

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Нестеренко В.О. на диссертацию **Ачаковского Олега Игоревича** "Микроскопическое описание характеристик основного состояния и возбуждения ядер в области энергии отделения нейтрона" на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц, представленной в диссертационный совет Д 720.001.01 Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований

Известно, что исследование нечетных и нечетно-нечетных ядер представляет собой гораздо более сложную задачу, чем изучение четно-четных ядерных систем. Для этих ядер характерно наличие сразу нескольких нетривиальных эффектов одного порядка величины (связь нечетных частиц с возбуждениями кора, связь со сложными конфигурациями, спаривание, принцип Паули и т.д.). Корректный и одновременный учет этих эффектов является вызовом для современной теории. Работ на эту тему, особенно в рамках современных самосогласованных моделей (типа теории функционала плотности), пока мало. В то же время нечетные и нечетно-нечетные ядра составляют большинство ядерных систем и знание свойств этих ядер важно для решения широкого круга проблем фундаментальной и прикладной физики. В этом плане **актуальность** и значимость темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Большим достоинством диссертации является то, что автор проводит систематическое исследование, охватывающее более сотни ядер. Именно систематические исследования позволяют получить полную картину и выявить на общем фоне интересные исключения, говорящие о дополнительных эффектах. Более того, автор исследует ряд ядерных свойств: магнитные моменты, радиационные силовые функции и другие радиационные характеристики. Важно также то, что используются различные модели (от простых феноменологических до современных микроскопических типа самосогласованного метода хаотических фаз с силами Скирма в квазичастичном приближении временной блокировки) и проводится сравнение результатов для этих моделей. Полученные результаты могут быть использованы 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, изучения свойств нестабильных ядер, анализа и предсказаний ядерных данных. Результаты диссертации могут быть использованы в Физико-энергетическом институте им А.И. Лейпунского (Обнинск), Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований (Дубна) и других организациях. В итоге, **научная и практическая ценность** проведенных автором диссертации исследований несомненна.

Новизна результатов диссертации также очевидна. Это фактически первое систематическое вычисление дипольных магнитных моментов нечетных и нечетно-нечетных ядер, выполненное в рамках теории функционала плотности. Кроме того, это первый достаточно полный анализ сечений радиационного захвата нейтронов и соответствующих нейтронно-захватных спектров гамма-квантов и средних

радиационных ширин, проведенный в рамках последовательного самосогласованного подхода с учетом квазичастично-фононного взаимодействия. Следует также отметить интересное предсказание аномально сильного дипольного пикми-резонанса в ряде нейтронно-избыточных изотопов никеля.

Обоснованность полученных результатов обусловлена применением разнообразных ядерных моделей, включая современные самосогласованные микроскопические модели. Для численного расчета ядерных реакций использовались современные коды EMPIRE и TALYS. В большинстве случаев получено хорошее согласие расчетов с экспериментом. Результаты расчетов опубликованы в авторитетных научных журналах и многократно обсуждались на российских и международных конференциях. **Достоверность** полученных результатов не вызывает сомнений.

Необходимо отметить определяющий **личный вклад** О.И. Ачаковского в исследованиях, представленных в диссертации. Автор принимал активное участие в формулировке задач, разработке методики использования микроскопических радиационных силовых функций в программном комплексе EMPIRE и компьютерных программ для расчета магнитных моментов нечетных и нечетно-нечетных ядер. Автор выполнял численные расчеты, интерпретировал их результаты, участвовал в написании статей.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во **Введении** обосновывается актуальность исследований, приводится обзор научной литературы, формулируются цель, задачи научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** излагаются методы, использованные для расчета магнитных дипольных моментов нечетных и нечетно-нечетных ядер, радиационных силовых функций и радиационных характеристик ядерных реакций. В разделе 1.1 дается описание метода энергетического функционала плотности (ЭФП) Фаянса, используемого для вычисления магнитных моментов. Представлена методика расчета магнитных моментов нечетных сферических ядер. В разделе 1.2 описана методика расчета радиационной силовой функции. Подробно представлен квазичастичный метод хаотических фаз (КМХФ) в так называемом квазичастичном приближении временной блокировки (КПВБ). Описывается процедура силового согласования для выделения "духовых" примесей. В разделе 1.3 дается информация о программном комплексе EMPIRE, используемом для расчета сечений радиационного захвата нейтрона, нейтронно-захватных спектров гамма-квантов и средних радиационных ширин.

