

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского
государственного университета

С.В. Микушев

2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Ефимова Александра Дмитриевича «Микроскопическая версия модели взаимодействующих бозонов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертационная работа А.Д. Ефимова посвящена описанию коллективных состояний в переходных ядрах на основе бозонного представления парных фермионных операторов.

В диссертации построена теория, позволяющая на основе эффективных межнуклонных сил рассчитывать параметры бозонной модели, призванной описывать коллективные состояния квадрупольного типа. До последнего времени бозонные модели использовались как феноменологический способ описания возбужденных состояний ядер. Важность и актуальность этого исследования связана с потребностью понимания процессов, определяющих природу состояний в ядрах. Эта потребность растет по мере роста экспериментальных данных о возбужденных состояниях в ядрах в широком диапазоне энергий и моментов.

Отталкиваясь от общепризнанных способов теоретической физики, связанных со структурой ядра, а именно приближение Бардина–Купера–Шриффера и описание мод возбуждений как фононов в приближении метода случайной фазы (МСФ), была осуществлена необходимая модификация этих приближений для решения поставленной задачи. Для этого был развит вариационный метод определения микроскопической структуры коллективной квадрупольной моды возбуждения для переходных ядер. Необходимым элементом представленного исследования является последовательный учет связи коллективной квадрупольной и не коллективных мод возбуждения ядер. Именно учет этой связи позволил получить коллективный бозонный гамильтониан с реалистическими значениями его параметров.

Диссертация состоит из введения, семи глав, трех приложений, заключения, библиографии. Общий объем диссертации составляет 202 страницы.

Во введении обоснована актуальность и текущая разработанность темы. Сформулированы цели и задачи диссертационной работы, раскрыта научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан обзор научной литературы по проблеме описания коллективных состояний переходных ядер с помощью методов бозонного представления фермионных операторов. Были сформулированы необходимые требования, предъявляемые к развиваемой теории. Важнейшими из них являются: учет связи коллективных и неколлективных мод возбуждений с различными моментами; решение проблемы фазового перехода в МСФ; необходимость учета влияния большого числа бозонов, определяющих коллективные состояния, на структуру фононов и параметров сверхтекучести.

Во второй главе, самой значительной, описан вариационный метод определения микроскопической структуры коллективной квадрупольной моды возбуждения как для переходных ядер, характеризующихся большой амплитудой флуктуации формы ядра, так и для деформированных ядер. В первом приближении получены оценки бозонных параметров гамильтониана через амплитуды коллективных фононов, а также получена их перенормировка за счет широкого спектра неколлективных состояний.

В третьей главе получены системы уравнений для параметров преобразования Боголюбова, которые получены также на основе вариационного принципа. В этих уравнениях, как и в уравнениях для фононных амплитуд, учтено наличие произвольного числа бозонов в каждом рассматриваемом состоянии.

В четвертой главе представлены уравнения для фононных амплитуд в модифицированном квазичастичном методе случайной фазы (КМСФ). Финальные бозонные параметры получены как за счет связи коллективных и неколлективных мод, так и за счет перераспределения динамической части энергии квазичастично-фононного вакуума по ряду бозонных параметров.

В пятой главе рассмотрены бозонные электрические квадрупольные операторы, на которые отображаются соответствующие фермионные операторы. При этом помимо коллективных фононов рассмотрены неколлективные через эффекты перенормировок, что позволило получить значения приведенных вероятностей электрических квадрупольных переходов, соответствующие экспериментальным значениям, не вводя эффективных нуклонных зарядов.

В шестой главе приведены результаты расчетов в рамках изложенной в предыдущих главах теории свойств коллективных состояний в четно-четных ядрах в области массового числа $A \sim 120$ и сравнение их с экспериментальными данными. Было получено удовлетворительное описание энергий иррациональных до спина 8^+ , а также состояний β, γ -полос до спина 4^+ . Для описания состояний с более высокими спинами необходимо расширить бозонное пространство за счет высокоспиновых бозонов.

