

в окружающем пространстве. Это и есть рождение пульсара.

Обнажившаяся при рассеивании оболочки нейтронная звезда сначала имеет горячую поверхность: температура ее исчисляется миллионами градусов. Но затем происходит довольно быстрое охлаждение поверхности и поток направляющих электронов тоже теряет скорость, излучение индуцируется в основном длинноволновое, пульсар наблюдается только в радиочастотах. Однако у очень молодого пульсара охлаждение поверхности может быть еще не полным, соответственно излучение его может содержать коротковолновую часть — оптические и даже рентгеновские лучи. Это рассуждение замечательным образом находит подтверждение в том, что пульсар Крабовидной туманности является пока единственным наблюдаемым и оптически и в рентгеновских лучах. Период его пульсации в этих диапазонах длин волн тот же — 0,033 секунды.

И последнее подтверждение всей построенной картины. Именно пульсар PSR 0531+21 окружен яркой Крабовидной туманностью. Около еще двух сравнительно молодых пульсаров обнаруживаются туманности — остатки сверхновых звезд. У остальных пульсаров, значительно более старых, выброшенные оболочки сверхновых звезд успели уже рассеяться, раствориться в межзвездном пространстве.

Для того чтобы оценить общее число пульсаров в Галактике, нужно учесть, что те из них, которые удалены больше чем на 100—150 пс, пока не могут быть обнаружены вследствие слабости их излучения. Но и среди близких пульсаров более 80% остаются незамеченными, так как вследствие «неудачной» ориентации их оси вращения посылаемое ими направленное излучение минует Землю. Если все это учесть, то можно прийти к выводу, что в Галактике имеется около 300 тысяч пульсаров.

Загадочные «черные дыры»

Обнаружение нейтронных звезд спустя 30 лет после того, как теоретически была предсказана возможность их существования, является триумфом теории и аргументом, подтверждающим тезис Гегеля, что все разумное существует.

Несколько лет назад была предсказана возможность существования еще более необычайных для нашего понимания объектов, получивших название «черных дыр». Чтобы составить представление о природе и возможном процессе формирования этих объектов, рассмотрим для примера звезду, масса которой M в пять раз превосходит массу Солнца, а радиус R равен трем радиусам Солнца. Примерно такими характеристиками обладают звезды спектрального класса В8.

Критическая скорость на поверхности сферического тела определяется формулой

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}, \quad (27)$$

и для рассмотренной звезды она оказывается равной 800 км/с, т. е. в 70 раз больше, чем на поверхности Земли.

Ускорение силы тяжести на поверхности звезды

$$a = \frac{GM}{R^2}, \quad (28)$$

оказывается равным 1,7 км/с² и в 170 раз превосходит гравитационное ускорение на поверхности Земли.

Звезда находится в равновесном состоянии, так как гравитационная сила, стремящаяся ее сжать, уравновешивается световым и газовым давлением. Если бы плотность звезды была всюду одинакова, то давление в ее центре, вызываемое гравитационными силами, которым противостоят силы газового и светового давления, равнялось бы

$$p = \frac{3M^2}{8\pi GR^4}. \quad (29)$$

Для рассмотренной звезды это давление составило бы огромную величину — около полутора миллиардов тонн на квадратный сантиметр. На самом деле плотность от поверхности к центру возрастает, и давление в центре звезды всегда значительно больше величины в правой части формулы (29).

Световое давление в недрах звезды поддерживается благодаря термоядерной реакции превращения водорода в гелий, сопровождающейся выделением энергии, переходящей в энергию излучения, которая затем медленно просачивается сквозь тело звезды и уходит с ее поверхности в мировое пространство. Однако наступает момент,

когда весь водород в центральных областях звезды, где температура достаточно высока и составляет несколько миллионов градусов, оказывается исчерпанным. Реакция приостанавливается. Так как энергия через излучение продолжает расходоваться, температура внутренних областей звезды понижается, и ослабленное световое давление начинает уступать гравитационному давлению. Внутренние области звезды сжимаются. При сжатии потенциальная энергия превращается в тепловую, температура центральных областей снова повышается, но тепловая энергия расходуется на излучение, и потому сжатие продолжается до тех пор, пока температура в центральной области звезды не достигнет нескольких сотен миллионов градусов. При этой температуре начинает действовать термоядерная реакция, при которой из трех атомов гелия образуется один атом углерода. После исчерпания гелия происходит новый процесс сжатия звезды, аналогичный тому, который последовал за выгоранием водорода, и вступают в действие новые различные термоядерные реакции, последовательность которых может длиться до образования железа. И в течение всех этих процессов звезда продолжает излучать энергию и сжиматься.