Вторая глава посвящена описанию и анализу результатов для магнитных моментов нечетных и нечетно-нечетных ядер в основном и возбужденных состояниях. Моменты вычислялись с использованием функционала Фаянса с набором параметров DF3-а. В разделе 2.1 рассматриваются результаты расчетов магнитных моментов 93 нечетных сферических ядер в основном и возбужденных состояниях. В разделе 2.2 представлены результаты расчетов магнитных моментов 46 нечетно-нечетных ядер. В расчетах пренебрегалось взаимодействием между нечетными квазичастицами, т.е. магнитные моменты нечетно-нечетных ядер вычислялись как сумма магнитных моментов соседних нечетных ядер. В целом получено хорошее согласие с экспериментом, подтверждающее, что пренебрежение взаимодействием

между нечетными квазичастицами является в целом удачным приближением. Имеется ряд исключений, которые анализируются в диссертации.

Третья глава посвящена самосогласованным микроскопическим расчетам радиационных силовых функций (РСФ) с использованием ЭФП с силами Скирма. Представлены результаты расчетов РСФ для 7 полумагических изотопов олова, 6 полумагических изотопов никеля и 3 дважды магических ядер ^{56}Ni , ^{132}Sn , ^{208}Pb . Расчеты выполнены в рамках микроскопического метода КМХФ+КПВБ. Для описания среднего поля использовался метод Хартри–Фока–Боголюбова с силами Скирма (SLy4 для изотопов олова и BSk17 для изотопов никеля). В рамках нового полностью самосогласованного подхода КПВБ с континуумом, используя параметризацию SV-m56k6 (специально разработанную для описания свойств дважды магических ядер), рассчитаны РСФ в ^{208}Pb . В отличие от феноменологических моделей (EGLO) микроскопическое описание дает структуры в области пигми дипольного резонанса (ПДР) в изотопах олова и ^{208}Pb . В $^{70,72}\text{Ni}$ получен ПДР с аномально большим вкладом в энергетически взвешенное правило сумм.

В **четвертой главе** представлены результаты расчета радиационных характеристик ядерных реакций, а именно сечений радиационного захвата нейтронов, соответствующих нейтронно-захватных спектров гамма-квантов и средних радиационных ширин. Расчеты выполнены с помощью кода EMPIRE с использованием рассчитанных микроскопических РСФ и, для сравнения, феноменологических РСФ, полученных в модели EGLO. Наилучшее согласие с экспериментальными данными получено при использовании сочетания КПВБ и микроскопической комбинаторной модели плотности ядерных уровней.

В **Заключении** приведены основные результаты работы, выносимые на защиту.

Диссертация написана на хорошем уровне, с представлением необходимого формализма и методик. Численные результаты подробно проанализированы. Показано хорошее знание современного состояния исследований в данной области, дано необходимое цитирование литературы.

По содержанию диссертации имеются следующие **замечания**.

1) В диссертации для расчетов магнитных моментов и РСФ используются разные функционалы и параметризации. Для магнитных моментов применяется функционал Фаянса с параметризацией DF3-а, а для РСФ – стандартный функционал Скирма с параметризациями SLy4 и BSk17. Хотя использование разных параметризаций для описания различных свойств ядер - общепринятая практика при работе с силами Скирма, остается неясным, почему нельзя было использовать функционал Фаянса для описания и магнитных моментов, и РСФ.

2) В нейтронно-избыточных $^{70-72}\text{Ni}$ предсказано наличие аномально сильного дипольного пигми-резонанса. Однако не объясняется, почему именно в этих ядрах и по каким физическим причинам может иметь место данный эффект.

3) Не исследована должным образом устойчивость полученных результатов к выбору разных параметризаций сил Скирма.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

В целом, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Она является значительным вкладом в изучение физики нечетных и нечетно-нечетных ядер. Впечатляют объем и полнота проведенных исследований, а также их высокий уровень. Основные результаты диссертации докладывались на международных конференциях и своевременно публиковались в ведущих российских и международных научных журналах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Рассматриваемая работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК и Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Ачаковский Олег Игоревич безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент:

Нестеренко Валентин Олегович

Ведущий научный сотрудник

16.08.2018

Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова

Объединенного института ядерных исследований,

д.ф.-м.н., снс

ул. Жолио-Кюри, д. 6, г. Дубна, 141980, Московская обл.

тел.: 8 (496) 216-33-43

e-mail: nester@theor.jinr.ru

Даю согласие на обработку моих персональных данных любым законодательно разрешенным способом.

Подпись официального оппонента В.О. Нестеренко заверяю:

Ученый секретарь ЛТФ ОИЯИ



А.В. Андреев