

раз превосходят даже взрывы в ядрах галактик. Поэтому, хотя и неизвестно, имеем ли мы при изучении сверхзвезд дело со взрывными процессами, их исследование представляется весьма существенным для понимания природы космических взрывов.

§ 9. СВЕРХЗВЕЗДЫ

Открытие и исследование сверхзвезд стало возможным благодаря непрерывному совершенствованию с конца сороковых годов техники радиоастрономических наблюдений. При помощи больших телескопов удалось довольно точно определить положение многих источников радиоизлучения на небе. Большинство источников, находящихся вне нашей Галактики, представляет собой радиогалактики; с некоторыми из них мы уже познакомились. Радиогалактики (даже те, которые пока не отождествлены с оптическими объектами) являются протяженными образованиями с вполне измеримыми диаметрами.

В 1963 г. было обнаружено пять интенсивных дискретных источников радиоизлучения, которые нельзя было отнести к радиогалактикам, так как их угловые размеры оказались очень малыми по сравнению с размерами галактик. Поскольку в этом отношении они напоминают звезды, их назвали «квазизвездными» (подобными звездам) радиоисточниками — сокращенно «квазарами». В нашей литературе употребляют также название сверхзвезды. В настоящее время (1966 г.) уже известно около полусотни сверхзвезд. Их обозначают теми номерами, под которыми они вошли в каталог дискретных радиоисточников, например, ЗС 273 — это источник с номером 273 в Третьем кембриджском каталоге.

При помощи пятиметрового телескопа удалось не только надежно отождествить некоторые сверхзвезды с источниками оптического излучения, но и получить их оптический спектр. Сверхзвезды представляются слабыми звездочками, окруженными еле заметными на фотопластинках туманностями. В спектрах сверхзвезд присутствуют широкие эмиссионные линии. Эти линии принадлежат атомам водорода, кислорода, магния и других обычно содержащихся в туманностях элементов, но все они очень сильно смещены в сторону длинных волн. Отношение смещения линии $\Delta\lambda_0$

к длине волны ее λ_0 оказывается одним и тем же для всех линий спектра данной сверхзвезды. Для сверхзвезды ЗС 273 это отношение равно 0,16, а для ЗС 48 его величина 0,37, у других же сверхзвезд еще больше. Вследствие такого смещения линий спектры сверхзвезд имеют необычный вид. Например, линия водорода H_β , которая должна находиться в зеленой области спектра, в спектре источника ЗС 48 оказывается в красной области и т. п.

Допустимы две точки зрения относительно расположения сверхзвезд в пространстве и, соответственно, причины «красного смещения» линий в их спектрах. Сверхзвезды могут находиться вне Галактики на огромных расстояниях от нее. В этом случае смещение линий в их спектрах имеет, по-видимому, ту же природу, что и «красное смещение» в спектрах далеких галактик. Если же сверхзвезды находятся в Галактике, то нельзя приписывать смещение линий в их спектрах действию эффекта Доплера, так как при скоростях сверхзвезд порядка ста тысяч километров в секунду мы бы заметили их движение среди других звезд. Наблюдения же не показывают перемещения этих объектов относительно звезд Галактики. Приняв, что сверхзвезды принадлежат нашей Галактике, мы должны приписать смещение их спектральных линий какому-то другому фактору, а не эффекту Доплера. Рассмотрим еще одну из причин, вызывающих «красное смещение» линий — действие тяготения, и выясним, в какой мере она способна объяснить характер спектров сверхзвезд.

