

УТВЕРЖДАЮ:  
Зам. директора  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждения науки Институт космических  
исследований Российской академии наук  
(ИКИ РАН)

д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН \_\_\_\_\_ А. А. Лутовинов  
13.09.2023 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

**В. В. Барина**

**«Стерильные нейтрино как кандидаты на роль частиц темной материи»**  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика

В диссертации исследуются различные ограничения на параметры стерильных нейтрино. Такие частицы естественным образом возникают в различных расширениях Стандартной модели физики элементарных частиц. Кроме того, они могут служить кандидатами на роль частиц темной материи, вопрос о природе которой, в свою очередь, является одним из важнейших нерешенных вопросов современной физики. Ясно, что очень важно изучать возможные свойства этих гипотетических частиц, поэтому актуальность работы не вызывает сомнений.

Во Введении обосновывается актуальность темы диссертации и дается обзор современного состояния исследований по поиску стерильных нейтрино.

В первой главе диссертации были уточнены сечения захвата нейтрино на галлии, для искусственных источников нейтрино, таких как  $^{37}\text{Ar}$  и  $^{51}\text{Cr}$ , что позволило провести переоценку галлиевой аномалии, а также впервые было вычислено сечение захвата нейтрино на галлии для источника  $^{65}\text{Zn}$ . Кроме того, в работе был проведен совместный анализ галлиевых и реакторных антинейтринных экспериментов по изучению нейтринных осцилляций.

Во второй и третьей главах проведены теоретические расчеты, которые позволили оценить ожидаемые ограничения на параметры стерильных нейтрино с массами порядка от нескольких кэВ до нескольких десятков кэВ, которые могут быть получены в рамках обзора всего неба космической обсерваторией SRG. Были получены оценки ожидаемых ограничений на сигнал от темной материи в нашей Галактике, а также ожидаемых ограничений, которые могут быть получены в рамках

корреляционного анализа угловых спектров мощности пространственного распределения галактик и фотонов, которые могли бы рождаться в этих галактиках при распаде темной материи, состоящей из стерильных нейтрино.

В заключении приводятся основные результаты, полученные автором диссертации, сформулированные в виде положений, выносимых на защиту.

Представленные в диссертации основные результаты являются новыми. Они опубликованы в пяти статьях в высокорейтинговых журналах. Результаты апробированы в докладах автора на различных конференциях и семинарах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Выносимые на защиту положения являются достоверными и содержат новые важные результаты в области космологии и физики ранней Вселенной. Полученные в диссертации результаты представляют несомненный интерес и значимость для научного сообщества.

Вопросы и замечания к диссертации:

Поскольку одной из основных задач работы является исследование стерильных нейтрино как кандидатов на роль частиц темной материи, стоило бы подробнее обсудить возможность существования нейтрино с параметрами, полученными по результатам галлиевых экспериментов, с точки зрения космологии. В частности, можно было бы обсудить, что такие нейтрино не могут быть частицами холодной темной материи, а их масса в качестве частиц горячей темной материи в значительной степени ограничена сверху.

Диапазон энергий фотонов, которые регистрируются телескопом СРГ/еРОЗИТА, более правильно следует обозначить как 0.2 - 8 кэВ.

Следовало бы подробнее обсудить, почему для ограничений сигнала от распада стерильных нейтрино в нашей Галактике выбран раствор конуса размером именно 60 градусов. Кроме того, в оригинальной работе Баринова В. В. были оценены также ограничения на распад стерильных нейтрино, которые можно было бы получить из наблюдений других астрофизических объектов, таких как галактика Андромеды и карликовая галактика в Драконе. Эти ограничения также стоило бы обсудить и в диссертационной работе.

Тем не менее, приведенные выше замечания, ни в коей мере не умаляют научной ценности работы.

Стоит отметить, что в целом работа производит очень положительное впечатление. В ней решен целый набор очень интересных и актуальных задач. Некоторые результаты, полученные в рамках работы, применяются к уже имеющимся экспериментальным данным. На основе других результатов новые ограничения на параметры стерильных нейтрино будут получены в ближайшем будущем. Все это говорит о значительной практической ценности работы.

Диссертация обсуждалась на семинаре Отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН.

Диссертация Баринаова Владислава Валерьевича «Стерильные нейтрино как кандидаты на роль частиц темной материи» удовлетворяет всем критериям «О порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 - теоретическая физика.

Отзыв составил:

старший научный сотрудник  
отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,  
к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ Р. А. Буренин

телефон: 495-333-53-00

электронный адрес: [rodion@hea.iki.rssi.ru](mailto:rodion@hea.iki.rssi.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32, телефон +7(495) 333-52-12, факс +7(495) 333-12-48, [iki@cosmos.ru](mailto:iki@cosmos.ru)

Отзыв утвержден на семинаре отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,  
26 июня 2023 г.

Руководитель семинара:

ведущий научный сотрудник  
отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,  
д.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ С. Ю. Сазонов

Список основных публикаций работников организации по теме диссертации соискателя в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1. Plavin A. V., Burenin R.A., ... Lutovinov A.A., ..., Zakharov E.I., Hard X-ray emission from blazars associated with high-energy neutrinos // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2023, in press, 2023
2. Reusch S., ... Gilfanov, M., ..., Medvedev, P., ... Candidate Tidal Disruption Event AT2019fdr Coincident with a High-Energy Neutrino // Physical Review Letters, 2022, Volume 128, Issue 22, article id.221101
3. Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов и др., ... Наблюдения массивных скоплений галактик из обзора всего неба телескопа eРОЗИТА на борту космической обсерватории СРГ // Письма в астрономический журнал, 2022, 12, 702-723
4. Pavlinsky, M. ; Sazonov, S. ; Burenin, R. ; Filippova, E. ; Krivonos, R. ... SRG/ART-XC all-sky X-ray survey: Catalog of sources detected during the first year // Astronomy & Astrophysics, 2022, Volume 661, id.A38
5. Pavlinsky, M. ; Tkachenko, A. ; Levin, V. ; Alexandrovich, N. ; Arefiev, V. ; Babyshkin, V. ; Batanov, O. ; Bodnar, Yu. ; Bogomolov, A. ; Bubnov, A. ; Buntov, M. ; Burenin, R. ; ... The ART-XC telescope on board the SRG observatory, Astronomy & Astrophysics, 2021, Volume 650, id.A42
6. Predehl, P. ; Sunyaev, R. A. ; ... ; Burenin, R. ; ... ; Churazov, E. ; ... Eismont, N. ; ... ; Gilfanov, M. ; ... Detection of large-scale X-ray bubbles in the Milky Way halo // Nature, 2020, Volume 588, Issue 7837, p.227-231
7. Medvedev, P. ; Sazonov, S. ; Gilfanov, M. ; Burenin, R. ; Khorunzhev, G. ; Meshcheryakov, A. ; Sunyaev, R. ... SRG/eROSITA uncovers the most X-ray luminous quasar at  $z > 6$  // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2020, Volume 497, Issue 2, pp.1842-1850
8. Sunyaev, R. ; Arefiev, V. ; Babyshkin, V. ; Bogomolov, A. ; Borisov, K. ; Buntov, M. ; ... ; Burenin, R. ; Churazov, E. ; ... SRG X-ray orbital observatory. Its telescopes and first scientific results // Astronomy & Astrophysics, 2020, Volume 656, id.A132,