

4 - 12835

Нестеренко
Валентин Олегович

ПОЛУМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
ГИГАНТСКИХ РЕЗОНАНСОВ
В ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДРАХ

Специальность 01.04.16

- физика атомного ядра и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель —
кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Л.А.МАЛОВ

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

кандидат физико-математических наук

С.И.ДРОЗДОВ

Н.Г.ГОНЧАРОВА

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Физико-энергетический институт, г. Обнинск

Автореферат разослан " " 1979 года

Защита диссертации состоится " " 1979 года
на заседании Специализированного ученого совета К-047.01.01
Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных
исследований (Московская обл., г. Дубна).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

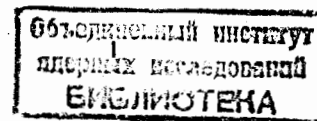
В.И.ЖУРАВЛЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Полумикроскопические методы исследования структуры атомного ядра являются сейчас, пожалуй, одними из наиболее продуктивных. В частности, больших успехов в изучении сложных ядер добилась квазичастично-фононная модель ядра^{1,2/}. В основу этой модели положены математические методы, разработанные для системы многих тел Н.Н.Боголюбовым^{3,4/}, Дж.Бардином, Л.Купером и Дж.Шриффером^{5/}, работы В.Г.Соловьева^{6/} и С.Т.Беляева^{7/} по парным корреляциям сверхпроводящего типа, а также ряд новых идей, касающихся эффективного взаимодействия нуклонов в ядрах. Успехи квазичастично-фононной модели в описании низколежащих состояний большого числа ядер создали хорошую основу для дальнейшего ее развития на область высоковозбужденных состояний. В настоящее время данная модель позволяет единым образом описывать состояния ядра при низких, промежуточных и высоких энергиях возбуждения. Это дало возможность применить ее к изучению мультипольных гигантских резонансов.

Гигантские резонансы (ГР) являются общим свойством атомных ядер, что делает проблему их изучения одной из наиболее актуальных. Исследование ГР позволяет значительно продвинуться в качественной и количественной интерпретации непрерывного спектра, способствует решению вопроса о фрагментации простых конфигураций волновой функции по более сложным, дает информацию о параметрах остаточных сил и о ряде динамических характеристик ядра, например, о сжимаемости. Изучение ГР также дает возможность лучше понять механизмы некоторых процессов (рассеяние адронов на ядрах, взаимодействие тяжелых ионов и т.д.). Повышенный интерес к ГР объясняется также тем, что в последние годы значительно возросли объем и качество необходимой экспериментальной информации. В частности, появились данные о так называемых новых ГР (отличных от Е1-резонанса). Это привело к постановке таких задач, как детальное изучение Е2-, Е3- и М1-резонансов, для которых по сравнению с другими новыми ГР собран наибольший экспериментальный материал, а также исследование вопроса о возможности существования ГР более высокой мультипольности.

Решение этих задач наталкивается на серьезные трудности в



случае деформированных ядер: высокая плотность состояний в этих ядрах заставляет работать с большим конфигурационным пространством, что усложняет расчеты. Но, с другой стороны, данная особенность деформированных ядер позволяет предполагать, что в этих ядрах фрагментация простых конфигураций по более сложным слабо скажется на основных характеристиках ГР и, следовательно, эти характеристики будут хорошо описываться уже в приближении хаотических фаз (RPA). Расчеты с учетом ангармонических эффектов подтверждают это предположение^{8/}.

В свою очередь, исследование ангармонических эффектов, изучение неротационных состояний в нечетных ядрах и ряд других задач требуют создания однофононного базиса, достаточно широкого по энергии возбуждения и проверенного на расчетах ГР.

Эффективный аппарат для изучения ГР дает квазичастично-фононная модель ядра^{1,2/}.

Цель работ. Развить в рамках квазичастично-фононной модели ядра формализм, позволяющий описывать высоковозбужденные неротационные состояния в деформированных ядрах, и с помощью этого формализма исследовать в однофононном приближении (RPA) новые ГР в четно-четных деформированных ядрах. Получить однофононный базис, хорошо апробированный в расчетах неротационных состояний в широкой области энергии возбуждения ядра.