Для того чтобы фотон мог улететь с поверхности звезды, он должен преодолеть ее тяготение, т. е. совершив работу против силы тяжести. Если энергия фотона равна $h\nu_0$, то, согласно формуле (18), она эквивалентна массе $\frac{h\nu_0}{c^2}$. Сила F , действующая на поверхности звезды радиуса R_* на такую массу, равна

$$F = G \frac{M_* h\nu_0}{R_*^2} \frac{1}{c^2},$$

где через M_* обозначена масса звезды. Поскольку при удалении фотона от поверхности звезды действующая на него сила не остается постоянной, точное вычисление работы требует применения методов высшей математики. Но путем рассуждений, аналогичных проводившимся в § 4 при оценке потенциальной энергии звезды, нетрудно

понять результат такого вычисления *). Оказывается, работа по удалению фотона с поверхности звезды

$$A = \frac{GM_*}{R_*} \frac{h\nu_0}{c^2}.$$

Так как фотон, улетая, совершает работу, то его энергия должна уменьшаться на величину A . Долетев до наблюдателя, фотон имеет энергию $h\nu$, которая связана с его первоначальной энергией $h\nu_0$ следующим образом: $h\nu = h\nu_0 - \frac{GM_* h\nu_0}{R_* c^2}$. Следовательно, уменьшение частоты фотона $\Delta\nu_0 = \nu - \nu_0$ определяется формулой

$$\frac{\Delta\nu_0}{\nu_0} = -\frac{GM_*}{R_* c^2}. \quad (30)$$

Изменение длины волны излучения $\Delta\lambda_0 = \lambda - \lambda_0$ (с учетом, что $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$), находится из (30) и равно

$$\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\frac{GM_*}{R_* c^2}}{1 - \frac{GM_*}{R_* c^2}}. \quad (31)$$

Для фотонов, улетающих с поверхности обычной звезды, величина $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0}$ очень мала. Например, в случае Солнца, у которого масса составляет $2 \cdot 10^{33} \text{ г}$ и радиус равен $7 \cdot 10^{10} \text{ см}$, имеем $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0} = 2 \cdot 10^{-6}$. Такое изменение длин волн линий трудно заметить. Для того же, чтобы величина $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0}$ была порядка 0,1, звезда с массой, равной солнечной, должна иметь радиус около 10 км. Блеск звезды пропорционален квадрату ее радиуса. Допустим, что звезда с радиусом 10 км и температурой порядка $10\,000^\circ$ (о которой можно судить по линиям в спектре сверхзвезды) имеет ту же звездную величину, что и наблюдаемая у сверхзвезды ЗС 273. Такая звезда должна находиться гораздо ближе к Солнцу, чем все известные звезды, и вследствие движения Солнца смещаться по небу. Отсутствие же замет-

*) Мы считаем, что сила остается постоянной на пути, равном R_* , а затем вовсе не действует на фотон. Принимая большее значение силы, мы компенсируем то обстоятельство, что пренебрегли ее работой на расстоянии, большем R_* .

ногого смещения сверхзвезд позволило утверждать, что расстояние до них не меньше 60 000 световых лет.

Вывод о больших расстояниях до сверхзвезд подтверждается и данными радионаблюдений. Идущее от них радиоизлучение (в длине волн $\lambda = 21 \text{ см}$) испытывает такое же поглощение в межзвездной среде Галактики, как и излучение радиогалактик. Следовательно, излучение от сверхзвезд проходит сквозь всю Галактику, что может быть только в том случае, если они находятся на периферии Галактики или же вне ее. Чтобы совместить подобные расстояния с наблюдаемым блеском сверхзвезд и величиной «красного смещения», определяемой по формуле (31), нужно предположить, что радиус сверхзвезды порядка 10^{15} см , а масса ее $10^9 M_{\odot}$. Но теоретическое исследование приводит к выводу, что звезды с такими значениями радиуса и массы существовать не могут.

Из всех приведенных данных с несомненностью вытекает, что тяготение не в состоянии объяснить «красного смещения» линий в спектрах сверхзвезд *). Поэтому не остается ничего иного, как принять, что сверхзвезды расположены вне Галактики, а «красное смещение» у них, как и у далеких галактик, вызвано движением, скорость которого тем больше, чем дальше от нас находится сверхзвезда. Нам было необходимо достаточно подробно рассмотреть данные, приводящие к такому заключению, потому что оно является чрезвычайно существенным для понимания природы сверхзвезд. Вывод об исключительно большой светимости сверхзвезд (а он и вызвал повышенный интерес к ним со стороны ученых) базируется главным образом на истолковании «красного смещения» линий, как обусловленного эффектом Доплера.

