

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ **на соискание Премии имени А. Н. Тавхелидзе для молодых учёных** **за 2016 год**

Выдвигается кандидатура кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Отдела теоретической физики Института ядерных исследований РАН **Демидова Сергея Владимировича** (дата рождения 16.12.1981) за его вклад в **развитие исследований моделей тёмной материи и поиск возможных экспериментальных проявлений частиц тёмной материи**, что является одним из основных направлений научной программы ИЯИ РАН.

Тёмная материя — одна из основных загадок современной фундаментальной физики. На ее существование указывает множество астрофизических наблюдений. Среди них — наблюдение движения звезд в галактиках, измерение распределения гравитирующей массы в скоплениях, сравнение крупномасштабной структуры Вселенной с результатами моделирования. Существование тёмной материи является одним из основных указаний на неполноту Стандартной модели физики частиц. В настоящее время основной гипотезой для объяснения всех наблюдений, связанных с тёмной материей, является предположение о существовании новых частиц, достаточно слабо взаимодействующих с известным веществом. Считается, что эти частицы образовались на ранних этапах эволюции Вселенной и в настоящее время составляют основную часть нерелятивистского вещества. Природа тёмной материи до сих пор не известна и ее выяснением занимается междисциплинарная область исследований, находящаяся на стыке физике частиц, астрофизике частиц и космологии.

Соискатель провёл широкий спектр исследований — от теоретических разработок моделей тёмной материи и методов поиска конкретных кандидатов на роль тёмной материи до непосредственной обработки экспериментальных данных с целью обнаружения сигнала от частиц тёмной материи и изучения их характеристик.

Одним из интересных и перспективных методов поиска частиц термальной тёмной материи является поиск продуктов их распада или аннигиляции. При этом источником такого сигнала могут служить различные астрофизические объекты. Так, за время существования Солнечной системы частицы тёмной материи могли быть гравитационно захвачены Солнцем и начать аннигилировать. Среди продуктов такой аннигиляции могут быть высокоэнергичные нейтрино, которые имеют возможность покинуть Солнце и быть зарегистрированными нейтринными телескопами на Земле. В этом направлении соискатель принимал самое активное участие в обработке данных, полученных в проводящихся в ИЯИ РАН экспериментах на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе [1,2,3] и Байкальском глубоководном нейтринном детекторе НТ-200 [4,5]. Им было проведено детальное моделирование [1,6] нейтринного сигнала от аннигиляции частиц тёмной материи в Солнце, включающее эффекты нейтринных осцилляций и взаимодействия с веществом. В работе [7] была предложена процедура получения пределов на спин-зависимое сечение упругого рассеяния частиц тёмной материи на протоне из пределов на скорость аннигиляции частиц тёмной материи в Солнце. Полученные ограничения на скорость аннигиляции частиц тёмной материи и на силу их

взаимодействия с нуклонами оказались сравнимы с результатами полученными на других установках: IceCube, ANTARES и SuperKamiokande. Помимо Солнца как источника нейтрино, возникающих от аннигиляции частиц тёмной материи, был проведен анализ данных нейтринного телескопа HT-200 в направлении на центр нашей Галактики [8,9] и в настоящее время завершается работа по поиску сигнала в направлении на ближайшие карликовые галактики. Разработанные соискателем в процессе выполнения этих исследований методы будут использоваться при анализе данных нового строящегося глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD с суммарным объемом в несколько кубокилометров. В работе [10] уже была получена оценка чувствительности нового эксперимента к сигналу от аннигиляции частиц тёмной материи в центре Галактики.

Среди многочисленных моделей с новыми частицами — кандидатами на роль тёмной материи — выделяется класс моделей, в которых частицы тёмной материи являются нейтральными массивными частицами, участвующими только в слабых взаимодействиях (WIMPs). Здесь соискатель выбрал для исследования широкий класс суперсимметричных моделей, в которых кандидатом на роль частиц тёмной материи являются нейтральные майорановские фермионы. Было найдено пространство параметров, разрешенное экспериментальными данными по прямым поискам частиц тёмной материи и являющееся перспективным для поисков на нейтринных телескопах [7]. Предложенная в работе [11] суперсимметричная модель с расщепленным спектром, которая содержит дополнительные нейтральные частицы, дает возможность объяснить не только проблему тёмной материи, но еще и объясняет возникновение асимметрии между веществом и антивеществом в ранней Вселенной.

