



АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

А К Ц И О Н Е Р Н О Е О Б Щ Е С Т В О
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

имени А.И. Лейпунского

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

№ _____

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

О выполнении диссертационной работы

А.А. Говердовский

2018 г.



Диссертация Ачаковского Олега Игоревича на тему «Микроскопическое описание характеристик основного состояния и возбуждений ядер в области энергии отделения нейтрона» выполнена в «Государственном научном центре Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского» (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»).

В период с 01 августа 2013 г. по 31 июля 2016 г. соискатель Ачаковский О.И. проходил обучение в очной аспирантуре «Государственного научного центра Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского». Соискатель окончил в 2013 г. государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Обнинский институт атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ) с присуждением степени магистра физики по направлению «Физика».

Справка об обучении в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2016 г. Акционерным Обществом «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского». Кандидатский экзамен по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» сдан в 2016 г. Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц» выдана Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт» в 2018 г.

Научные руководители: Камерджиев Сергей Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»; Авдеенков Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, заместитель генерального директора – руководитель Центра ответственности «Проектные коды» ГНЦ РФ – ФЭИ.

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение.

Цель работы является развитие и применение самосогласованного микроскопического подхода в теории ядра для анализа и расчетов некоторых характеристик основного и возбужденных состояний ядер в области энергий отделения нейтрона, таких как магнитные моменты, радиационные силовые функции и важнейшие характеристики ядерных реакций с участием гамма-квантов.

Актуальность работы.

Одной из центральных задач теории ядра является описание нестабильных ядер. Эта задача требует развития теории способной описывать все ядра с одним и тем же набором параметров. Среди таких теорий можно выделить теоретический подход, который может количественно описать характеристики основных и возбужденных состояний стабильных и нестабильных ядер, используя небольшое количество универсальных параметров, которые одинаковы для всех ядер, кроме самых легких. В частности, такой подход позволяет описать свойства основного состояния и возбуждений для ядер, которые далеки от долины стабильности и не поддаются феноменологическому описанию.

Дипольный магнитный момент атомного ядра является одним из основных характеристик ядра. Описание этой величины сыграло важную роль в развитии основных подходов в теории ядра. В последние годы возродился интерес к самосогласованному описанию свойств основного состояния ядра благодаря, например, спектроскопическим данным, полученных на современных ускорителях радиоактивных ионов, для ядер, удаленных от границы β -стабильности. Для ряда длинных цепочек изотопов стали доступны результаты о магнитных моментах, и естественно ожидать, что анализ этих данных позволит проследить изменения в свойствах основного состояния. Поэтому, учитывая прогресс как в технике эксперимента, так и в теории ядра, в данной работе рассматривается проблема теоретического описания магнитных моментов сферических нечетных и нечетно-нечетных ядер в рамках современного подхода - самосогласованной теории конечных ферми-систем. Так как большинство нечетно-нечетных ядер нестабильны и получение экспериментальных данных либо крайне трудоемко, либо невозможно, теоретическое описание свойств этих ядер представляет большой интерес.

Потребности современной астрофизики и атомной энергетики стимулируют быстрое развитие микроскопической описания возбуждений ядер. Одновременно с этим идет очень быстрое развитие техники физического эксперимента, включая многочисленные ускорители для изучения радиоактивных ядер, что уже даёт и будет давать огромное количество новой экспериментальной информации для таких ядер, которую невозможно понять без использования современной микроскопической теории. В последние 10-15 лет наблюдается все увеличивающийся интерес, как в теории, так и в эксперименте, к характеристикам возбуждений в широкой области вблизи энергии отделения нуклона. Одна из главных причин этого состоит в том, что в этой области расположен так называемый пигми дипольный резонанс (ПДР), являющийся объектом многих современных экспериментальных и теоретических исследований. Интерес к ПДР обусловлен также его большим количественным вкладом в процессы с участием гамма-лучей, имеющих место в ядерных реакторах и нейтронных звездах, например, при радиационном захвате нейтронов.

Радиационные силовые функции (РСФ) являются одними из важнейших составляющих для описания радиационного канала в ядерных реакциях, например, в реакции радиационного захвата нейтронов. Этот канал является почти универсальным каналом, так как гамма-излучение может сопровождать любое испускание частиц. Неослабевающий интерес к исследованиям радиационного захвата нейтронов обусловлен, с одной стороны, важной ролью этого процесса в изучении многих фундаментальных свойств ядерных реакций и, с другой стороны, широким применением данных о сечениях захвата в разнообразных приложениях ядерной физики. Сечениями радиационного захвата нейтронов в значительной мере определяются основные физические характеристики ядерных тепловых и быстрых реакторов. А при разработке инновационных ядерных реакторов (например, в рамках программы Generation-IV) также потребуется информация о сечениях реакций для многих нестабильных ядер. С радиационным захватом тесно связано применение методов активационного анализа в различных прикладных отраслях.