Зависимость между величиной смещения линий $\Delta\lambda_0$ и скоростью движения v определяется формулой (5) только в тех случаях, когда v мало по сравнению со скоростью света (скажем, $v \leq 0,1c$). При больших скоростях нужно

*) Следует иметь в виду, что для устойчивых сверхплотных звезд формула верна лишь до значений $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0} < 0,3$ и $\Delta\lambda_0$ вообще не может стать больше $0,6\lambda_0$. Так как теперь известны сверхзвезды, у которых $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0} > 1$, то, очевидно, их «красное смещение» не может быть вызвано тяготением стационарной звезды.

пользоваться тем выражением для эффекта Доплера, которое дает теория относительности:

$$\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0} = \frac{2 \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} + 1 - \frac{v}{c}}. \quad (32)$$

Очевидно, что когда $\frac{v}{c}$ мало по сравнению с единицей, формула (32) дает практически тот же результат, что и более простая формула (5). Если же $\frac{v}{c}$ достаточно близко к единице, то величина $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0}$ может стать очень большой.

Принимая теперь не величину смещения линий, а скорость v пропорциональной расстоянию до сверхзвезд (с коэффициентом пропорциональности, равным постоянной Хаббла), находим, что сверхзвезда ЗС 273, у которой $\frac{\Delta\lambda_0}{\lambda_0} = 0,16$, удалена от нас приблизительно на 1,8 миллиарда световых лет. Расстояния до других известных сверхзвезд еще больше. Таким образом, они относятся к самым далеким из наблюдаемых в Метагалактике объектов.

Несмотря на исключительную удаленность сверхзвезд от Земли, некоторые из них являются оптически не очень слабыми объектами. Так, сверхзвезда ЗС 273 имеет видимый блеск 12,6 звездной величины. Такой же блеск имело бы Солнце, если его удалить от нас на 1300 световых лет. Поскольку эта сверхзвезда находится на расстоянии в $1,3 \cdot 10^6$ раз большем, то энергия, излучаемая ею в оптической части спектра, в $1,7 \cdot 10^{12}$ раз превосходит энергию излучения Солнца и составляет около 10^{46} эрг/сек. Излучение источника ЗС 273 в инфракрасной области спектра, как следует из наблюдений, в десятки раз превосходит оптическое. Поэтому мощность всего излучения может превышать $3 \cdot 10^{47}$ эрг/сек. Из этой энергии на долю радиоизлучения приходится около 10^{44} эрг/сек. Тот же порядок величины получается для мощности излучения сверхзвезды ЗС 48, находящейся в два с половиной раза дальше от Земли, чем ЗС 273.

Сравнивая полученное значение мощности оптического излучения сверхзвезды с соответствующей величиной для Галактики (около 10^{44} эрг/сек), убеждаемся в том, что

в оптическом диапазоне сверхзвезды излучают энергии на два порядка больше. Наша звездная система относится к числу гигантских галактик. Обычная же галактика излучает около 10^{43} эрг/сек, т. е. в тысячу раз меньше, чем сверхзвезда. Следовательно, сверхзвезды, намного превосходя по своему излучению галактики, являются самыми мощными источниками излучения во Вселенной.

Можно было бы ожидать, что и размеры сверхзвезд соответственно велики, но, как оказалось, они гораздо меньше размеров галактик. Этот очень интересный вывод получен не только на основе непосредственных измерений угловых диаметров, составляющих, как показали радионаблюдения, не более 0,1 диаметра обычной галактики *). Данные о переменности блеска сверхзвезд заставляют считать, что их поперечники еще меньше и не превосходят нескольких световых лет. Переменность блеска сверхзвезд является и сама по себе очень любопытным фактом и мы расскажем о ней подробнее.