Пока безуспешные поисками слабовзаимодействующих кандидатов на роль частиц тёмной материи стимулировали появление альтернатив. В последнее время большую популярность приобрели модели с асимметричной тёмной материей. В модели «зеркального мира» тёмной материей являются «зеркальные» аналоги обычных легких атомов, и здесь в работе [12] был проведен расчет процесса аннигиляции ортопозитрония в «ничто», который необходим для прямой экспериментальной проверки данного сценария. В работах [13,14] была рассмотрена модель с асимметричной двухкомпонентной тёмной материей и получены ограничения на параметры данной модели из результатов работы экспериментов Большого Адронного Коллайдера и предложены новые оригинальные методы ее проверки. В работе [14] было показано, что перспективным методом поиска таких кандидатов на роль тёмной материи является распад нуклона на мезоны, индуцированный столкновениями частиц тёмной материи.

Недавно двумя экспериментальными группами, занимающимися анализом данных рентгеновских телескопов, была обнаружена линия в спектре фотонов с энергией около 3.5 кэВ в направлении от близко расположенных галактик. В работе [15] было предложено объяснение этой линии в рамках суперсимметричного расширения Стандартной модели. В этой модели тёмной материей является гравитино, а линия с энергией 3.5 кэВ возникает за счет распада суперпартнера частицы тёмной материи — сголдстино. Проверка этого сценария будет возможна на новом поколении телескопов с улучшенным энергетическим разрешением.

Подводя итог, можно заключить, что С.В. Демидов получил важные и интересные результаты в перспективных моделях тёмной материи, а разработанные им методы будут использоваться при обработке данных нового нейтринного эксперимента Baikal-GVD. Личный вклад автора в представляемые работы, выполненные с соавторами, является определяющим. В настоящее время С.В. Демидов является автором 35 публикаций, он активно и успешно работает над другими задачами по научным тематикам ИЯИ РАН.

Перечень публикаций, непосредственно относящихся к данному представлению:

1. M.M. Boliev, S.V. Demidov, S.P. Mikheev, O.V. Suvorova, Search for muon signal from dark matter annihilations in the Sun with the Baksan Underground Scintillator Telescope, JCAP 1309 (2013) 019
2. Sergei Demidov, Olga Suvorova, Dark matter searches at Baksan Underground Scintillation Telescope, Proc.of 16th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics
3. M.M. Boliev, S.V. Demidov, O.V. Suvorova, Neutrino physics with the Baksan Underground Scintillation Telescope, Nuovo.Cim. C037 (2014) no.03, 193-195
4. A.D. Avrorin et al. (Baikal Collaboration), Search for neutrino emission from relic dark matter in the Sun with the Baikal NT200 detector, Astropart.Phys.62 (2015), 12-20
5. S.V. Demidov, O.V. Suvorova, Indirect searches for dark matter at Baksan and Baikal, Phys.Part.Nucl.46 (2015) no.2, 222-229
6. O.V. Suvorova, M.M. Boliev, S.V. Demidov, S.P. Mikheev, Upper limits on the cross section for elastic neutralino-nucleon scattering in a neutrino experiment at the Baksan Underground Scintillator Telescope, Ядерная Физика, 76 (2013) 1433-1442
7. Sergei Demidov, Olga Suvorova, Annihilation of NMSSM neutralinos and neutrino telescope limits, JCAP 1006 (2010) 018
8. A.D. Avrorin et al. (Baikal Collaboration) A search for neutrino signal from dark matter annihilation in the center of the Milky Way with Baikal NT200, Astropart.Phys. 81 (2016) 12-20
9. A.D. Avrorin et al. (Baikal Collaboration) Neutrino Signal at Baikal from Dark Matter in the Galactic Center, Phys.Part.Nucl.47 (2016) no.6, 926-932
10. A.D. Avrorin et al. (Baikal Collaboration) Sensitivity of the Baikal-GVD neutrino telescope to neutrino emission towards the center of the galactic dark matter halo, JETP Lett. 101 (2015) no.5, 289-294
11. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov, Non-minimal split supersymmetry, JHEP 0702 (2006) 055
12. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov, A.A. Tokareva, Positronium oscillations to Mirror World revisited, Phys.Rev., D85 (2013) 015022
13. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov, D.V. Kirpichnikov, Collider signatures of Hylogenesis, Phys.Rev.D91 (2015), no.3, 035005
14. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov, Nucleon-decay-like signatures of Hylogenesis, Phys.Rev.D93 (2016) no.3, 035009
15. S.V. Demidov, D.S. Gorbunov, SUSY in the sky or a keV signature of sub-GeV gravitino dark matter, Phys.Rev.D90 (2014) 035014