Научная новизна и практическая ценность. В диссертации продемонстрированы широкие возможности квазичастично-фононной модели по изучению высоковозбужденных состояний в деформированных ядрах.

Новым вкладом является дальнейшее развитие математического аппарата модели, позволяющее исследовать в рамках RPA изоскалярные и изовекторные ГР в четно-четных ядрах как путем изучения структуры отдельных однофононных состояний, так и путем расчета соответствующих силовых функций. Предлагаемая при этом оригинальная формулировка метода силовых функций радикально упрощает расчеты ГР.

На основе^{9/}, впервые получены в аналитическом виде приближенные выражения для энергий и волновых функций неротационных состояний нечетных ядер в случае, когда волновая функция содержит трехфононную компоненту.

На примере квадрупольных ГР показано, что гармонические (RPA) расчеты в рамках квазичастично-фононной модели являются хорошим

приближением для описания основных свойств ГР в деформированных ядрах.

Впервые проведено широкое полумикроскопическое исследование октупольных ГР. Характеристики этих ГР вычислены для большой группы ядер. Полученные результаты могут быть полезны при поиске октупольных ГР на эксперименте.

Новым вкладом являются расчеты силовых функций приведенной вероятности $E\lambda$ ($\lambda = 4, 5, 6, 7$) - и $M\lambda$ ($\lambda = 2, 3$) - переходов, предложенные для ряда ядер в широкой области энергий возбуждения. Эти расчеты указывают на возможность существования в деформированных ядрах гигантских B_4 -, B_5 - и M_2 -резонансов^{x)}.

Впервые поднят и изучен вопрос о возможности значительного расщепления (уширения) M_1 -резонанса в деформированных ядрах, рассмотрены причины такого расщепления.

Проведенные в диссертации исследования служат дальнейшему развитию квазичастично-фононной модели. Они не только дают новую информацию о ГР, но и позволяют создать достаточно надежный однофононный базис, необходимый для решения широкого круга физических задач.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, на 27-, 28-, 29-ом совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, на Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра (Дубна, 1976 г.), на IV Международном семинаре "Электромагнитные взаимодействия ядер при малых и средних энергиях" (Москва, 1977), на XI Международной летней школе по ядерной физике (ПНР, Миколайки, 1978 г.), на Международной конференции "Ядерная физика и электромагнитные взаимодействия" (ФРГ, Майнц, 1979 г.).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано восемь работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения; она содержит 121 страницу машинописного текста, 15 рисунков, 10 таблиц и библиографический список из 115 названий.

x) Нижний индекс означает изоспин резонанса.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит краткую характеристику квазичастично-фононной модели ядра и ее применения для решения широкого класса задач по изучению структуры сложных ядер. Далее кратко обрисовывается проблема ГР, раскрывается ее актуальность. Дается краткий обзор экспериментального материала и теоретических исследований по новым ГР в деформированных ядрах. Ставится задача полумикроскопического описания новых ГР в деформированных ядрах в рамках квазичастично-фононной модели.

В первой главе развивается математический аппарат квазичастично-фононной модели, на основе которого проведены дальнейшие расчеты.

В § I дана формулировка модели, позволяющая описывать в рамках RPA структуру неротационных состояний четно-четных деформированных ядер при одновременном учете изоскалярной и изовекторной компонент остаточных сил. Гамильтониан системы включает среднее поле Саксона-Вудса, парные корреляции сверхпроводящего типа и остаточные мультипольные или спин-мультипольные силы. Полученные формулы могут быть использованы для изучения однофононных состояний при низких, промежуточных и высоких энергиях возбуждения.

В § 2 развивается применительно к данной модели метод силовых функций, предложенный в [10]. С помощью этого метода для случая четно-четных деформированных ядер выводятся выражения для силовых функций $B(E\lambda(M\lambda), \omega)$ приведенных вероятностей $E\lambda(M\lambda)$ -переходов, имеющих вид

$$B(E\lambda(M\lambda), \omega) = \frac{\Delta}{2\pi} \sum_{\pm} \frac{B(E\lambda(M\lambda), 0 \rightarrow \omega_{\pm})}{(\omega - \omega_{\pm})^2 + (\Delta/2)^2}$$

Здесь $B(E\lambda(M\lambda), 0 \rightarrow \omega_{\pm})$ - приведенная вероятность $E\lambda(M\lambda)$ - перехода из основного состояния ядра на однофононное (или на ротационную полосу однофононного состояния) с энергией ω_{\pm} , Δ - параметр усреднения, значение которого берется много меньше энергетической области локализации ГР. Использование силовых функций позволяет рассчитывать приведенные вероятности переходов в широком интервале энергии возбуждения, не решая при этом секулярного уравнения для каждого состояния ядра. Такой подход радикально упрощает вычисление характеристик ГР.