Для проверки результатов в области отделения нейтрона, мы также рассматриваем средние радиационные ширины нейтронных резонансов. Средние радиационные ширины

нейтронных резонансов, для которых есть большое количество экспериментальных данных, одна из самых важных интегральных характеристик интенсивности гамма-распада высокоэнергетических состояний ядра. Эти величины необходимы для расчета сечений радиационного захвата нейтронов и других реакций с участием гамма-квантов. Так как получение новых экспериментальных данных о свойствах ядерных реакций с участием гамма-квантов для нейтронно-избыточных и нестабильных ядер слишком дорого или даже невозможно, а феноменологические модели не способны описать характеристики этих ядер, то единственным выходом является использование микроскопических подходов (как уже было указано выше) за пределами уже стандартного квазичастичного метода хаотических фаз.

Достоверность полученных результатов подтверждена, во-первых, удовлетворительным описанием экспериментальных данных с помощью микроскопических расчетов. Во-вторых, были использованы самосогласованные микроскопические подходы для расчета одночастичных схем, которые были неоднократно проверены на других свойствах ядер и их параметры универсальны, т.е. одинаковы для всех ядер, кроме легких. Также наши результаты находятся в согласии с результатами работ других авторов.

Научная новизна.

1. Рассчитаны и предсказаны магнитные моменты нечетно-нечетных ядер и соответствующих нечетных сферических ядер в основном и возбужденных состояниях в рамках самосогласованной теории конечных ферми систем с универсальными для всех ядер параметрами энергетического функционала плотности Фаянса. Получено хорошее согласие с имеющимся экспериментом.

2. В рамках последовательного самосогласованного подхода изучено влияние эффектов квазичастично-фононного взаимодействия на РСФ. Впервые такой анализ выполнен для сечения радиационного захвата нейтронов, соответствующих нейтронно-захватных спектров гамма-квантов и средних радиационных ширин. Показана необходимость учета таких эффектов для всех этих характеристик.

3. Выполнен расчет и предсказаны РСФ, как в области энергий гигантского дипольного резонанса, так и пигми-дипольного резонанса, для ^{60}Ni и для нейтронно-избыточных нестабильных $^{70,72}\text{Ni}$, для которых в данный момент проводятся измерения в области энергий пигми-дипольного резонанса.

Теоретическая и практическая значимость работы. Развитые методы необходимы для объяснения настоящих и будущих экспериментов по изучению характеристик основного состояния и возбуждений ядер в области энергии отделения нейтрона, для расчета характеристик ядерных реакций с участием гамма-квантов, характеристик нестабильных ядер и полезны для анализа и предсказаний ядерных данных.

Личный вклад. Автор принимал активное участие в формулировании всех задач, отраженных в диссертации, в разработке методики использования микроскопических РСФ в программном комплексе EMPIRE и компьютерных программ для расчета магнитных моментов нечетных и нечетно-нечетных ядер, выполнил численные расчеты и интерпретировал их результаты, участвовал в написании статей по полученным результатам.

Полнота опубликования результатов. Основные результаты по теме диссертационной работы изложены в 13 печатных изданиях, 7 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК [1-7], 4 из которых изданы в зарегистрированных научных электронных изданиях [8-11], 2—в материалах международного семинара [12,13].

