

§ 6. Релятивистский "пропеллер"

Ускорение заряженных частиц в быстро вращающейся магнитосфере нейтронной звезды, размеры которой меньше, но близки к радиусу светового цилиндра, было впервые рассмотрено Шварцманом (1970а). Когда $R_m \approx R_l$, электрическое поле $E \approx \omega R_m B/c \sim B$ велико, и максимум энергии, которую приобретают частицы в таком поле, $\epsilon \approx EeR_m \approx \mu^2 \omega^2 e/c^2 \approx 10^{13} p^{-2} \mu_{30} \text{ эВ}$, намного превышает энергию покоя частиц. Эта оценка лишь иллюстрирует принципиальную возможность ускорения частиц до релятивистских энергий и никоим образом не дает представления о характерной энергии, приобретаемой частицами в данном случае. К сожалению, исследований такого режима релятивистского "пропеллера" до сих пор нет. Отметим лишь работу Цыгана (1981), где рассматривалось ускорение частиц в сильной электрической волне. Тем не менее, необходимость таких исследований совершенно очевидна. Релятивистский "пропеллер" — это стадия, которую проходит практически каждая одиночная нейтронная звезда сразу после того, как заканчивается режим эжекции (см. гл. X).

§ 7. Объекты — кандидаты в "пропеллеры"

Режим "пропеллера" — это необходимая стадия эволюции нейтронной звезды, которую та неминуемо проходит, если при рождении она обладает большой скоростью вращения.

Двойные системы. Как мы уже упоминали выше, факт существования долгопериодических пульсаров в тесных двойных системах прямо указывает на то, что существует механизм замедления нейтронных звезд, гораздо более эффективный, чем замедление по магнитодипольному закону, приводящее к эжектирующим нейтронным звездам. Например, чтобы нейтронная звезда замедлилась до периода 500 с по магнитодипольному закону, необходимо время $t \approx 10^{13} \mu_{30}^{-2}$ лет, что при любом разумном поле превышает время жизни массивных звезд ($\sim 10^7$ лет). Следовательно, в двойных системах должны быть нейтронные звезды-"пропеллеры".

Каковы их астрофизические проявления? В первую очередь, кандидатами в "пропеллеры" должны быть вспыхивающие транзиентные рентгеновские источники. Теоретический анализ, проведенный выше, показывает, что особенно благоприятные условия возникают в тех случаях, когда темп аккреции относительно высок и эффективны механизмы охлаждения. Тогда следует ожидать нестационарной двухпоточковой или дисковой аккреции. При малом темпе аккреции из звездного ветра, по-видимому, образуется квазистационарная атмосфера, излучающая в жестком рентгеновском диапазоне. Однако рентгеновская светимость ее низка, менее

$$L_x \lesssim \dot{M} \frac{GM_x}{R_m} \approx 10^{32} \dot{M}_{15} R_9^{-1} \text{ эрг/с.}$$

Фактически светимость в (t_{br}/t_r) раз ниже (t_{br} — время охлаждения, t_r — время падения).