

“УТВЕРЖДАЮ”

Зам. директора
ФГБУН Институт космических
исследований Российской
академии наук

д.ф.-м.н. М.Н.Павлинский

18 мая 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию А.Е. Петрова “Динамические магнитные структуры в сильнонеравновесной релятивистской плазме пульсарных туманностей”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия) в диссертационный совет Д002.205.03 при ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Диссертационная работа А.Е. Петрова посвящена исследованию сильнонеравновесной релятивистской электрон-позитронной плазмы в туманностях, окружающих молодые активные пульсары. Рассмотрено формирование морфологических и спектральных особенностей излучения пульсарных туманностей в разных диапазонах длин волн, определены механизмы, ответственные за наблюдаемые на изображениях туманностей динамические структуры. Исследование пульсарных туманностей — актуальная и, благодаря прогрессу в методах и возможностях наблюдений, быстро развивающаяся область исследований. В то же время это — очень сложная область, требующая применения разнообразных методов и подходов к решению, как аналитических, так и численных.

Диссертация содержит 124 страницы печатного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 130 наименований, 21 рисунка и 5 таблиц.

Во введении дана общая характеристика работы, обсуждены ее актуальность и новизна, ее цели, значение и практическая ценность. Представлен обзор результатов наблюдений планетарных туманностей и теоретических моделей, используемых для их описания. Приведены данные по апробации результатов работы, список публикаций автора с указанием его личного вклада.

В первой самой объемной главе (п. 2) методом теории возмущений и численными методами исследована локальная динамика магнитных структур в сильнонеравновесной релятивистской плазме планетарных туманностей. Исследовано распространение возмущений в плазме туманности поперек крупномасштабного магнитного поля. Рассмотрение осуществлено в длинноволновом пределе с учетом рассеяния частиц на флуктуациях поля. Выполнено сравнение предсказаний модели для синхротронного излучения релятивистских частиц с наблюдениями динамических структур в Крабовидной туманности (так называемых

“жгутов”). Найденное хорошее согласие позволило А.Е. Петрову заключить, что “жгуты” являются проявлениями распространения возмущений магнитного поля туманности.

Во второй главе (п. 3) создана программа на основе метода Монте-Карло для расчета переноса частиц релятивистского пульсарного ветра от ударной волны торможения через пульсарную туманность с головной ударной волной. Разработана численная модель, позволяющая строить карты синхротронного излучения туманности в диапазоне от нескольких эВ до нескольких МэВ.

В третьей главе (п. 4) разработанная программа использована для исследования туманности пульсара PSR J0437-4715 на основе ее наблюдений в ультрафиолетовом (длины волн 1250–2000 Å, данные спутника им. Хаббла) и рентгеновском (0.5–7 кэВ, данные спутника Chandra) диапазонах. Определены параметры туманности — создана ее математическая модель, которая позволяет воспроизвести особенности морфологии излучения исследуемого источника, в том числе наблюдаемые контрасты структур излучения.

В четвертой главе (п. 5) аналогично проведено исследование пульсарной туманности в созвездии Парусов: построена модель переноса релятивистского ветра через пульсарную туманность с головной волной и рассчитаны спектры формирующегося в туманности синхротронного излучения. Показано, что наблюдаемые от туманности спектры с жесткими фотонными индексами ≤ 1.5 хорошо согласуются с синхротронными спектрами электронов и позитронов, ускоренных на сходящихся потоках между ударной волной торможения пульсарного ветра и головной ударной волной.

В заключении суммированы результаты работы.

К основным результатам работы можно отнести следующее:

1. Построена количественная нелинейная модель динамики магнитных структур, распространяющихся поперек крупномасштабного магнитного поля в сильнонеравновесной релятивистской электрон-позитронной плазме пульсарной туманности при наличии рассеяния частиц на флуктуациях магнитного поля и с учетом эффектов, связанных с возможным присутствием в пульсарном ветре ионной компоненты. На основе данной модели предложена интерпретация наблюдаемых в Крабовидной туманности мелкомасштабных структур — “жгутов”.
2. Построена количественная модель диффузно-конвективного переноса частиц релятивистского пульсарного ветра от ударной волны торможения через пульсарную туманность с головной волной. Построена модель распределения синхротронного излучения такой туманности в диапазоне от эВ до нескольких МэВ. Полученная модель применена к исследованию туманности пульсара PSR J0437-4715, при этом объяснена наблюдаемая в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах морфология ее излучения. Далее модель была применена к исследованию туманности молодого пульсара в созвездии Парусов. Наблюдаемые жесткие рентгеновские спектры туманности (с фотонными индексами ≤ 1.5) объяснены результатом ускорения частиц пульсарного ветра на сходящихся потоках между ударной волной торможения и головной ударной волной.

В целом диссертация производит очень хорошее впечатление большим объемом проделанной работы, весомыми и интересными результатами, продуманностью текста. Она написана

ясно и четко, с литературной точки зрения практически безупречно. В качестве замечания можно отметить лишь, что основные положения, выносимые на защиту (стр. 9-10), сформулированы не очень удачно. Здесь должны быть перечислены полученные результаты, а не процесс (“исследование”, “моделирование”). В крайнем случае можно сказать “разработана численная модель для анализа ...” Кроме того, поскольку работа в основе своей теоретическая, должно быть обязательно сказано, что разработанные модели удачно объясняют наблюдения (“жгуты”, “морфологию излучения”, “жесткость спектров”).

Сделанное замечание, конечно, не принижает научной значимости диссертации. На защиту вынесено много действительно новых результатов, их достоверность не вызывает сомнений. Результаты получены в быстро развивающейся области астрономии и астрофизики, их актуальность и востребованность очевидны.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Основные результаты опубликованы или приняты к печати в ведущих научных журналах, они неоднократно докладывались на научных семинарах и конференциях по астрономии и астрофизике, получили признание специалистов в России и за рубежом. Результаты и выводы диссертации могут быть рекомендованы для использования в ИКИ РАН, ГАИШ МГУ, САО РАН, ГАО РАН и во всех других научных организациях, занимающихся исследованиями в области современной астрономии и астрофизики.

Диссертационная работа А.Е. Петрова была заслушана и обсуждена на научном семинаре отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН. По общему мнению участников семинара работа тематически актуальна, выполнена на высоком научном уровне, содержит уникальные результаты и ценные выводы.

Диссертационная работа А.Е. Петрова отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия).

Отзыв составил:

Зав. лабораторией Рентгеновской и
гамма-астрономии Отдела астрофизики
высоких энергий ИКИ РАН,
д.ф.-м.н.

С.А.Гребенев

18 мая 2018 г.