В § 3 получены в аналитическом виде приближенные выражения для энергий и волновых функций неротационных состояний нечетных деформи-

рованных ядер в случае, когда волновая функция содержит трехфононную компоненту. При этом используется метод [9], заключающийся в том, что вблизи каждого определенного вида полюса системы основных уравнений ищется для этой системы соответствующее приближенное решение. В системе уравнений учитываются все когерентные, а также полусные некогерентные члены. Полученные выражения, являющиеся одним из вариантов выхода за рамки RPA, могут быть полезны при исследовании многоквазичастичных компонент волновых функций высоковозбужденных состояний (например, в области энергии связи нейтрона).

Во второй главе диссертации анализируются результаты расчетов электрических ГР в четно-четных деформированных ядрах. Для широкой области энергии возбуждения ядра рассматриваются $E\lambda$ -переходы с $4 \leq \lambda \leq 7$. Все расчеты выполнены в рамках RPA с использованием аппарата квазичастично-фононной модели, изложенного в первой главе. Основная часть результатов получена путем вычисления силовых функций.

Параметры потенциала Саксона-Вудса взяты из работ [11]. В расчетах учитывается широкий одночастичный базис с энергиями уровней от -36 до +40 МэВ. Константы парных корреляций подбираются по парным энергиям. В качестве остаточного взаимодействия взяты мультипольные силы. В случаях $\lambda = 2$ и 3 изоскалярная и изовекторная константы мультипольных сил $\chi_0^{(\lambda)}$ и $\chi_1^{(\lambda)}$ фиксируются так, чтобы правильно описывались энергии ближайших неротационных состояний с $I^{\pi} = 2^{+}$ и 3^{-} , а также энергии $E2_{1}^{-}$ и $E3_{1}^{-}$ -резонансов, полученные или из эксперимента ($\lambda = 2$), или с помощью гидродинамической оценки ($\lambda = 3$).

В § I на примере ядра ^{238}U , для которого имеется наиболее полный экспериментальный материал по новым ГР, рассматриваются свойства гигантских $E2_{0}^{-}$ и $E2_{1}^{-}$ -резонансов. Получено неплохое согласие результатов расчетов с экспериментом [12]. Это говорит о том, что гармонические (RPA) расчеты в рамках квазичастично-фононной модели являются достаточно хорошим приближением для описания основных свойств ГР (энергия резонанса, энергетическая область его локализации, вклад в безмодельное энергетически взвешенное правило сумм (EWSR)) в деформированных ядрах.

В § 2 проведено широкое исследование октупольных ГР трех типов: низкоэнергетического $E3_{0}^{-}$ -резонанса и высокоэнергетических $E3_{0}^{-}$ и $E3_{1}^{-}$ -резонансов. Все эти резонансы довольно четко видны на рис. I, где

