

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.119.01
НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **09.06.2016 № 3/24**

О присуждении **Пширкову Максиму Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Радиоастрономические ограничения на модели фундаментальной физики и астрофизики» по специальностям 01.04.02 – теоретическая физика (основная специальность) и 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия, принята к защите 25 февраля 2016 года, протокол № 1/22, диссертационным советом Д 002.119.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 7а, приказ Министерства образования и науки России № 75/нк от 15 февраля 2013 года.

В состав совета были дополнительно введены члены советов по специальности 01.03.02: Алексеев С.О., Ламзин С.А., Сажин М.В., Шакура Н.И. (члены совета Д501.001.86 при МГУ им. М.В. Ломоносова), Постнов К.А. (член совета Д 002.113.02 при ИКИ РАН).

Соискатель Пширков Максим Сергеевич, гражданин РФ, 1981 года рождения. В 2002 году окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук защитил 9 февраля 2006 года в Диссертационном совете Д501.001.86, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Тема диссертации «Неоднородность пространства-времени в Галактике и стабильность небесной системы координат» по специальности 01.03.01 – астрометрия и небесная механика, научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Сажин

Михаил Васильевич. Был выдан диплом кандидата наук под номером КТ № 184632. Работал в должностях младшего научного сотрудника в Пушинской радиоастрономической обсерватории Астрокосмического центра Физического института РАН им. П.Н. Лебедева (ПРАО АКЦ ФИАН) с 2005 по 2007 годы, научного сотрудника в ПРАО АКЦ ФИАН с 2007 по 2012 годы. В настоящее время работает старшим научным сотрудником отдела релятивистской астрофизики в Государственном астрономическом институте имени П.К. Штернберга Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (ГАИШ МГУ).

Диссертация выполнена в Государственном астрономическом институте имени П.К. Штернберга ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (ГАИШ МГУ).

Официальные оппоненты:

- 1) Верхованов Олег Васильевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО РАН), лаборатория радиоастрофизики, ведущий научный сотрудник;
- 2) Сазонов Сергей Юрьевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), отдел астрофизики высоких энергий, лаборатория теоретической астрофизики и научного сопровождения проекта Спектр-РГ, сектор научной поддержки обсерватории Спектр-РГ, начальник сектора.
- 3) Семикоз Виктор Борисович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН), теоретический отдел, заведующий отделом,

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской

академии наук (г. Санкт-Петербург), – в своем положительном заключении, подписанном Быковым Андреем Михайловичем (доктор физико-математических наук, профессор, руководитель отделения физики плазмы, атомной физики и астрофизики ФТИ им. А.Ф. Иоффе), указала, что диссертация Пширкова М.С. соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Пширков М.С. – заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальностям 01.04.02 – теоретическая физика и 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Соискатель имеет 45 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 24 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях-17. Работы соискателя, представленные в диссертации, посвящены изучению возможностей использования метода пульсарного хронометрирования для целей фундаментальной физики и астрофизики, исследованию большого числа возможных моделей тёмной материи методами астрофизики частиц, изучению галактических и внегалактических магнитных полей и их влияния на распространение космических лучей сверхвысоких энергий. Соискатель внес определяющий вклад в каждую из опубликованных работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Baskaran D., Polnarev A. G., Pshirkov M. S., Postnov K. A., Limits on the speed of gravitational waves from pulsar timing // *Phys. Rev. D.* (2008) Vol. 78, no. 4., 044018.
2. Pshirkov M., Tuntsov A., Postnov K. A., Constraints on Massive-Graviton Dark Matter from Pulsar Timing and Precision Astrometry // *Phys. Rev. Lett.* (2008) Vol. 101, no. 26 261101.
3. Pshirkov M. S., Baskaran D., Limits on high-frequency gravitational wave background from its interplay with large scale magnetic fields // *Phys. Rev. D* (2009), Vol. 80, no. 4, 042002.
4. Pshirkov M. S., Investigating ultra-long gravitational waves with measurements of pulsar rotational parameters // *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* (2009) Vol. 398. P. 1932–1935
5. Pshirkov M. S., Baskaran D., Postnov K. A., Observing gravitational wave bursts in pulsar timing measurements // *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* (2010) Vol. 402. P. 417–423