Уже более полувека производится периодическое фотографирование различных областей неба для решения тех или иных астрономических проблем. Исследовав несколько тысяч фотоснимков тех участков неба, где находятся самые яркие из сверхзвезд, нашли, что их блеск заметно меняется (приблизительно в полтора раза за 10—15 лет), причем изменения имеют характер колебаний. Есть данные, позволяющие подозревать существование колебаний блеска с периодами в несколько месяцев и, возможно, в несколько недель. Но если даже ограничиваться лишь уверенно полученным приблизительно десятилетним периодом колебаний, то и тогда можно утверждать, что поперечники сверхзвезд удивительно малы, если учесть их огромное излучение; они в десятки тысяч раз меньше поперечника Галактики.

Чтобы понять, как по наблюдениям переменности блеска сверхзвезд был сделан такой вывод, вспомним одно из важнейших положений теории относительности. Оно заключается в невозможности для любого воздействия распространяться со скоростью, превышающей скорость света. Так как яркость всего источника изменяется за

*) Радиометоды пока не дали возможности определить диаметр более точно.

10 лет, то его размеры не превосходят 10 световых лет. Принимая большие размеры источника, мы должны были бы допустить, что все его части изменяют свое излучение согласованным образом, не имея контактов с другими частями. Такое предположение нелепо, поскольку никакая часть источника не может «знать», что происходит в другой части, удаленной от нее более чем на 10 световых лет.

Как мы видим, сверхзвезды сильно отличаются от всех типов звездных систем, которые нами рассматривались до сих пор, огромной концентрацией энергии. Излучая в сто раз больше энергии, чем вся Галактика, сверхзвезда имеет объем того же порядка, что и суммарный объем всех звезд Галактики и, таким образом, вполне оправдывает свое название.

Из присутствия эмиссионных линий в спектре сверхзвезды сделали вывод о существовании вблизи этих объектов обширных областей разреженного газа. Туманности вокруг наиболее близких сверхзвезд заметны, как мы уже упоминали, и на фотографиях. Эмиссионные линии представляются наложенными на очень сильный непрерывный спектр. Излучение в непрерывном спектре исходит из самой сверхзвезды и наблюдаемые колебания ее блеска вызваны именно изменениями интенсивности непрерывного спектра. Размеры туманностей во много раз превосходят поперечники сверхзвезд — они порядка ста световых лет. Поэтому объем их очень велик и, несмотря на разреженность содержащегося в них газа, энергия, излучаемая туманностью в спектральных линиях, всего в 10—100 раз меньше, чем излучение всех звезд Галактики.

Масса газа, составляющего туманность, порядка $10^6 M_{\odot}$. Судя по большой ширине эмиссионных линий, газ движется с огромными скоростями, достигающими 2000—3000 км/сек. Но даже при таких скоростях газ не разлетается в пространство. По-видимому, он удерживается силой тяготения самой сверхзвезды, масса которой должна быть поэтому не менее $10^8 M_{\odot}$.

Возможно, что туманности вокруг сверхзвезд имеют сложную структуру и состоят из отдельных более плотных струй или волокон, как Крабовидная туманность. На сходство этих объектов с остатками вспышек сверхновых звезд (конечно, при огромном различии масштабов явлений) указывает и характер радиоизлучения сверхзвезд. По наблюденным свойствам излучения их в радиочастотах

и, в частности, по его поляризации сделали вывод о том, что оно создается синхротронным механизмом. Следовательно, в туманностях, окружающих сверхзвезды, имеется достаточно много релятивистских электронов, движущихся в магнитных полях. Синхротронным механизмом создается, вероятно, и некоторая доля оптического излучения сверхзвезды в непрерывном спектре, так как наблюдаемое излучение частично поляризовано.