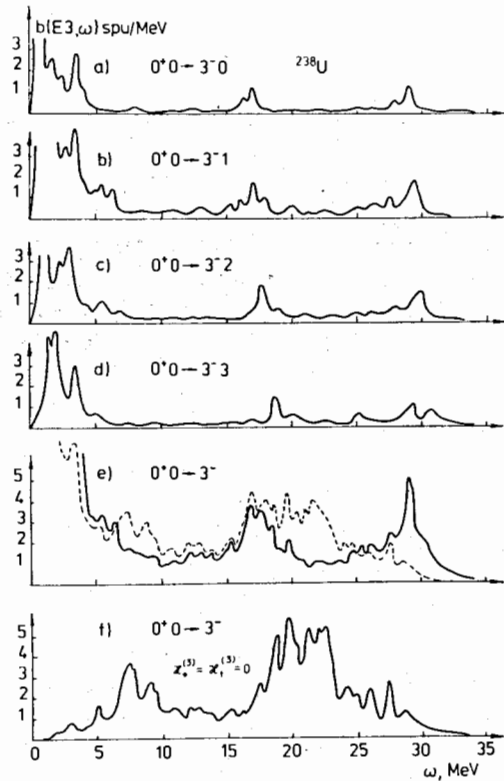


Рис. 1. Силовые функции $b(E3, \omega)$ в ^{238}U для отдельных проекций $K=0, 1, 2, 3$ (рис. а)-d) и суммарные по K (рис. е, f)). Сплошные кривые на рис. а)-е) получены при $x_1^{(3)}/x_0^{(3)} = -1, 5$, штриховая кривая на рис. е) - при $x_1^{(3)} = 0$, сплошная кривая на рис. f) - при $x_0^{(3)} = x_1^{(3)} = 0$.

в качестве типичного примера изображены силовые функции $E3$ -переходов в ^{238}U . В этом ядре октупольные ГР расположены соответственно при энергиях 2-7 МэВ, 16-21 МэВ и 34-38 МэВ. Сложная форма этих резонансов обусловлена тем, что в их формировании участвует от 10 до 30 коллективных состояний.

В параграфе представлены и проанализированы результаты расчетов основных характеристик всех трех типов октупольных ГР для большой группы редкоземельных и трансурановых ядер. Показано, что вычисленная зависимость энергии высокоэнергетического $E3_0$ -резонанса от массового числа A близка к экспериментальной оценке $105 A^{-1/3}$ МэВ. Для ^{154}Sm получено удовлетворительное согласие теоретических и экспериментальных $^{1/3}$ значений вкладов низкоэнергетического $E3_0$ -резонанса в $EWSK$. Силовые функции в ^{154}Sm в области этого ГР изображены на рис. 2. Функция $b(\tau=0, \lambda=3, \omega)$ вычислена для оператора перехода, имеющего вид $M(\tau=0, \lambda=3) = (Z/A) \sum_{i=1}^A r_i^\lambda Y_{\lambda\mu}(\Omega_i)$.

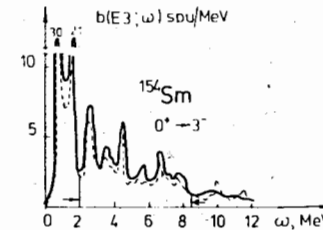


Рис. 2. Суммарные по проекции K силовые функции приведенной вероятности электрических переходов $b(E3, \omega)$ (сплошная кривая) и изоскалярных переходов $b(\tau=0, \lambda=3, \omega)$ (штриховая кривая) в ^{154}Sm . Стрелками выделена область локализации низкоэнергетического $E3_0$ -резонанса

Полученные в данном параграфе результаты указывают на то, что в деформированных ядрах должны существовать все три перечисленных типа октупольных ГР. Эти результаты могут быть полезны при поиске октупольных ГР на эксперименте.

В § 3 для широкого интервала энергии возбуждения рассмотрены $E\lambda$ -переходы с $4 \leq \lambda \leq 7$. Основное внимание при этом уделяется вопросу о существовании электрических ГР высокой мультипольности ($\lambda \geq 4$). Для констант $\chi_0^{(\lambda)}$ и $\chi_1^{(\lambda)}$ за основу берутся оценки, полученные О. Бором и Б. Моттельсоном из довольно общих физических соображений^{/14/}.

$$\chi_0^{(\lambda)} = \frac{4\pi}{2\lambda+1} \frac{m\omega_0^2}{A \langle r^{2\lambda-2} \rangle} \text{ МэВ} \cdot \text{ф.и.}^{-2\lambda}; \quad \chi_1^{(\lambda)} = -\frac{\pi V}{A \langle r^{2\lambda} \rangle} \text{ МэВ} \cdot \text{ф.и.}^{-2\lambda}, \quad (I)$$

где $V = 120$ МэВ. Результаты, полученные с этими оценками, исследуются на устойчивость к изменению констант $\chi_0^{(\lambda)}$ и $\chi_1^{(\lambda)}$ в широких, но физически разумных пределах.