На самом деле теоретические расчеты показывают, что сжимается сначала лишь внутренняя область звезды, а ее атмосфера, оболочка, после выгорания водорода даже расширяется и охлаждается, так что звезда превращается в красный гигант. Однако эта стадия временная, в дальнейшем сжатие берет верх. При этом у звезд определенных классов, в результате накопления на некоторой глубине энергии, сбрасывается оболочка, происходит явление вспышки новых и сверхновых звезд.

Теоретическое исследование процессов показывает, что окончательная судьба звезд полностью зависит от величины их массы. Если масса звезды меньше, чем 1,2 массы Солнца, то она завершает свою эволюцию как белый карлик. При массах, заключенных между 1,2 и 3 массами Солнца, звезда превращается в нейтронную звезду. При этом на конечной стадии ей предшествует мощный сброс оболочки — вспышка сверхновой.

Если же масса звезды превышает три солнечных массы, то, оказывается, в соответствии с формулой (29), при уменьшении радиуса гравитационное давление в центральной области звезды становится настолько сокру-

шающе большим, что давление газа и световое давление не могут ему противодействовать в принципе. Перестает действовать закон, согласно которому увеличение сжатия сопровождается соответствующим увеличением его противодействия. Происходит так называемый коллапс, звезда оказывается раздавленной своей тяжестью. Так как радиус звезды при сжатии становится очень малым, формула (28) показывает, что ускорения при коллапсе — падении всей материи звезды в ее центр — чрезвычайно велики и, следовательно, очень велика становится и скорость падения.

Наконец, формула (27) показывает, что когда радиус звезды становится достаточно малым, критическая скорость на поверхности звезды станет равной скорости света. Подставим в равенство (27) вместо v значение скорости света и решим его относительно R :

$$R_g = \frac{2GM}{c^2}. \quad (30)$$

Величину R_g называют гравитационным радиусом звезды. Если радиус звезды стал меньше этой величины, то критическая скорость на ее поверхности становится больше скорости света. А так как в природе не может быть скорости, большей скорости света, то ничто не может выходить из этой звезды и удаляться, даже ее излучение. При этом звезда обладает сильным гравитационным полем, способным втягивать в себя окружающую ее материю. Звезда всё втягивает, всё поглощает, но ничего не выпускает, ничто не способно из нее выйти, даже излучение. Название, придуманное для таких звезд — «черные дыры», — нужно признать весьма удачным.

По формуле (30) находим, что гравитационный радиус рассмотренной звезды равен 30 км. Пять масс Солнца в шарике радиусом в 30 км! По этой формуле можно подсчитать, что если бы каким-нибудь образом Земля превратилась в «черную дыру», то ее гравитационный радиус равнялся бы всего 0,89 см. Вся Земля в шарике размером с вишенку!

Можно ли надеяться обнаружить «черные дыры», если они в действительности существуют? Казалось бы, нет. «Черные дыры» не излучают. Размеры их очень малы, и потому они не могут наблюдаться как темные объекты, заслоняющие свет звезд.

Но возможны косвенные методы обнаружения. При втягивании «черной дырой» из пространства диффузной материи движение последней будет чрезвычайно сильно ускоряться и, в общем случае, носить сложный характер. В окрестности «черной дыры» столкновения диффузных масс должны сопровождаться очень сильным разогревом и излучением, характерная особенность которого состоит в том, что значительная часть энергии будет коротковолновой — в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах. Это излучение, поскольку оно исходит не из самой «черной дыры», а из его окрестности, способно достигнуть наблюдателя и явиться признаком «черной дыры».

Фоновое реликтовое излучение

Как, вероятно, уже заметил читатель, история радиоастрономии сложилась так, что важнейшие открытия в этой области науки производились случайно. Само начало радиоастрономии было положено случайным открытием Янским дискретных источников излучения, приходящего на Землю из космоса. При исследовании явления мерцания радиоволн как случайный, побочный, но гораздо более важный результат, были обнаружены пульсары.

Еще одно крупное открытие наших дней было сделано совершенно неожиданно для тех, кто обнаружил новое явление. В 1965 г. Пензиас и Вилсон, два специалиста по радиоаппаратуре, исполняя поручение фирмы Белл, исследовали одно из весьма чувствительных устройств приема радиоизлучения и вносили в него усовершенствования для устранения влияния всех возможных помех. Когда после длительной работы они пришли к выводу, что в этом направлении ими все сделано и влияние земных источников радиоизлучения должно быть полностью уничтожено, обнаружилось, что в приемное устройство направленное на небо, продолжает поступать хотя и очень слабое, но уверенно регистрируемое радиоизлучение. Особенность его состояла в том, что интенсивность излучения показывала почти строгое постоянство для всех направлений, за исключением, разумеется, тех, в которых расположены дискретные космические источники радиоизлучения.