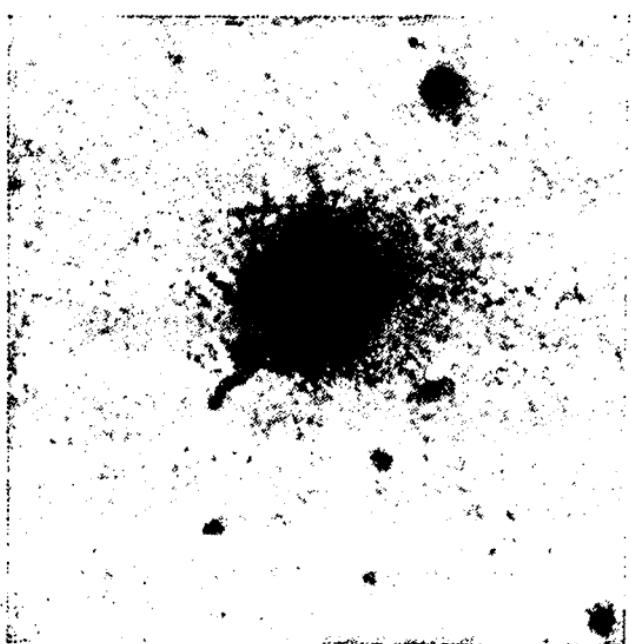


Рис. 44. Фотография сверхзвезды ЗС 273. Слева внизу заметен выброс. Большой размер «звезды» объясняется фотографическими эффектами и не соответствует ее истинной величине.

По своим размерам излучающая в радиочастотах область значительно превосходит область оптического излучения. Например, у сверхзвезды ЗС 273 она простирается более чем на тысячу световых лет. Оценив по свойствам радиоизлучения ЗС 273 напряженность магнитного поля в туманности H , нашли, что $H \geq 2 \cdot 10^{-3}$ эрстед. Следовательно, общее количество магнитной энергии $E_{магн}$ в туманности, равное произведению $\frac{H^2}{8\pi}$ на объем

источника радиоизлучения, порядка 10^{57} эрг или больше. Близкое к этому значение должна иметь энергия релятивистских частиц, содержащихся в туманности.

Судя по структуре некоторых сверхзвезд, возраст их измеряется сотнями тысяч лет. Так, сверхзвезда ЗС 273 является двойным радиоисточником. Один более слабый источник (*B*) по положению совпадает с основным звездообразным источником оптического излучения. Другой радиоисточник (*A*), слабо излучающий в оптической области, находится на видимом расстоянии 160 000 световых лет от *B* *). Он сильно вытянут вдоль направления *AB* и представляется струей или выбросом из *B*. Если имело место отделение *A* от *B*, то оно случилось не ранее, чем $2 \cdot 10^5$ лет назад, а по всей вероятности, гораздо раньше, так как вряд ли скорость движения *A* была близка к скорости света.

На фотографиях туманности, окружающей сверхзвезду ЗС 48, заметны образования, подобные жгутам с длиной не меньшей 200 000 световых лет. По-видимому, эти жгуты были выброшены из сверхзвезды и, следовательно, она находится в состоянии активности по крайней мере уже несколько сотен тысяч лет.

В силу сказанного, есть основания считать, что излучение сверхзвезд продолжалось с той же мощностью, что и теперь, а может быть, и более высокой, не менее 10^{13} сек. За это время сверхзвезда излучает 10^{80} — 10^{81} эрг. Конечно, наличная энергия магнитного поля и релятивистских частиц не в состоянии обеспечить столь длительного свечения, даже если бы вся она могла превратиться в излучение. Поэтому здесь встает та же проблема, с которой мы уже встретились, рассматривая взрывы в ядрах галактик, но в еще более острой форме: проблема источников столь огромного количества энергии излучения.

В связи с обнаружением необычных свойств сверхзвезд появилось множество гипотез для объяснения природы этих объектов. Однако причины свечения сверхзвезд до сих пор остаются загадочными. Тем не менее, имеет смысл коротко сказать о некоторых из предложенных гипотез, поскольку их неудача, в конечном счете,

*) Истинная величина расстояния *AB* может и превосходить указанное значение, так как нами наблюдается только проекция *AB* на небесную сферу.

поможет лучше представлять возможные пути для создания в будущем правильной теории сверхзвезд.

