

Пульсары

10.1. ИСТОРИЯ И ОТКРЫТИЕ

В 1967 г. группа астрономов из Кембриджа во главе с Энтони Хьюишем обнаружила¹⁾ астрономические объекты, излучающие периодические импульсы радиоволн. Это открытие оказало глубокое воздействие на последующие астрофизические исследования. Его большое значение было подчеркнуто присуждением Хьюишу в 1974 г. Нобелевской премии.

Существование устойчиво равновесных звезд, более плотных, нежели белые карлики, предсказывалось многими теоретиками, (например, работы [31, 427]; см. сноску на с. 261 данной книги), Бааде и Цвикки [31], Колгейт и Уайт [144] и другие предположили, что такие объекты могут образовываться при взрывах сверхновых. Высказывались даже догадки, что в начальной стадии они должны быть быстро вращающимися объектами [285, 578] с сильными магнитными полями [285, 623] и что источником энергии Крабовидной туманности может быть вращающаяся нейтронная звезда [610]. Предварительные характеристики простой магнитно-дипольной модели, способной объяснить преобразование энергии вращения нейтронной звезды в электромагнитное излучение, а затем и в энергию движущихся частиц, во время открытия были уже в печати [437].

Таким образом, нельзя сказать, что сообщение Хьюиша и других [274] об открытии радиопульсара с периодом 1,377 с на частоте 81,5 МГц произошло в теоретическом вакууме. Однако отождествление пульсаров с нейтронными звездами для большинства астрофизиков не было непосредственно очевидным. Первый аргумент в пользу того, что наблюдаемые пульсары представляют собой быстро вращающиеся нейтронные звезды с магнитными полями на поверхности около 10^{12} Гс, был выдвинут Голдом [227]. Он указал, что отождествление с такими объектами объясняет многие наблюдаемые особенности пульсаров, например, удивительную стабильность периода следования импульсов. Голд предсказал небольшое увеличение периода по мере того, как пульсар медленно теряет энергию вращательного движения. Вскоре после этого было открыто замедление пульсара в Крабовидной туманности. Голд [228] показал, что предполагаемые потери энергии примерно соответствуют количеству энергии, выделяющейся внутри Крабовидной туманности. Этот успех наряду с неуда-

¹⁾ См. [274]. Для ознакомления читателю можно рекомендовать рассказ Джослин Белл-Бернелл о ее участии в открытии [93].

чами альтернативных моделей привел к всеобщему признанию модели нейтронной звезды.

Несколько переработанный вариант цепочки рассуждений, приведших к этому историческому объяснению, бегло обрисован в следующем разделе.

10.2. ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ ПУЛЬСАРЫ ЯВЛЯЮТСЯ ВРАЩАЮЩИМИСЯ НЕЙТРОННЫМИ ЗВЕЗДАМИ?

Основные наблюдательные факты, которые исключают все другие возможности, таковы:

1. Пульсары имеют периоды в интервале 1,6 мс — 4,3 с.

2. Периоды пульсаров очень медленно *увеличиваются* и никогда не уменьшаются (если не считать эпизодических «сбоев», см. разд. 10.10).

3. Пульсары являются исключительно хорошими часами. Периоды нескольких пульсаров измерены с точностью до 13 значащих цифр.

За время 1,6 мс свет проходит 500 км. Это налагает верхний предел на размеры излучающей области. Не было предложено ни одной последовательной модели, согласно которой излучающая область была бы частью гораздо большего «источника». Трудно представить такие хорошие часы как пульсар, если излучающая область не будет тесно связана со всем «источником» в целом. Поэтому максимальный размер источника можно принять равным 500 км, т.е. мы имеем дело с компактным объектом. Но с каким именно — с белым карликом, нейтронной звездой или же с черной дырой?

Сначала рассмотрим модели белых карликов. В этом случае в качестве основного «часового» механизма сразу напрашиваются три варианта: вращение, пульсации или двойная система. Самый короткий период вращения для белого карлика возможен, когда он вращается со скоростью, соответствующей началу его разрушения

$$\Omega^2 R \sim \frac{GM}{R^2}, \quad (10.2.1)$$

где Ω — угловая частота вращения. Будучи переписанным в терминах средней плотности ρ , уравнение (10.2.1) переходит в

$$\Omega^2 \sim G\rho, \quad (10.2.2)$$

т.е. в универсальное соотношение между динамическим временным масштабом и плотностью самогравитирующей системы. Взяв максимальную плотность, равную 10^8 г/см³, получим

$$P = \frac{2\pi}{\Omega} \geq 1 \text{ с.} \quad (10.2.3)$$

Этот результат исключает вращающиеся белые карлики.

Сходная с соотношением (10.2.3) оценка сохраняется и для пульсирующих белых карликов. Действительно, точные расчеты показывают, что самый короткий период для основной моды пульсаций равен ~ 2 с (сравните с разд. 6.10). Высшие гармоники имеют более короткие периоды, но они