

Внутренняя кора нейтронной звезды: высокоточная капельная модель

Thursday 3 July 2025 16:40 (20 minutes)

Внутренняя кора — это область нейтронной звезды, состоящая из нуклонных кластеров (ядер) окруженных свободными нейтронами. Теория внутренней коры стала развиваться с конца 1960-х годов на основе капельных моделей, а в настоящее время её развитие строится с использованием детальных численных расчетов, например, расширенным методом Томаса-Ферми (ETF) с учетом оболочечных поправок по методу Струтинского. Тем не менее, такие расчеты достаточно трудоёмки и не могут быть непосредственно инкорпорированы в коды для моделирования нейтронных звёзд. Вместо этого используется интерполяция таблиц с результатами численных расчетов. Если для звезд с равновесным составом это представляется достаточным, то для исследования внутренней коры в неравновесном (по составу) состоянии, например, в аккрецирующих нейтронных звёздах, такая интерполяция может быть не столь простой. Кроме того, для ограничения ядернофизических параметров по астрофизическим данным необходимо проводить моделирование нейтронных звёзд при разных значениях этих параметров, что, при использовании детальных численных расчетов для построения внутренней коры, до сих пор представляет собой чрезмерно сложную задачу. В таких условиях исследователи часто прибегают к капельной модели, сочетающей физическую наглядность, простоту и высокую численную эффективность. При этом, под термином «капельная модель» подразумевается целый класс моделей, основанных на использовании разных параметризаций и подходов для описания поверхностной энергии, большинство из которых являются, в значительной части, феноменологическими. В докладе построена и применена усовершенствованная капельная модель, основанная на термодинамически согласованном описании поверхностных свойств (с согласованным учетом адсорбции нейтронов и поверхностного натяжения) с учетом поправок на кривизну поверхности. Показано, что построенная модель воспроизводит результаты детальных ETF расчетов равновесной и неравновесной внутренней коры с точностью несколько до нескольких кэВ/нуклон. При этом, параметры модели находятся ETF расчетом для плоской границы, обеспечивая строгое согласование с выбранными ядернофизическими параметрами. Важно отметить, что модель позволяет выписать явные выражения не только для плотности энергии, но и для других термодинамических величин (давление, химические потенциалы, ...), что облегчает её использование, например, при построении моделей аккреционной коры, где наиболее удобными параметрами является давление и химический потенциал нейтронов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 22-12-00048-П.

Primary author: ЧУГУНОВ, А.И. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Co-authors: Dr ГУСАКОВ, М.Е. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе); ШАМЕЛЬ, Н. (Universite Libre de Bruxelles); ЗЕМЛЯКОВ, Н.А. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе); ЩЕЧИЛИН, Н.Н. (Universite Libre de Bruxelles)

Presenter: ЧУГУНОВ, А.И. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Session Classification: 5. Physics of neutrino and nuclear astrophysics

Track Classification: Section 5. Physics of neutrino and nuclear astrophysics.