты

этого типа, но их поиск опять же дело будущего.

РОЖДЕНИЕ БУРЫХ КАРЛИКОВ

В образовании звезд и звездоподобных объектов есть еще немало загадок. По всей видимости, механизм образования бурых карликов такой же, как и для маломассивных звезд. Однако полной ясности нет. Астрофизики рассматривают несколько возможностей. Опишем три из них: механизм, связанный с турбулентностью в межзвездной среде, возникновение бурых карликов в околозвездных дисках из-за неустойчивостей и, наконец, выброс бурых карликов из мест их формирования до того, как они успели набрать большую массу.

В первом случае нужно, чтобы турбулентные движения, приводящие к фрагментации протозвездных облаков, создавали не только дозвездные ядра больших масс, но и такие, из которых могут образовываться бурые карлики. Численные расчеты показывают, что это вполне возможно, но физика такого процесса очень сложна.

Пока компьютерные модели учитывают не все процессы, важные для решения данной задачи. Нужно строить более проработанные сценарии турбулентной фрагментации и роста звезд из получившихся ядер.

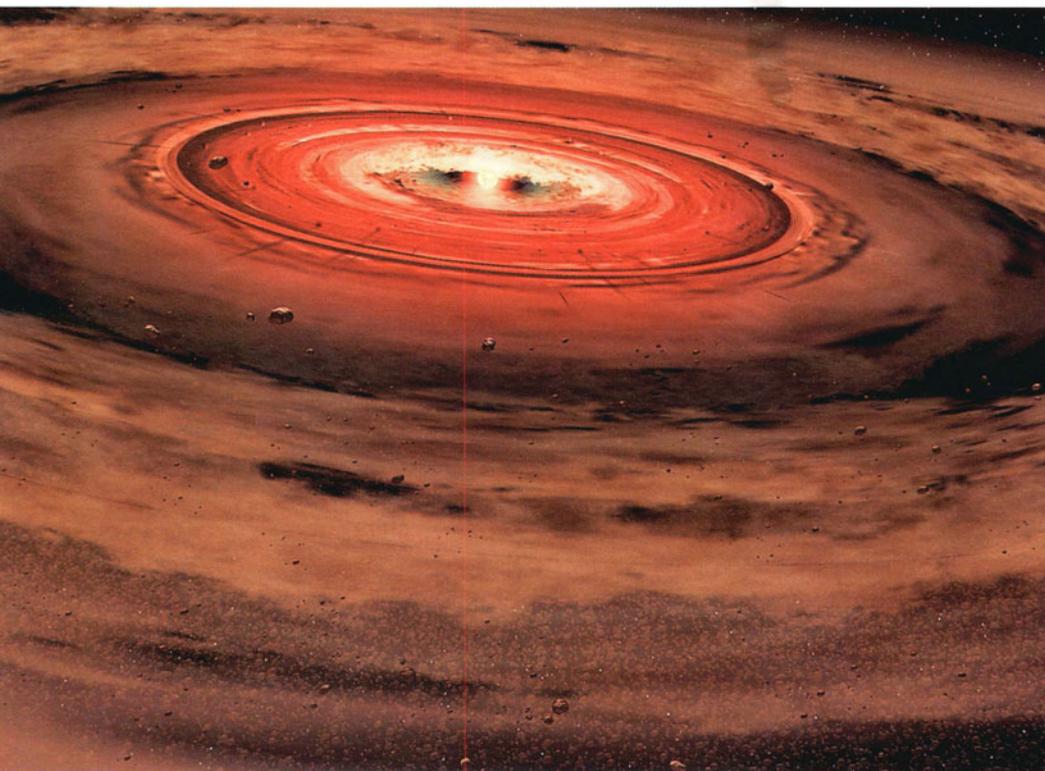
Второй механизм подразумевает, что бурые карлики образуются как побочный продукт формирования более массивных звезд. Из протозвездного ядра выделяется центральная конденсация (из нее потом образуется звезда), окруженная массивным диском. Если в этом диске возникнут неустойчивости, то он может распасться на несколько фрагментов, из которых потом и сформируются бурые карлики. Так могут появляться карлики, вращающиеся вокруг нормальных звезд.

Наконец, в ходе сжатия протозвездного ядра оно может разделиться на несколько кусков. Из-за динамического взаимодействия друг с другом какие-то (вероятно, более легкие) фрагменты могут быть выкинуты из системы. Если это произошло до того, как масса выброшенного объекта достигла предела Кумара, то образуется бурый карлик.

Три описанных варианта не исключают друг друга. По всей видимости, все они встречаются в природе. Вопрос в том, какая доля бурых карликов образуется в каждом из сценариев. Астрономы полагают, что важную информацию можно получить, если определить, какая часть бурых карликов входит в двойные системы. Кроме того, важны наблюдения молодых бурых карликов. И в этом большую роль должен сыграть космический инфракрасный телескоп «Спитцер», самая молодая из четырех американских «великих» космических обсерваторий. Три другие: гамма-обсерватория «Комптон» (CGRO), оптический телескоп «Хаббл» и рентгеновский — «Чандра».

Отгорев или не родившись, звезда оказывается в удивительно стабильном состоянии, которое может длиться многие миллиарды миллиардов лет. В современной сравнительно молодой Вселенной таких объектов не так много, но со временем именно они составят основную массу видимой материи. ●

Все тяжелые атомы во Вселенной синтезировались внутри звезд



SPL/AST NEWS (11)