Проведенные расчеты указывают на возможность существования в деформированных ядрах гигантских $E4_0$ - и $E5_0$ -резонансов. На рис. 3а) и 3б) эти резонансы расположены соответственно при энергиях 10-18 МэВ и 20-30 МэВ. Из рисунков видно, что несмотря на изменение $\chi_0^{(\lambda)}$ в широких пределах, данные резонансные области остаются хорошо выделенными, хотя и сдвигаются несколько по энергии.

В случае $\lambda = 5$ и 6, как показывают расчеты, можно говорить только о распределении силы $E5$ - и $E6$ -переходов по широкому интервалу энергии.

В третьей главе диссертации в рамках квазичастично-фононной модели в однофононном приближении проводится исследование магнитных ГР в четно-четных деформированных ядрах. Для широкой области энергии возбуждения изучаются $M\lambda$ -переходы с $\lambda = 1, 2$ и 3.

Одночастичный базис и спаривательное взаимодействие взяты такими же, как во второй главе. Остаточное взаимодействие составляют спин-мультипольные силы типа $r^{\lambda-1} \{ \delta \bar{Y}_{\lambda-1} \}_{\lambda\mu}$. Для вычисления изоскалярной и изовекторной констант спин-мультипольных сил $\chi_0^{(\lambda)}$ и $\chi_1^{(\lambda)}$ используется формула^{/15/}

$$\chi_0^{(\lambda)} = \chi_1^{(\lambda)} = -\frac{4\pi \cdot 44}{A \langle r^{2\lambda-2} \rangle} \text{ МэВ} \cdot \text{ф.и.}^{-(2\lambda-2)}, \quad (2)$$

а в случаях $\lambda = 2, 3$ также и формула^{/16/}

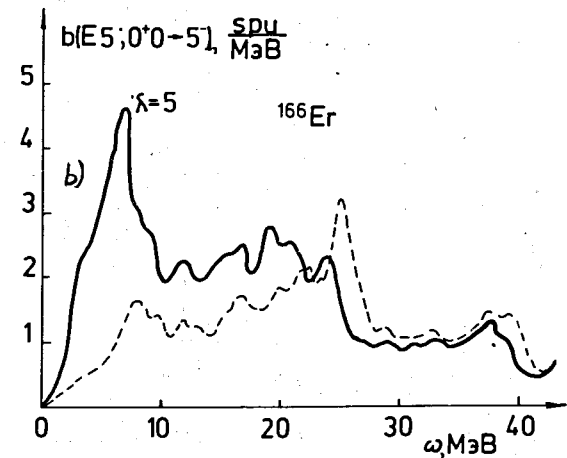
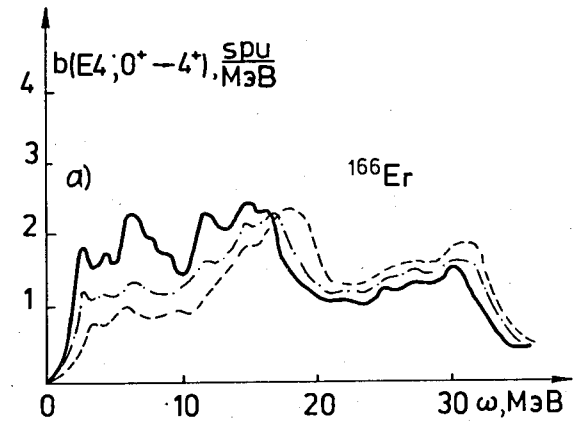


Рис. 3. Суммарные по К силовые функции $b(E4; 0^+ \rightarrow 4^+)$ (рис. а) и $b(E5; 0^+ \rightarrow 5^-)$ (рис. б)) в ^{166}Er . Сплошные кривые получены с использованием оценок (I); штрих-пунктирная кривая на рис. а) - при $\chi_0^{(\lambda)}$, уменьшенной на 17%; штриховые кривые - при $\chi_0^{(\lambda)}$, уменьшенных в 10 раз (рис. а) и в 50 раз (рис. б))