Согласно одной из таких гипотез свечение сверхзвезд обусловлено большим числом вспышек сверхновых звезд в каком-то объекте, где концентрация звезд велика и расстояние между ними достаточно мало. Если вспышка одной звезды в состоянии вызвать вспышки в соседних звездах, то возникает своеобразная «цепная реакция». Но вопрос о том, возможна ли такая «цепная реакция» вообще, остается открытым. Кроме того, наблюдаемую структуру сверхзвезд, в частности ЗС 273, трудно согласовать с этой гипотезой. Приведенные соображения, а также и ряд других заставляют отказаться от объяснения свечения сверхзвезд указанным путем. Вообще термоядерные реакции являются сравнительно малоэффективным способом освобождения энергии — в ходе этих реакций может выделяться энергия, соответствующая только 1% всей массы покоя. Не спасает положения и мысль о том, что термоядерные реакции происходят в теле с массой $10^8 - 10^9 M_{\odot}$, так как тогда наблюдались бы совершенно иные явления, чем те, которые мы видим у сверхзвезд. По-видимому, следует исключить термоядерные реакции как основной источник свечения сверхзвезд.

Гораздо более эффективным средством получения больших количеств энергии является использование потенциальной энергии тяготения. Если масса тела равна M , то при этом процессе, вообще говоря, может освободиться до $0,8 Mc^2$ энергии. Поскольку массы сверхзвезд должны превышать $10^8 M_{\odot} = 2 \cdot 10^{41} g$, то выделение энергии, соответствующее значительной доле этой массы (скажем, одной десятой), дает величину 10^{62} эрг, что достаточно для объяснения свечения сверхзвезд. Поэтому в последние годы усиленно разрабатывалась гипотеза об освобождении энергии в сверхзвезде в результате спадания («коллапса») тела гигантской массы в $10^8 - 10^9 M_{\odot}$ к его центру. Рассмотрим некоторые особенности процесса коллапса.

Тело с достаточно большой массой (превосходящей $10^6 M_{\odot}$) не может находиться в устойчивом состоянии, так как давление внутри него не в силах противостоять тяготению. Поэтому если такое тело как-то образовалось, оно должно спадаться к своему центру — коллапсировать. При уменьшении радиуса тела освобождается энергия. Допустив, для простоты, что вначале радиус тела был

очень велик по сравнению с конечным его значением R , получим, согласно (12), что количество энергии, освобождаемой при сжатии тела массы M , приблизительно равно $\frac{GM^2}{R}$. Используя это выражение, нетрудно найти, до какой величины должен уменьшиться радиус, чтобы при сжатии тела с массой $10^8 M_\odot$ освободилась энергия в количестве 10^{62} эрг. Это значение R составляет $3 \cdot 10^{13}$ см.

При вычислении энергии мы пользовались законом всемирного тяготения, по которому сила тяготения тела обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. В соответствии с общей теорией относительности, закон Ньютона перестает быть верным на малых расстояниях от тела. Он нуждается в поправках, когда расстояние r невелико по сравнению с величиной $R_k = \frac{2GM}{c^2}$, называемой гравитационным радиусом. При $M = 10^8 M_\odot$ величина $R_k \approx 1,5 \cdot 10^{13}$ см, что близко к полученному выше значению R . Поэтому при оценке конечного радиуса по освободившейся при сжатии энергии нам нужно было бы учесть поправки к закону Ньютона. Но это не очень сильно изменяет величину R , которая остается близкой к R_k . Следовательно, чтобы в теле с массой $10^8 M_\odot$ за счет сжатия освободилось количество энергии 10^{62} эрг, оно должно уменьшить свой радиус до значения порядка R_k .

С приближением радиуса коллапсирующего тела к величине R_k сильно меняются свойства излучения тела. В частности, видоизменяется формула (30), определяющая величину гравитационного «красного смещения» фотонов. Вместо (30) теория относительности дает соотношение:

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = - \frac{-2 \frac{GM}{Rc^2}}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2} + 1}} = - \frac{\frac{R_k}{R}}{\sqrt{1 - \frac{R_k}{R} + 1}}, \quad (33)$$

которое, как легко видеть, при R , намного большем, чем R_k , превращается в формулу (30). При $R = R_k$ из соотношения (33) получается, что $\Delta v_0 = -v_0$, смещение частоты равно самой частоте. Поэтому до удаленного наблюдателя излучение любой частоты v_0 с поверхности тела не может дойти — вся энергия излучения расходуется на преодоление тяготения. Следовательно, коллапсирующее тело при достижении им размеров, определяемых

гравитационным радиусом, перестает быть видимым. Если возможно и дальнейшее сжатие тела, то освобождающаяся при этом энергия не сможет покинуть его. Такое состояние называют гравитационным самозамыканием.

