

**ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию Офенгейма Дмитрия Дмитриевича  
«Модельно-независимый анализ эволюции нейтронных звезд»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия**

Диссертация посвящена изучению свойств нейтронных звезд посредством анализа свойств и поведения сверхплотного вещества в их недрах. На протяжении ряда лет эта тематика остается актуальной и привлекает большое внимание многочисленных исследовательских групп как со стороны ядерной физики, так и со стороны астрофизики. Особенно актуальным в настоящее время эти исследования становятся благодаря регистрации гравитационных волн от слияний с участием нейтронных звезд (в том числе, когда одновременно удастся зафиксировать электромагнитное излучение, как связанное с самим слиянием – короткий гамма-всплеск, - так и послесвечение, поддерживаемое радиоактивным распадом синтезированных изотопов – килоновая), а также благодаря новым данным по тепловой эволюции нейтронных звезд, полученным, в первую очередь, в рентгеновском диапазоне.

Новые наблюдательные и экспериментальные данные с одной стороны позволяют более надежно и разнообразно проверять предсказания теоретических моделей, а с другой стороны, требуют более детального физического анализа, поскольку дают новую информацию, которую необходимо непротиворечивым образом вписать в единый контекст описания процессов, протекающих в сверхплотном веществе.

Все четыре главы диссертации в первую очередь посвящены развитию и применению теорфизических методов для описания поведения вещества при высокой плотности. Во второй и четвертой результаты анализа непосредственно прилагаются к конкретным наблюдаемым объектам – остывающим нейтронным звездам (глава 2) и нейтронным звездам в маломассивных рентгеновских двойных (глава 4).

В главе 1 автор находит аппроксимации для процесса тепловой эволюции нейтронной звезды на стадиях нейтринного и фотонного остывания, а также получает аналитическое решение, описывающее такую эволюцию. Такие результаты могут быть весьма востребованы.

Во второй главе результаты главы 1 развиваются и используются для более детального анализа кривых остывания нейтронных звезд с приложениями к конкретным объектам. Отмечу, что полученные результаты (и методика) представляют и методический интерес при изложении курсов строения и эволюции компактных объектов.

Третья глава посвящена свойствам магнитного поля в ядрах нейтронных звезд. Это крайне важная и актуальная тема, поскольку как правило расчеты эволюции магнитных полей компактных объектов имеют дело лишь с его поведением в коре. Лишь в недавнее время авторы стали на новом уровне сложности обращаться к процессам в ядре, и результаты, представленные в диссертации, находятся на передовом мировом уровне. Особый интерес связан с тем, что полученные результаты могут касаться феномена быстрых радиовсплесков (FRB), который сейчас является одной из самых «горячих» загадок в астрофизике.

Наконец, в главе 4 рассматриваются параметры гиперонных ядер компактных объектов, в частности, свойства вязкости. Это важно для расчетов т.н. г-мод. Рассмотрение, проведенное в этой главе, мотивировано данными наблюдений, что делает полученные результаты более актуальными.

Все полученные (и приведенные в диссертации) результаты важны и представляют большой интерес. Уровень проделанной работы соответствует мировому. Количество и уровень публикаций заметно превосходит минимальные требования к кандидатским диссертациям.

На мой взгляд, в работе отсутствуют серьезные недостатки или ошибки. В числе мелких можно отметить, например, что, обсуждая источник в остатке сверхновой Cas A, автор не цитирует работы Posselt et al. (2013, 2018), в которых подвергается сомнению наличие быстрого остывания этой нейтронной звезды. Мне кажется, что это важная деталь, которая заслуживает хотя бы упоминания.

Как часто бывает, не все термины, для которых нет устоявшейся терминологии в русском языке, удачно переведены. Например, «аккреционная материя», являющаяся неудачной калькой с *accreted matter*. Термин «Великолепная семерка» был введен не в процитированной автором работе, а в другой статье других авторов. Также в работе присутствуют опечатки, однако, их совсем немного, и их присутствие не сказывается на общем хорошем впечатлении от работы.

Результаты диссертации опубликованы в ведущих международных журналах, представлены на представительных конференциях, и, т.о., хорошо известны мировому научному сообществу. Некоторые работы, несмотря на то что они были опубликованы лишь недавно, уже неплохо цитируются.

В диссертации автор продемонстрировал как высокий уровень в качестве физика-теоретика, так и способность сопоставлять результаты расчетов с разнообразными экспериментальными данными по нейтронным звездам разных типов (радиопульсары, центральные компактные объекты, остывающие радиотихие нейтронные звезды и др.).

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Подводя итог, можно с уверенностью констатировать, что диссертация Дмитрия Дмитриевича Офенгейма «Модельно-независимый анализ эволюции нейтронных звезд» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук действующим Положением о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном

бюджетном учреждении науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. Поставленные в диссертации задачи и полученные результаты соответствуют специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия, а автор безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия за проведенные теоретические исследования свойств компактных объектов и приложение полученных результатов к данным наблюдений.

Официальный оппонент

Сергей Борисович Попов

профессор РАН,  
доктор физико-математических наук  
ведущий научный сотрудник  
Государственного Астрономического  
Института им. П.К. Штернберга  
Московского Государственного  
Университета им. М.В. Ломоносова

Адрес: 119234, Москва, Университетский проспект 13  
эл. почта: [polar@sai.msu.ru](mailto:polar@sai.msu.ru), [sergepolar@gmail.com](mailto:sergepolar@gmail.com)  
тел.: +7 495 9395006

Подпись в.н.с. ГАИШ МГУ С.Б. Попова заверяю

27 мая 2020 года

Директор ГАИШ МГУ

д. ф.-м. н, профессор

К.А. Постнов