

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Рубцова Григория Игоревича «Диффузное астрофизическое излучение от 10^{-4} эВ до 10^{+20} эВ и ограничения на новые модели физики элементарных частиц», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация посвящена исследованию моделей физики элементарных частиц, космологии и астрофизики высоких энергий на основании наблюдений диффузного астрофизического излучения в широком спектральном диапазоне.

Прежде всего, следует отметить несомненную актуальность избранной темы. Систематизация данных по диффузному астрофизическому излучению, связанному с масштабными космологическими или астрофизическими процессами, сопровождающимися выделением большой энергии, чрезвычайно важна как для построения и анализа космологических моделей, так и для использования данных космологии и астрофизики высоких энергий в исследованиях по физике элементарных частиц, в частности, в поисках новой физики за пределами Стандартной модели.

Диссертация Г.И. Рубцова состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, трех приложений и подробного библиографического списка, включающего 360 наименований.

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 Г.И. Рубцовым сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

Первая глава посвящена анализу данных по рекордно точному измерению температуры реликтового излучения, полученных космической обсерваторией Планк, и установлению ограничений на два класса моделей физики частиц. В модели гипотетических частиц с дробным электрическим зарядом, которые могли рождаться в ранней Вселенной и могут составлять сегодня часть холодной темной материи, показано, что реликтовая плотность таких частиц не может составлять более 1% от плотности холодной темной материи. В классе моделей псевдоконформной Вселенной, являющихся альтернативой

инфляционной модели, установлены ограничения на параметр самодействия скалярного поля в моделях конформного скатывания.

Во **второй главе** выполнен поиск проявлений новой физики на основании данных космической обсерватории Fermi LAT и наземных гамма-телескопов. Получены ограничения на поток и размер протяженного гало вокруг блазара 3C 279 методом исследования затмений гамма-источника Солнцем. Обнаружена аномальная прозрачность Вселенной по отношению к гамма-излучению высоких энергий, показано, что наблюдаемый эффект полностью описывается в рамках модели новой физики, включающей конверсию фотонов в аксиоподобные частицы в окрестности источника и обратно в нашей Галактике.

В **третьей главе** получены ограничения на поток фотонов ультравысоких энергий, выше 10^{18} эВ, 2×10^{18} эВ и 4×10^{18} эВ, основанные на данных мюонных детекторов Якутской установки ШАЛ. Показано, что предсказания модели распада гипотетических топологических дефектов противоречат установленным ограничениям. На основании существующих ограничений на поток фотонов и из наблюдаемой формы спектра космических лучей установлены ограничения на параметры гипотетической сверхтяжелой темной материи. Из полученных ограничений вытекает, что распад таких частиц не может быть ответственным за происхождение всех космических лучей ультравысоких энергий.

В **четвертой главе** по данным наземной решетки Telescope Array установлены ограничения на поток гамма-квантов с энергиями выше 10^{19} эВ, $10^{19.5}$ эВ и 10^{20} эВ. Полученные ограничения совместно с результатами, полученными в Третьей главе на Якутской установке, указывают на астрофизическое происхождение большей части космических лучей ультравысоких энергий. В области энергий выше 5.7×10^{19} эВ обнаружено «горячее пятно» — область повышенной плотности событий радиусом 20° . Горячее пятно может быть связано с одним или несколькими наиболее яркими источниками космических лучей, а его протяженность с отклонениями частиц в магнитных полях.

В **Заключении** суммированы основные результаты работы.

К замечаниям по диссертации можно отнести следующие:

1. В п.5 положений, выносимых на защиту (с. 14 диссертации и с. 8 автореферата) говорится: «...получены ограничения на поток фотонов с энергиями выше 10^{18} эВ, 2×10^{18} эВ и 4×10^{18} эВ. Показано, что доля фотонов при этих энергиях не превышает 0.4%, 0.8% и 4.1%, соответственно». Однако при повышении нижней границы интервала энергий сам этот интервал уменьшается, и неясно, как при этом доля фотонов может возрастать.

2. В п.7 положений, выносимых на защиту (с. 14 диссертации и с. 8 автореферата) говорится: «В круг радиуса 20 градусов попадают 19 из 72 событий при ожидании 4.5 для изотропного распределения». Однако при изотропном распределении в пределах 4π – геометрии кругу радиуса 20 градусов должны соответствовать не 4.5, а 2.17 событий из 72-х. Если учесть, что поле зрения детектора Telescope Array не равно 4π , а определяется, как указано на с. 132 диссертации, склонением от -10° до 90° , то кругу радиуса 20 градусов должны соответствовать при изотропном распределении не 4.5, а 3.7 событий из 72-х. Желательно пояснить происхождение числа 4.5.
3. На с. 160-164 диссертации приведен полный список используемых сокращений; в автореферате такого списка нет, и большая часть сокращений расшифрована, однако некоторые не общеизвестные сокращения используются без расшифровки, что несколько затрудняет чтение.
4. Диссертация не свободна от опечаток, но некоторые из них затрудняют понимание текста. Например, на с. 57 во фразе «внегалактические магнитные поля должны быть сильнее, чем $10^{-17} - 10^{-15}$ эВ» нужно догадаться, что вместо «эВ» должны стоять «Гс». На с. 22 автореферата говорится о происхождении космических лучей ультравысоких энергий «меньше или порядка» 10^{18} эВ, в противоречии со смыслом остального текста, и после обращения к соответствующему месту диссертации, на с. 85, становится понятно, что имелось в виду «больше или порядка» 10^{18} эВ.

Отмеченные выше недостатки не снижают научного значения диссертации Г.И. Рубцова, которая является завершенной научной работой, а совокупность полученных новых результатов представляет существенное достижение в области теории, имеющее значение для задач физики космических лучей, физики элементарных частиц, а также для проектирования экспериментов по прямому поиску новых частиц. Научные положения, сформулированные в диссертации, обоснованы. Результаты и выводы диссертации выглядят достаточно достоверными.

Основные результаты диссертации своевременно опубликованы, имеется 12 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 Рубцова Григория Игоревича «Диффузное астрофизическое излучение от 10^{-4} эВ до 10^{+20} эВ и ограничения на новые модели физики элементарных частиц» полностью соответствует пункту 9 «Физика космических лучей» паспорта специальности

01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц. Диссертация на соискание ученой степени 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, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент
профессор кафедры теоретической физики
ЯрГУ им. П.Г. Демидова
доктор физ.-мат. наук, профессор

 Александр Васильевич Кузнецов

150003, г. Ярославль, ул. Советская, д.14, университет.
Тел.:(4852)797766,
эл. почта: avkuzn@uniyar.ac.ru

« 4 » 10 2016 г.