Поверхность коллапсирующего тела движется ускоренно, по закону свободного падения в поле тяжести. С приближением величины радиуса к R_k скорость поверхности приближается к световой. Для наблюдателя, помещенного на поверхность тела, время достижения уровня R_k зависит от плотности тела. При плотности, например, соответствующей средней солнечной, оно составляет менее часа. Наблюдателю же, расположенному далеко от поверхности тела, по мере сокращения радиуса ее скорость будет казаться уменьшающейся и достижение поверхностью радиуса R_k займет, с точки зрения такого наблюдателя, бесконечное время.

Разница в ходе времени вблизи поверхности коллапсирующего тела и вдали от нее является еще одним интересным эффектом теории относительности. Она, по существу, и вызывает гравитационное «красное смещение». Действительно, если на поверхности тела испускается излучение с частотой v_0 , то время одного колебания $\Delta t_0 = \frac{1}{v_0}$. Это же излучение для далекого наблюдателя имеет частоту v , а соответствующий интервал времени $\Delta t = \frac{1}{v}$. Так как

$$v = v_0 \sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}}, \text{ то } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}}}.$$

Следовательно,

время, протекшее между последовательными событиями на поверхности коллапсирующего тела, будет меньше для наблюдателя, движущегося с поверхностью, чем для далекого наблюдателя. С приближением R к R_k разница в ходе времени увеличивается.

Хотя на основе гипотезы о коллапсе массивного тела в принципе можно объяснить явление сверхзвезд и энергетически и по масштабу времени, эта гипотеза встречается со значительными трудностями. Прежде всего отметим, что существует ряд обстоятельств, препятствующих образованию тел столь большой массы. Кроме того, при коллапсе должно возникать множество трудно исследуемых эффектов, влияние которых на весь процесс остается неясным. Например, возрастание скорости вращения при

сжатии должно приводить к разделению сжимающегося тела на части. Оказывается также, что коллапс сферического тела не сможет дать необходимого выхода энергии вследствие гравитационного самозамыкания. Таким образом, пока не приходится говорить о законченной теории сверхзвезд, основывающейся на гипотезе об их коллапсе.

В заключение этого параграфа заметим, что в 1965 г. был обнаружен новый класс объектов — так называемые квазизвездные галактики. Эти объекты по своему излучению в оптическом диапазоне подобны сверхзвездам, но отличаются от последних отсутствием заметного радиоизлучения. Дальнейшее исследование квазизвездных галактик позволит, вероятно, глубже подойти и к пониманию природы сверхзвезд.

§ 10. РОЛЬ ВЗРЫВОВ В РАЗВИТИИ ЗВЕЗД И ГАЛАКТИК

Быстрое совершенствование методов астрофизических наблюдений позволило получить обширнейшую информацию о небесных телах. Она заключается, как мы знаем, в характеристиках излучения небесных тел и оказывается как бы зашифрованной. Расшифровывая эту информацию на основе соответствующих физических теорий, по характеристикам излучения воспроизводят картину процессов, происходящих в звездах и туманностях. Создание и уточнение научной картины строения небесных тел является очень сложным делом, поскольку речь идет о процессах, в большей части недоступных для непосредственного наблюдения, например, происходящих в недрах звезд.

Еще труднее изучать пути развития звезд и звездных систем. Эти объекты существуют и эволюционируют в течение миллиардов лет, а наблюдаем мы их всего несколько десятилетий. Поэтому по мере накопления данных наблюдений время от времени наступает период, когда имеющиеся гипотезы о происхождении и развитии звезд не в состоянии систематизировать и объяснить с единой точки зрения важнейшие факты. Тогда приходится взглянуть на всю проблему по-новому.

Всего несколько лет назад большинство астрономов считало, что звезды и туманности возникли из рассеянного, диффузного вещества путем его уплотнения (кон-