

УДК 372.853+524.3+537.6+539.171

А. И. СЕРЫЙ, А. П. СУЛИМ

Брест, БрГУ

О МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «ЯДЕРНАЯ МАТЕРИЯ» В СПЕЦКУРСАХ ПО АСТРОФИЗИКЕ

Модели электронно-протонной и электронно-нейтронно-протонной сред широко распространены в астрофизике (первая – при исследовании оболочек водородных белых карликов, вторая – при исследовании взрывов Сверхновых II типа или жидких ядер нейтронных звезд, хотя это менее корректно). Среди исследуемых вопросов для таких систем видное место занимают вопросы бета-равновесия между электронно-протонной и нейтронной составляющими, а также спиновой поляризации электронов и нуклонов. Указанные вопросы имеют важное значение для объяснения происхождения магнитных полей звезд.

При исследовании модели электронно-протонно-нейтронного вещества в приближении крайнего вырождения (что оправдано при высоких плотностях, когда энергия теплового движения kT мала по сравнению с энергией Ферми ε_F) представляет интерес вопрос о влиянии каждого слагаемого, входящего в выражение для энергии отдельного нуклона, на отдельные характеристики объекта исследования. Основные виды энергий указаны в таблице 1

Таблица 1 – Основные составляющие энергии отдельно взятого нуклона

Составляющая	Выражение для протонов	Выражение для нейтронов
1. Энергия покоя отдельного нуклона	$m_p c^2$	$m_n c^2$
2. Энергия Ферми свободных нуклонов	$\frac{(3\pi^2 n_p)^{2/3} \hbar^2 c^2}{2m_p c^2}$	$\frac{(3\pi^2 n_n)^{2/3} \hbar^2 c^2}{2m_n c^2}$
3. Энергия межнуклонного взаимодействия в контактном приближении (соответствующие константы определены в [1, с. 31])	$\frac{g_{pp}}{2} n_p + \frac{g_{np}^{\uparrow\uparrow}}{2} n_n + \frac{g_{np}^{\uparrow\downarrow}}{2} n_n$	$\frac{g_{nn}}{2} n_n + \frac{g_{np}^{\uparrow\uparrow}}{2} n_p + \frac{g_{np}^{\uparrow\downarrow}}{2} n_p$
4. Обменная кулоновская энергия	$\frac{e^2}{\pi} (3\pi^2 n_p)^{1/3}$	0

Основные результаты, получаемые при использовании отдельных моделей (с различным сочетанием слагаемых из таблицы 1) [2, с. 32, 33], систематизированы в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика основных результатов для различных моделей электронно-нейтронно-протонного вещества

Используемые слагаемые из таблицы 1	1 и 2	1 – 3	1 – 4
Значение концентрации протонов у порога нейтронизации, 10^{30} см^{-3}	7,3559	7,3561	7,4274
Возможность спонтанной поляризации протонов ниже порога нейтронизации	Нет	Нет	Да
Возможность спонтанной поляризации выше порога нейтронизации	Нет	Да	Да
Наличие максимально возможной концентрации протонов на кривой бета-равновесия (т.е. «точки поворота»)	Нет	Да	Да

Таким образом можно сделать следующие выводы. 1. Последовательный учет ядерного взаимодействия между нуклонами и обменной кулоновской энергии для протонов в присутствии электронного фона приводит к небольшому повышению значения порога нейтронизации, причем влияние обменной кулоновской энергии более существенно, хотя во всех трех случаях округленно значение порога нейтронизации равно $n_p = 7,4 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-3}$. 2. По сравнению с моделью электронно-протонно-нейтронного вещества, в которой не учитываются какие-либо взаимодействия между частицами, учет двух указанных выше взаимодействий приводит к качественно новым результатам с точки зрения некоторых других характеристик (появление возможности спонтанной спиновой поляризации в разных диапазонах, ограничения на возможные значения концентрация протонов).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серый, А. И. О ферромагнетизме вырожденной нейтронно-протонной системы / А. И. Серый // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 4, Фізика. Матэматыка. – 2012. – № 1. – С. 30–37.
2. Серый, А. И. О некоторых поляризационных эффектах в астрофизической плазме / А. И. Серый // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 4, Фізика. Матэматыка. – 2014. – № 1. – С. 30–43.