Список публикаций

1. С. П. Камерджиев, О.И. Ачаковский *и др.*; Самосогласованные подходы в микроскопической теории ядра. Статические моменты нечетно-нечетных ядер // *Ядерная физика*. 2014. Т. 77, № 1. С. 70-78.
2. O. Achakovskiy, S.P. Kamerdzhiev *et al.*; Magnetic moments of odd-odd spherical nuclei // *Eur. Phys. J. A*. 2014. Vol. 50, no. 6. P. 1-10.
3. С. П. Камерджиев, А.В. Авдеенков, О.И. Ачаковский; О некоторых проблемах описания и использования радиационных силовых функций // *Ядерная физика*. 2014. Т. 77, № 10. С. 1367-1375.
4. O. Achakovskiy, A. Avdeenkov *et al.*; Impact of phonon coupling on the photon strength function // *Phys. Rev. C*. 2015. Vol. 91. P. 034620.
5. С. П. Камерджиев, О. И. Ачаковский, А. В. Авдеенков; Микроскопическая природа радиационной силовой функции: структуры, связь с фононами // *Письма в ЖЭТФ*. 2015. Т. 101, № 11. С. 819-826.
6. S. P. Kamerdzhiev, O.I. Achakovskiy *et al.*; On microscopic theory of radiative nuclear reaction characteristics // *Phys. Atom. Nucl.* 2016. Vol. 79, no. 4. P. 567-580.
7. О. И. Ачаковский, С. П. Камерджиев, В. И. Целяев; Радиационная силовая функция и пигми-дипольный резонанс в ^{208}Pb и ^{70}Ni // *Письма в ЖЭТФ*. 2016. Т. 104, № 6. С. 387-392.
8. O. Achakovskiy, A. Avdeenkov *et al.*; Microscopic nature of the photon strength function: stable and unstable Ni and Sn isotopes // *EPJ Web of Conferences*. 2015. Vol. 93. P. 01034.
9. O. Achakovskiy, A. Avdeenkov, S. Kamerdzhiev; Impact of phonon coupling on the radiative nuclear reaction characteristics // *EPJ Web of Conferences*. 2016. Vol. 107. P. 05002.
10. O. Achakovskiy, S. Kamerdzhiev *et al.*; Microscopic calculations of the characteristics of radiative nuclear reactions for double-magic nuclei // *EPJ Web of Conferences*. 2016. Vol. 107. P. 05005.
11. O. Achakovskiy, S. Kamerdzhiev; Self-consistent calculations of radiative nuclear reaction characteristics for ^{56}Ni , ^{132}Sn , ^{208}Pb // *EPJ Web of Conferences*. 2016. Vol. 146. P. 05003.
12. O. I. Achakovskiy, A. V. Avdeenkov *et al.*; Impact of phonon coupling on the gamma-ray spectra // *Proceedings of the International Seminar on Interaction of Nuclei with Nucleons*. 2014. P. 207.
13. O. I. Achakovskiy, A.V. Avdeenkov, S.P. Kamerdzhiev; On the microscopic nature of the photon strength function // *Proceedings of the International Seminar on Interaction of Nuclei with Nucleons*. 2014. P. 213.

Апробация и внедрение результатов диссертации. Основные положения работы докладывались и обсуждались на следующих научных семинарах и конференциях:

1. Международная конференция "Ядро-2012" "Фундаментальные проблемы ядерной физики, атомной энергетики и ядерных технологий" (62 Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра), г. Воронеж, 25 июня - 30 июня 2012 г.
2. Всероссийский семинар "Гигантский дипольный резонанс. Результаты и перспективы" г. Москва, 06 февраля 2014 г.
3. 15-й международный симпозиум "Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics" г. Дрезден, 25 августа – 29 августа 2014 г.
4. Международный семинар "International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: "Fundamental Interactions and Neutrons, Nuclear Structure, Ultracold Neutrons, Related Topics" (ISINN 22), г. Дубна, 27 Мая - 30 Мая, 2014 г.
5. 5th Workshop on Nuclear Level Density and Gamma Strength, г. Осло, 18 Мая - 22 Мая 2015 г.
6. Международная конференция "Ядро-2015. Новые горизонты в области ядерной физики, атомной, фемто- и нанотехнологий" (65 Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра), г. Санкт-Петербург, 29 июня - 03 июля 2015 г.

7. Международная конференция "Nuclear Structure and Related Topics" ("Структура ядра и смежные проблемы"), г. Дубна, 14 июля- 18 июля 2015 г.

8. Международная конференция по ядерным данным для науки и технологии ND 2016, г. Брюгге, 11 Сентября – 16 Сентября 2016 г.

9. 6th Workshop on Nuclear Level Density and Gamma Strength, г. Осло, 8 Мая - 12 Мая 2017 г.

Диссертационная работа Ачаковского О.И. удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц» и является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация Ачаковского О.И. содержит новые научно обоснованные решения в области структуры ядра, ядерных реакций и ядерных данных.

Диссертационная работа «Микроскопическое описание характеристик основного состояния и возбуждений ядер в области энергии отделения нейтрона» Ачаковского Олега Игоревича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Диссертация заслушана на заседании НТС Центра ответственности «Проектные коды» АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» 14 марта 2018 г. (Выписка № 1 из протокола № 3 от 14.03.2018).

Присутствовало на заседании НТС Центра ответственности «Проектные коды» АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» 5 чел.

Результаты голосования: «за» 5 чел., «против» - чел., «воздержалось» - чел.

Заключение принято на заседании Президиума НТС АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» (выписка из протокола Президиума НТС АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» № 224/5-04/6 от 19.03.18).

Заместитель генерального директора
по науке и инновационной деятельности,
кандидат экономических наук



Н. Г. Айрапетова

Начальник отдела экспериментальной
ядерной физики,
доктор физико-математических наук



В. А. Хрячков