

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Безногова Михаила Викторовича
«Тепловая эволюция нейтронных звёзд с аккреционными оболочками»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности

01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Диссертационная работа М.В. Безногова посвящена актуальной теме – исследованию нейтронных звёзд. Хотя эти объекты имеют очень малый размер (около 13 км) и расположены далеко от нас, их наблюдательные проявления очень разнообразны. Это позволяет получать информацию о составе и свойствах сверхплотного вещества, содержащегося в их недрах, путем моделирования различных процессов в нейтронных звёздах и сопоставления результатов моделирования с наблюдениями.

Достоинством диссертации является то, что она сочетает все три важных этапа такого исследования: (I) исследование микрофизических свойств сверхплотного вещества (в главах 1 и 2 изучена диффузия ионов в оболочках нейтронных звёзд), (II) моделирование процессов в нейтронных звёздах (в главе 3 исследованы процессы теплопереноса в диффузионно-равновесных теплоизолирующих оболочках нейтронных звёзд, а в главах 4 и 5 моделируется остывание изолированных нейтронных звёзд и подогрев аккрецирующих нейтронных звёзд) и (III) сравнение результатов моделирования с наблюдениями (в главе 4 установлены наблюдательные ограничения на состав теплоизолирующей оболочки пульсара Вела, а в главе 5 предложен метод статистического анализа тепловой эволюции нейтронных звёзд).

Важно отметить, что полученные в главах 1 и 2 результаты полезны не только для описания оболочек нейтронных звёзд, но и ядер белых карликов, а также других реализаций неидеальной плазмы, например, пылевой плазмы. Предложенная в главе 3 аппроксимация соотношения поверхностной и внутренней температуры для диффузионно-равновесных теплоизолирующих оболочек несомненно будут широко использоваться при исследовании нейтронных звёзд с аккреционными оболочками, а ограничения на состав теплоизолирующей оболочки пульсара Вела (глава 4) имеют важное значения для понимания процесса образования это знаменитого объекта.

Несмотря на (достаточную для автореферата) полноту изложения, позволяющую понять содержание диссертации, к его недостаткам можно отнести небрежность некоторых утверждений [например, на стр. 2 сказано «До сих пор теория (эволюции нейтронных звёзд), в основном, не учитывала распределения нейтронных звёзд разных типов по массам», хотя практически во всех работах по этой теме рассматривалась эволюция звезд различных масс и, уж во всяком случае, не предполагалось что все нейтронные звезды имеют одинаковую массу].

При прочтении автореферата возникли следующие вопросы, большинство из которых относится к главе 5:

- 1) На рисунке 3 показана зависимость внутренней температуры нейтронной звезды от количества гелия в оболочке. На графике есть три линии, соответствующие разным плотностям в основании оболочки ρ_b . В тексте автореферата сказано, что ρ_b «зависит от условий задачи и состава оболочки». Нельзя ли пояснить, как понять какое значение ρ_b нужно выбирать при анализе наблюдений конкретной нейтронной звезды? Схожие вопросы к рисунку 4: насколько зависят показанные на нем графики от выбранной величины ρ_b ?

Изменится ли оценка внутренней температуры звезды, если H-He оболочку дополнить слоем углерода, как это сделано в работе Потехина и др. (модель РСУ на рис. 3)?

- 2) В статистическом методе анализа тепловой эволюции нейтронных звёзд (глава 5) правдоподобность модели оценивалась «на глаз» и не проводился детальный анализ эффектов селекции (что, как отмечено в автореферате, является недостатком). Это приводит к следующим вопросам/замечаниям:
- а) На левой части рис. 8, показывающем эволюцию изолированных нейтронных звёзд, возраст пульсаров t отложен на логарифмической шкале, а интенсивность цвета соответствует плотности вероятности найти звезду с данной температурой при **заданном** возрасте. Вместе с тем, если темп рождения нейтронных звёзд не менялся последние несколько миллионов лет, то количество нейтронных звёзд, приходящихся на одинаковый логарифмический интервал возрастов должно быть существенно разным (например, число звезд в интервале десятичного логарифма возраста в годах от 3.0 до 3.1 и от 6.0 до 6.1 должно отличаться на 3 порядка). Как учесть этот эффект «на глаз», если из-за выбранной на рис. 8 цветовой схемы он не виден? Не лучше ли показывать цветом двумерную плотность вероятности, определенную на плоскости логарифм температуры- логарифм возраста?
 - б) На странице 12 указано, что наблюдательные данные противоречат существованию зазоров между популяциями горячих и холодных звёзд. Однако, на правой части рис. 8, показывающем аккрецирующие нейтронные звезды, можно увидеть намек на зазор между основной группой источников и источниками 13 и 20, а холодные остывающие нейтронные звезды могут не наблюдаться из-за того, что их рентгеновская светимость мала.
 - в) В чем преимущество предложенного метода перед подходом, использованным в работе [36] (Попов и др., 2006)?
 - д) Как согласуются «правдоподобные» распределения аккрецирующих нейтронных звёзд с распределением по массам миллисекундных пульсаров, которые, как считается, образуются из аккрецирующих нейтронных звёзд?

Указанные вопросы, имеют характер уточнений и/или пожеланий на будущее. Результаты, представленные в диссертации, опубликованы в ведущих международных журналах (включая Physical Review Letters) и признаны научным сообществом, о чем свидетельствует их активное цитирование. М.В. Безногов неоднократно выступал на российских и международных конференциях и семинарах сектора теоретической астрофизики ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Всё это говорит о высоком научном уровне исследования, проведённого М.В. Безноговым. Как уже упоминалось, автореферат хорошо отражает содержание диссертации и позволяет заключить, что представленная М.В. Безноговым диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и удовлетворяет требованиям ВАК, а сам М.В. Безногов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
сектора теоретической астрофизики
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26
тел.: (812) 272-7180, e-mail: andr.astro@mail.ioffe.ru

Андрей Игоревич Чугунов

Подпись снс А.И. Чугунова заверяю
Ученый секретарь ФТИ им. А. Ф. Иоффе,
доктор физ.-мат. наук, профессор

12 декабря 2016 г.

А.П. Шергин