6. Tuntsov A. V., Pshirkov M. S., Quasar variability limits on cosmological density of cosmic strings // *Phys. Rev. D.* (2010) Vol. 81, no. 6, 063523.
7. Pshirkov M. S., Tuntsov A. V. Local constraints on cosmic string loops from photometry and pulsar timing // *Phys. Rev. D.* (2010) Vol. 81, no. 8, 083519.
8. Pshirkov M. S., Tinyakov P. G., Kronberg P. P., Newton-McGee K. J., Deriving the Global Structure of the Galactic Magnetic Field from Faraday Rotation Measures of Extragalactic Sources // *The Astrophysical Journal* (2011) Vol. 738, 192
9. Capela F., Pshirkov M., Tinyakov P., Constraints on primordial black holes as dark matter candidates from star formation // *Phys. Rev. D.* (2013) Vol. 87, no. 2, 023507
10. Capela F., Pshirkov M., Tinyakov P., Constraints on primordial black holes as dark matter candidates from capture by neutron stars // *Phys. Rev. D.* (2013) Vol. 87, no. 12, 123524
11. Pshirkov M. S., Tinyakov P. G., Urban F. R. Mapping ultrahigh energy cosmic rays deflections through the turbulent galactic magnetic field with the latest rotation measure data // *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* (2013) Vol. 436. P. 2326–2333
12. Capela F., Pshirkov M., Tinyakov P., Adiabatic contraction revisited: Implications for primordial black holes // *Phys. Rev. D.* (2014) Vol. 90, no. 8, 083507
13. Pshirkov M. S., Tinyakov P. G., Urban F. R. The rotation measures of high-luminosity sources as seen from the NVSS // *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* (2015) Vol. 452. P. 2851–2857.
14. Пширков М. С., Сажин М. В., Илясов Ю. П., Влияние эффекта слабого гравитационного микролинзирования на хронометрирование пульсаров, *Письма в АЖ*, 34, 437 (2008)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от ведущей организации (ФТИ им. А.Ф. Иоффе) и оппонентов: работа содержит хорошо обоснованные новые результаты и полностью отвечает всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальностям 01.04.02 – теоретическая физика и 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Критические замечания из этих отзывов: В разделе 2.2 в формуле (2.32)

допущена опечатка, во второй круглой скобке у дроби не приведен знаменатель. В разделе 2.4 рассмотрено возможное усиление магнитного поля при слиянии двух нейтронных звёзд до сверхвысоких значений порядка 10^{16} Гс. Последние результаты численного моделирования показывают, что этот процесс может останавливаться при достижении величины поля порядка 10^{15} Гс. В разделе 5.3 исследовано только распространение протонов космических лучей сверхвысоких энергий. Рассмотрение распространения в магнитных полях и более тяжёлых ядер также было бы желательным. Список используемых сокращений в конце диссертации не полный: например, отсутствуют "КА" (космический аппарат), "ПМП" (первичные магнитные поля) и другие. На многих графиках и рисунках встречаются подписи и обозначения на английском языке. В параграфе 4.2 рассматривается задача о захвате ПЧД ядром формирующейся массивной звезды. При этом формирование звезды моделируется в условиях, характерных для галактических гигантских молекулярных облаков. Однако затем говорится, что результаты расчета могут иметь отношение к эпохе формирования карликовых галактик на $z=10-15$. В этой связи стоит отметить, что в столь ранние эпохи процессы звездообразования протекали несколько по-другому, чем в современную эпоху, и в последние годы публикуется много работ на эту тему. Было бы полезно обсудить, как специфические условия звездообразования в эпоху первых галактик могут сказаться на оценках, сделанных в этом разделе диссертации. Имеются опечатки. После формулы (5.28) автор переставил обозначения «релевантных» космологических параметров, $\Omega_m=0.73$ и $\Omega_\Lambda=0.27$, должно быть наоборот: $\Omega_m=0.27$ и $\Omega_\Lambda=0.73$. Данные замечания не снижают ценности данной работы и не влияют на справедливость полученных результатов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией и многолетним опытом научных исследований по сходной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что совокупность полученных в диссертации результатов можно квалифицировать как крупное научное достижение. В рамках этого достижения впервые в мире:

