

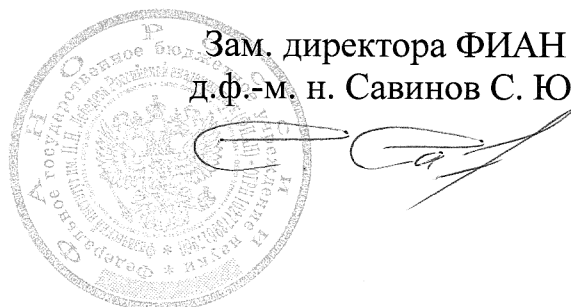
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ



119991, ГСП-1, Москва
Ленинский проспект, 53 ФИАН
Телефон: (499) 135 1429
(499) 135 4264
Телефакс: (499) 135 7880
<http://www.lebedev.ru>
postmaster@lebedev.ru

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ФИАН
д.ф.-м. н. Савинов С. Ю.



Дата

№

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу

Баушева Антона Николаевича «Тёмная материя: проблемы и решения»,
представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая
физика

Диссертация посвящена исследованию физических аспектов тёмной материи, а именно рассмотрению способов экспериментального исследования физической природы этого важнейшего космологического феномена. Тема, выбранная автором, весьма актуальна: к настоящему моменту существование тёмной материи является, по сути, единственным прямым экспериментальным свидетельством существования новой физики за пределами Стандартной модели. Поэтому любая информация о ее физической природе, в частности, о ее негравитационном взаимодействии, дала бы очень много физике в целом.

Диссертация А. Н. Баушева состоит из введения, четырех глав и заключения. Материал изложен на 239 страницах, включает 47 иллюстраций, 8 таблиц, 247 библиографических ссылок.

Во Введении автор обосновывает актуальность темы исследований,

состояние проблемы и историю изучения диффузного астрофизического излучения в широком спектральном диапазоне от микроволнового электромагнитного излучения до частиц космических лучей ультравысоких энергий. В этом же разделе А. Н. Баушевым сформулирована основная цель и аргументирована научная новизна исследований, изложены цели и методы исследования, показана практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассматривается образование гало темной материи при условии ограниченности энергетической эволюции системы в ходе формирования гало (так называемой умеренной энергетической релаксации) и выяснены наблюдательные следствия этого предположения. Подробно исследованы применяемые сегодня в численных моделях критерии сходимости космологических симуляций и их уязвимые места. В третьем параграфе первой главы рассмотрена выживаемость подструктур темной материи и показано, что большая часть темной материи должна сохранить свои подструктуры (клампы) даже при пессимистических предположениях об их строении.

Вторая глава диссертации рассматривает распределение частиц темной материи по скоростям, которое необходимо для экспериментов по прямому поиску темной материи. Получено распределение частиц по скоростям для "изотермического" профиля в случае, когда оно сильно анизотропно. Оценен вклад внегалактической темной материи в общее содержание темной материи около Земли. Рассмотрено формирование так называемого толстого диска темной материи в нашей Галактике. Если темная материя в какой-либо степени увлекается в дисковое вращение обычной материей, это снижает скорость частиц темной материи относительно Земли и может уменьшить сигнал прямого детектирования.

Третья глава рассматривает аннигиляцию темной материи в окрестностях черных дыр, в карликовых галактиках-спутниках, входящих в Местную Группу, и в ранней Вселенной ($z \sim 300$). Особое внимание уделяется возможности ее наблюдения с Земли.

Помимо обсуждаемой в третьей главе аннигиляции темной материи, жесткое космическое излучение может порождаться и целым рядом чисто астрономических источников. Обсуждению некоторых из них посвящена четвертая глава диссертации. Данные объекты не имеют прямого отношения к

темной материи, однако понимание спектральных свойств компактных астрономических источников космического излучения необходимо для правильного выделения на их фоне аномалий, связанных с аннигиляцией темной материи, или, в случае отсутствия сигнала, для установления наилучших верхних пределов на сечение этого процесса на основании прямых астрономических наблюдений.

В Заключении представлена апробация работы и обоснована достоверность ее результатов, а также представлены выносимые на защиту научные положения.

К замечаниям по диссертации можно отнести следующие:

1. Выдвинутая автором гипотеза об умеренной релаксации бесстолкновительных частиц тёмной материи в ходе гравитационного формирования галактик исключает важнейшие эффекты истории образования гало — бурную релаксацию и взаимодействие нескольких гало, их вращение, столкновение и иерархическое слияние гало малых масс в массивные объекты ("мерджеринг"), а также другие подобные процессы хорошо исследованные при численном решении задачи N-тел. Рассмотренные автором диссертации простейшие сферические модели распределения частиц, содержащие только один параметр — отношение конечной и начальной энергий частиц (см. условие (2.3) на стр. 28), — не описывают общую эволюцию галактики и некорректны в вопросах сравнения аналитических модельных аппроксимаций с данными наблюдений.

2. После формирования гало частицы тёмной материи "живут" в центре, а не приходят туда с периферии. Число частиц, приходящих с периферии и приобретающих большие скорости в центре гало, ничтожно мало, и они не дают вклада в светимость аннигиляции.

Отмеченные выше недостатки не умаляют научной ценности диссертации А. Н. Баушева, которая является цельной научной работой, а совокупность полученных новых результатов представляет достижение в области теории тёмной материи и физики элементарных частиц, и, в частности, для планирования экспериментов по поиску темной материи. Научные положения, сформулированные в диссертации, представляются обоснованными и достоверными. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы, имеются 19 публикаций в высокорейтинговых

журналах, входящих в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук», утвержденный ВАК. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация Баушева Антона Николаевича «Тёмная материя: проблемы и решения» полностью соответствует области исследований 2 (Общая теория относительности и релятивистская астрофизика. Физические свойства материи и пространства-времени во Вселенной. Классическая и квантовая космология и гравитация.) паспорта специальности 01.04.02 - теоретическая физика. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, в частности пунктам 9, 10, 11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий отделом теоретической астрофизики АКЦ ФИАН



Владимир Николаевич Лукаш

18.04.17

Россия, 117997, Москва, ГСП-7, Профсоюзная, 84/32

тел.: +7 (495) 333 33 66,

e-mail: lukash@asc.rssi.ru

Подпись В.Н. Лукаша заверяю.

Ученый секретарь ФИАН,

к.ф.-м.н.

scilpi@mail.ru

+7 499 132 62 06

+7 915 025 12 38



А.В. Колобов