

ЗВЕЗДЫ С АНОМАЛЬНО НИЗКИМ ЗНАЧЕНИЕМ ГРАВИМАГНИТНОГО ПАРАМЕТРА

Напомним, что гравимагнитным параметром называется комбинация $y = \dot{M}/\mu^2$. Эта глава посвящена нейтронным звездам, обладающим либо большим магнитным полем, либо окруженным очень разреженным веществом. В обоих этих случаях параметр y оказывается малым. Анализ взаимодействия таких нейтронных звезд с окружающим веществом и анализ возможных астрофизических проявлений практически содержится в двух-трех работах. Посвящение целой главы этому малоисследованному вопросу продиктовано в основном желанием автора привлечь к нему внимание исследователей, занимающихся физикой нейтронных звезд.

§ 1. Георотаторы

Условие "медленности" вращения замагниченной звезды является необходимым, но не достаточным условием существования аккреции. Если радиус магнитосферы R_m окажется больше радиуса гравитационного захвата R_G , то гравитация на границе магнитосферы будет несущественной и аккреция вещества будет невозможной (Илларионов и Сюняев, 1975; Липунов, 1982в). Именно такая ситуация имеет место вблизи магнитосферы Земли. Отсюда и название режима.

Какова структура магнитосферы георотатора? Возможны две ситуации. Если скорость движения звезды относительно среды существенно сверхзвуковая, т.е. $v \gg a_s$, то магнитосфера будет похожа на магнитосферу Земли (рис. 97а). Наоборот, когда нейтронная звезда движется медленно ($v \ll a_s$) и в то же время радиус захвата $R_G < R_m$ оказывается гораздо меньше радиуса магнитосферы, граница магнитосферы описывается решением, впервые полученным Колом и Хазом (1959) и Мидгли и Дэвисом (1962) (см. § 5 гл. IV). Напомним, что эти решения соответствуют постоянному давлению плазмы $P = \text{const}$ (гравитации нет!).

Исследование стабильности границы магнитосфер такого типа показывает, что они устойчивы в приближении идеальной МГД (см. Акасофу и Чепмен, 1975). В этом легко убедиться, применив вариационный принцип, рассмотренный в гл. V.

Давайте теперь проверим, насколько реально возникновение нейтронных звезд G-типа (георотаторов). Условие $R_A > R_G$ переписывается в виде

$$y < y_G \approx \frac{v_\infty^7}{16(GM_x)^4} \approx 2 \cdot 10^{-50} v_8^7 m^{-4} \quad (1.IX)$$

Рис. 97. Магнитосфера георотатора при быстром (а) и медленном (б) движении нейтронной звезды

или как условие, характеризующее темп аккреции вещества, формально попадающего под радиус захвата:

$$\dot{M}_c < \dot{M}_G \approx 3 \cdot 10^{-16} v_8^7 m_x^{-4} \mu_{30}^2 M_\odot/\text{год}. \quad (2.IX)$$

Вблизи звезд, истекающих с большой скоростью, $v_8 \approx 2 - 3$, и для $\mu_{30} \approx 10 - 100$ возникновение геоподобных магнитосфер вполне реально. Например, это может быть одной из причин отсутствия рентгеновских источников в паре с WR-звездами (Липунов, 1982 д).

В случае одиночных нейтронных звезд удобнее проводить рассмотрение, используя (39.II):

$$\dot{M}_c \approx 7 \cdot 10^7 v_7^{-3} \rho_{-24} m_x^2 \text{ г/с}, \quad (3.IX)$$

где ρ_{-24} – плотность межзвездной среды. Из (2.IX) получим, что режим георотатора реализуется, если скорость движения нейтронной звезды

$$v_\infty > 300 \rho_{-24}^{1/10} m_x^{3/5} \mu_{30}^{-1/5} \text{ км/с}. \quad (4.IX)$$

Отметим, что у радиопульсаров встречаются и более высокие пространственные скорости. Такие нейтронные звезды по замедлению вращения будут переходить в разряд георотаторов. Эволюционный трек можно изобразить в виде цепочки

$$E \rightarrow P \rightarrow G.$$

Такого типа магнитосферы особенно вероятны у одиночных белых карликов.

Для исследования физических процессов, возникающих в магнитосферах звезд типа G, полезным может оказаться опыт изучения земной магнитосферы (см., например, монографии Акасофу и Чепмена, 1974, 1975; Нишиды, 1980).

§ 2. Магнитные двойные системы (магнеторы)

Качественно новый режим для звезды с малым значением гравимагнитного параметра может реализоваться в тесной двойной системе. При большом магнитном поле или малом темпе истечения соседки альвеновский радиус может оказаться больше не только радиуса гравитационного захвата, но и расстояния между звездами. В этом случае соседняя звезда будет погружена внутрь магнитосферы компактной звезды (рис. 41). Впервые такой режим был рассмотрен при анализе характера аккреции в системе белого карлика AM Her (Митрофанов и др., 1977). Этот класс двойных систем с белыми карликами сейчас называют полярами.