1. Получены ограничения на плотность высокочастотных гравитационных волн ($>10^{10}$ Гц) из наблюдений реликтового излучения.
2. Предложен новый метод поиска гравитационных волн в диапазоне 10^{-12} – 10^{-8} Гц путем анализа параметров вращения пульсаров.
3. Из хронометрирования пульсаров поставлено ограничение на класс альтернативных теорий гравитации, в которых скорость распространения гравитационных волн не совпадает со скоростью света.
4. Получены ограничения, исключаящие заметный вклад в плотность темной материи таких кандидатов, как массивные гравитоны и петли космических струн, массивные гравитоны не могут составлять более десятиллионной доли темной материи, струны не могут быть основным компонентом в широком диапазоне натяжений 10^{-16} — 10^{-10} .
5. Предложен новый способ детектирования гравитационно-волнового всплеска от слияния сверхмассивных черных дыр с использованием метода пульсарного хронометрирования, получены оценки для существующих и строящихся инструментов – на современном уровне чувствительности метод способен детектировать слияние от двух сливающихся ЧД с массами в 300 миллионов солнечных с расстояния 1 Гпк, такие события происходят примерно раз в столетие. Радиотелескоп следующего поколения SKA с его большей чувствительностью будет способен зарегистрировать такие всплески во время своих наблюдений.
6. На основе наблюдательных данных каталога мер вращения NVSS построена детальная модель регулярного галактического магнитного поля и получены ограничения на свойства случайной компоненты галактического поля и отклонения космических лучей сверхвысоких энергий в ней —протоны энергией 40 ЭэВ отклоняются в случайном галактическом магнитном поле на углы не превосходящие 5 градусов, причём эта величина характерна для направлений в галактической плоскости, а для большинства направлений отклонение не превосходит 1-2 градуса.
7. Получены ограничения на эволюцию собственных мер вращения внегалактических источников с красным смещением и на силу космологических магнитных полей. Для корреляционной длины $l_c = 1$ Мпк

получено ограничение $B < 1.2$ нГс (2σ), что превосходит последние ограничения, полученные из наблюдений реликтового излучения телескопом “Планк”, и, в отличие от них, приложимо не только к первичным магнитным полям.

8. Получены ограничения на распространенность первичных черных дыр в широком диапазоне их масс ($10^{17} - 3 \times 10^{24}$ г), исключающие их как главную компоненту тёмной материи Вселенной.

Теоретическая и практическая значимости исследования обоснованы тем, что:

1. Предложенный в работе метод поиска всплесков гравитационных волн от слияния сверхмассивных черных дыр применяется в современных и планируемых пульсарных наблюдениях. В дальнейшем этот метод будет дополнять основной способ детектирования с помощью космического интерферометра типа eLISA, который может быть введён в строй в 2030-х.

2. Разработанный метод поиска гравитационных волн в диапазоне частот $10^{-12} - 10^{-8}$ Гц путем анализа вращательных параметров пульсара увеличивает чувствительность в данном диапазоне на 2-3 порядка. В будущем, с наблюдениями на радиотелескопе SKA, эта чувствительность возрастет еще больше. Значимость этого заключается в том, что этот частотный диапазон не может быть исследован никакими другими методами, так как “интерферометрические” методы чувствительны к гораздо более высоким частотам, а наблюдения реликтового излучения к гораздо более низким.

3. Ограничения на теории гравитации, в которых скорость распространения гравитационных волн отличается от скорости света, являются общими; в дальнейшем эти ограничения будут усиливаться с увеличением чувствительности пульсарных наблюдений.

4. Построенная модель магнитного поля Галактики активно применяется во многих научных задачах, таких как изучение распространения космических лучей в Галактике, изучение синхротронного излучения Галактики, поиск темной материи и аксионов и аксионоподобных частиц и др.

5. Полученные ограничения на распространенность первичных черных дыр в гало Галактики, которые исключают первичные чёрные дыры как основной компонент тёмной материи в диапазоне масс $10^{17} - 3 \times 10^{24}$ г, закрывают это последнее “окно”, не ограниченное ранее. Так как первичные чёрные дыры могли образовываться на самых первых стадиях космологической эволюции, отсутствие их доминирования в общем балансе тёмной материи важно для исследований ранней Вселенной.

Все результаты диссертации являются обоснованными.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он получил основные результаты диссертации и внес определяющий вклад в работы, выполненные в соавторстве.

На заседании 09 июня 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Пширкову Максиму Сергеевичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика и 5 докторов наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – **21**, против – **нет**, недействительных бюллетеней – **2**.

Заместитель председателя
диссертационного совета Д 002.119.01
доктор физ.-мат. наук

Безруков Л.Б.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 002.119.01
доктор физ.-мат. наук

Троицкий С.В.

09 июня 2016 г.