В седьмой главе для описания эффекта пересечения полос бозонный базис был явно расширен за счет высокоспиновых компонент. Энергии соответствующих мод и взаимодействие состояний, содержащих эти моды, с прочими состояниями получены на микроскопической основе с использованием эффективных межнуклонных мод. Это позволило впервые получить согласующееся с экспериментом описание приведенных вероятностей электрических квадрупольных переходов в области пересечения ротационных полос.

В трех приложениях приведены выражения для матричных элементов гамильтониана между многофононными состояниями, изложена техника суммирования по неколлективным тамм-данковским фононам и фононам КМСФ.

В заключении представлены полученные в диссертации новые важные результаты. Среди них отметим следующие:

- Разработан и получил применение теоретический подход, позволяющий описывать на микроскопической основе свойства коллективных квадрупольных состояний переходных ядер.
- Разработан вариационный метод определения микроскопической структуры коллективной квадрупольной моды возбуждения для переходных и деформированных ядер.
- На основе межнуклонных взаимодействий определены все параметры бозонного гамильтониана и оператора электрических квадрупольных переходов.
- Расширение бозонного пространства за счет дополнительных мод на микроскопической основе позволило получить согласующееся с экспериментом описание приведенных вероятностей электрических квадрупольных переходов в области пересечения ротационных полос.

Диссертационная работа содержит большой объем материала. К наиболее значимым результатам следует отнести микроскопический расчет параметров операторов бозонной модели и описание эффекта пересечения полос. Это

открывает новые возможности в трактовке коллективных состояний в терминах квазичастичных и фононных мод возбуждений.

Замечания и пожелания.

1. В качестве замечаний к диссертационной работе А.Д. Ефимова, отметим, что при решении нелинейных уравнений слабо освещен сам метод их решения и не обсуждался вопрос о единственности полученных решений. Естественно это не влияет на общую высокую оценку диссертации и не снижает ее научной ценности.
2. Каждое коллективное состояние, представленное в приведенных вычислениях, характеризуется своим набором бозонных параметров, параметров преобразования Боголюбова, фононных амплитуд. Из изложения не ясно, учитывалось ли это различие при вычислении вероятности переходов между различными состояниями. Такой вопрос обычно возникает в кренкинг модели.
3. При описании квадрупольных моментов первого возбуждения, оказалось, что его значение в основном определяется взаимным расположением одночастичных состояний нейтронной оболочки. Так как в работе эффективных зарядов не вводилось, то есть нейтронный заряд равен нулю, поэтому хотелось бы иметь подробный комментарий по этому поводу.

Автореферат полно отражает содержание диссертации. Содержание диссертации и полученные в ней результаты изложены в 17 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus, в том числе в Physical Review C, и в Eur. Phys. J. A. и неоднократно докладывались на международных научных конференциях. Полученные при выполнении диссертации результаты найдут применение в решении более широкого класса ядерных задач. Прежде всего это касается описания коллективных полос в нечетных и нечетно-нечетных ядрах.

Результаты диссертационной работы были доложены, обсуждены и одобрены на семинаре кафедры вычислительной физики Санкт-Петербургского государственного университета 9 апреля 2019 года.

Диссертация А.Д. Ефимова «Микроскопическая версия модели взаимодействующих бозонов» отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц, а ее автор Ефимов Александр Дмитриевич безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Отзыв составил:
Заведующий кафедрой вычислительной физики
Санкт-Петербургского государственного университета
д.ф.-м.н., профессор



С.Л. Яковлев

Подпись С.Л. Яковлев «удостоверяю»

Сведения о ведущей организации

Санкт-Петербургский государственный университет
Адрес: 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9
Тел: +7 (812) 328–20–00
E-mail: spbu@spbu.ru

Личную подпись заверяю
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3

Н. И.



23.04.2019

