

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Сидорова Семёна Владимировича**  
**«Влияние тензорных сил и  $\Lambda N$ -взаимодействия с нарушением зарядовой**  
**симметрии на структуру экзотических ядер и  $\Lambda$ -гиперядер»,**  
**по специальности 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц,**  
**физика высоких энергий**

Диссертационная работа С.В. Сидорова посвящена изучению влияния двух явлений: тензорных корреляций и нарушения зарядовой симметрии на характеристики экзотических ядер и  $\Lambda$ -гиперядер. Появление новых экспериментальных возможностей по изучению радиоактивных ядер вдали от долины стабильности дает возможность для уточнения структуры нуклон-нуклонных или гиперон-нуклонных сил в условиях материи с существенным избытком нейтронов или протонов, что важно для дальнейшего использования этих взаимодействий в астрофизических и иных приложениях. С этой точки зрения актуальность тематики диссертации и обоснованность выбора объекта исследования не вызывают сомнений.

В качестве основы модельного описания ядерных систем использован метод Хартри-Фока с взаимодействием Скирма. Данный подход широко и успешно используется, что дает возможность на начальном этапе исследования в сравнении с литературными данными убедиться в достоверности результатов. С другой стороны, использование сил Скирма позволило диссертанту ввести в модель необходимые дополнения и в едином самосогласованном подходе рассмотреть как чисто нуклонные системы, так и  $\Lambda$ -гиперядра.

Диссертация написана ясным научным языком и хорошо структурирована.

Следует отметить **соответствие диссертации и автореферата.**

Относительно работы считаю говорить о недостатках в данном случае не уместно, вместо этого скорее правильно предложить дискуссионные вопросы:

По первой главе сразу хочется отметить понятную логику работы и ее изложение. Приведено сравнение результатов расчетов с наборами параметров традиционных вариантов взаимодействия Скирма и при тех же параметрах с добавлением тензорного взаимодействия. Рассмотрена эволюция энергий одночастичных уровней и удельная энергия связи. Это позволяет понять, что вводя новые члены во взаимодействие надо переопределять, по крайней мере, некоторые члены взаимодействия. Это сделано. Относительно члена спин-орбитального расщепления это демонстрирует рис. 1.3. У этих двух сил общее – они не являются центральными и отчасти дублируют друг друга.

Во второй главе вводится понятие тепловых квазичастиц, что не является предметом данной защиты, а лишь используется в качестве инструмента для описания условий коллапсирующей звездной среды. В настоящий момент такой прием еще не стал классическим. Имеется вопрос относительно введения оператора с тильдой, который трактуется как оператор снятия возбуждений. Тогда какова роль оператора уничтожения с тильдой. Так как в гамильтониане используются операторы с тильдой и без тильды, то это приводит к удвоению конфигурационного пространства, что вне физического смысла и должно приводить к соответствующему числу духовых состояний. Тем не менее, если это даже так, то данный прием улавливает важные тенденции, происходящие в коллапсирующей звездной среде. Альтернативой, казалось бы, могло быть моделирование условий равновесия при фиксированной температуре звездной среды прямых и обратных ядерных реакций по множеству каналов. Возможно используемая методика эффективно учитывает эти процессы. В результате учет экстремальной среды и тензорных корреляций оказались исключительно важными при описании слабых реакций, сопровождающих  $g$ -процесс в звёздах на стадии гравитационного коллапса. При этом происходит



увеличение суммарной силы ГТ переходов. Важно, что скорости  $\beta$ -распада и  $e$ -захвата могут возрастать на несколько порядков в зависимости от тензорных корреляций.

В третьей главе рассмотрено влияние тензорного и  $\Lambda N$ -взаимодействием на возможное нарушение зарядовой симметрии в экзотических  $\Lambda$ -гиперядрах. Сама по себе третья глава была бы достаточным и материалом для защиты диссертации. В этой главе был предложен способ учёта нарушения зарядовой симметрии в канале  $\Lambda N$ -взаимодействия в рамках подхода Скирма-Хартри-Фока для описания характеристик  $\Lambda$ -гиперядер. Рассчитана структура экзотических гиперядер с протонным избытком. Обращение к гиперядрам, по видимому, особенно актуально, так как в связи с бурным развитием ускорительной техники тема гиперядер может стать одной из приоритетной в ядерной физике. Наличие гиперона в ряде ядер делает его стабильным, расширяя область стабильных ядер. Одним из вопросов данной главы является вопрос о нарушении зарядовой симметрии взаимодействия  $\Lambda$ -гиперона и нуклонов. В наибольшей степени это касается  ${}^9_{\Lambda}\text{C}$  и  ${}^{23}_{\Lambda}\text{C}$ . Показано, что в приближении Скирма-Хартри-Фока нуклон-нуклонные тензорные силы не оказывают существенного влияния на свойства легких  $\Lambda$ -гиперядер.

В заключении приведены результаты работы, выделим некоторые из них:

- На основе подхода Хартри-Фока со взаимодействием Скирма с учетом тензорных сил и теории Бардина-Купера-Шриффера рассчитана одночастичная структура и основные характеристики нейтрон-избыточных изотопов кремния.
- Исследовано влияние тензорных сил на ход слабых реакций, протекающих в атомных ядрах в условиях горячей материи звезды, учитываемой с помощью теплоквазичастичного приближения случайных фаз и с учётом тензорного взаимодействия рассчитаны силовые распределения Гамов-Теллеровских переходов в изотопах  ${}^{56-78}\text{Ni}$ . Тензорные корреляциями приводят к существенному увеличению суммарной силы ГТ переходов. Как ре-

зультат, происходит ускорение процессов  $\beta^-$ -распада и  $e$ -захвата. Взаимное усиление тензорных корреляций и температурных эффектов важен при моделировании  $r$ -процесса, происходящего во время гравитационного коллапса звезды.

- В приближении Скирма-Хартри-Фока нуклон-нуклонные тензорные силы не оказывают существенного влияния на свойства лёгких  $\Lambda$ -гиперядер и вклад гиперон-нуклонных тензорных сил в плотность энергии  $\Lambda$ -гиперядер в основном состоянии тождественно равен нулю.
- Предложен способ учёта нарушения зарядовой симметрии в канале  $\Lambda N$ -взаимодействия в рамках подхода Скирма-Хартри-Фока для описания характеристик  $\Lambda$ -гиперядер. Рассчитана структура экзотических  $\Lambda$ -гиперядер углерода с использованием  $\Lambda N$ -взаимодействий с нарушением зарядовой симметрии.

Диссертация соответствует паспорту специальности **1.3.15 «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий»**, а именно ее направлению 1: «Структура атомных ядер – эксперимент и теория».

Диссертация в полной мере отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности **1.3.15 – Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий** (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.



Таким образом, соискатель **Сидоров Семен Владимирович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **1.3.15 – Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.**

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,

старший научный сотрудник,

отделение физики плазмы,

атомной физики и астрофизики,

циклотронная лаборатория

Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе



Ефимов Александр Дмитриевич

02.04.2024

Контактные данные оппонента:

тел.: +7(953)3590174, e-mail: Efimov98@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Адрес места работы:

194021, (Россия) г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26,

Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе.

Ioffe Institute, St.-Petersburg, Russia,

отделение физики плазмы, атомной физики и астрофизики,

циклотронная лаборатория

Тел.: (812) 297-2245; e-mail: post@mail.ioffe.ru

Подпись официального оппонента А.Д. Ефимова заверяю:

Ученый секретарь ФТИ им. А.Ф. Иоффе



М.И. Патров