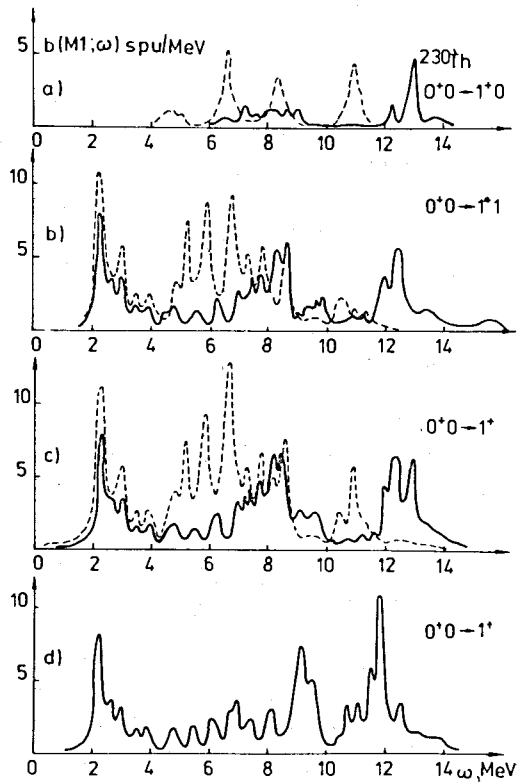


Рис. 4. Силовые функции $b(M1, \omega)$ в ^{230}Th для отдельных проекций $K=0, I$ (рис. а), б) и суммарные по K (рис. с), д)). Рис. а), б), с) получены при $x_0^{(0)}$ и $x_1^{(0)}$, вычисленных по формуле (2) (сплошная кривая) и при $x_0^{(0)} = x_1^{(0)} = 0$ (штриховая кривая). Рис. д) получен при $x_0^{(0)} = 0$ и $x_1^{(0)}$, вычисленной по формуле (2)

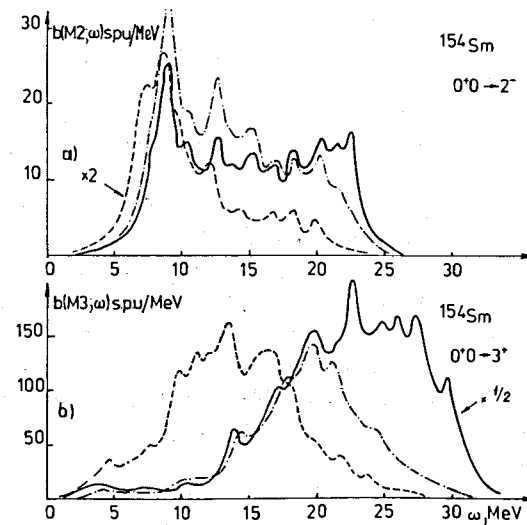


Рис. 5. Суммарные по K силовые функции $b(M2, \omega)$ и $b(M3, \omega)$ в ^{154}Sm . Расчеты проведены при $x_0^{(2)} = x_1^{(2)} = x_0^{(3)} = x_1^{(3)} = 0$ (штриховая кривая) и при значениях констант, полученных по формулам (2) (сплошная кривая) и (3) (штрих-пунктирная кривая)

$$\chi_0^{(\lambda)} = \chi_1^{(\lambda)} = - \frac{4\pi \cdot 28}{A < \Gamma \lambda^{-1} >^2} M \approx B \cdot \varphi_{\lambda}^{-(2\lambda-2)} \quad (3)$$

Численный коэффициент в (2) подобран в соответствии с величинами $\chi_0^{(\lambda)}$ и $\chi_1^{(\lambda)}$ в [17]. Для спинового и орбитального гироматнитных факторов взяты вакуумные значения.

В § I рассматриваются свойства гигантского $M1_1$ -резонанса в редкоземельных и трансурановых ядрах.

Расчеты показывают, что в деформированных ядрах возможно значительное расщепление (уширение) $M1_1$ -резонанса, в результате чего его область локализации может достигать 5-7 МэВ. При этом низкоэнергетическая часть $M1_1$ -резонанса в основном формируется за счет протонных состояний, а высокоэнергетическая - за счет нейтронных. На рис. 4 для ^{230}Th , например, видно, что $M1_1$ -резонанс расщеплен на две части, расположенные при энергиях ~8 и ~13 МэВ.

Исследования показали, что значительное расщепление (уширение) $M1_1$ -резонанса может быть вызвано следующими причинами: 1) нейтронные спин-орбитальные партнеры, образующие $M1_1$ -резонанс, обладают большим орбитальным числом ℓ , чем протонные; 2) в одночастичных потенциалах Саксона-Вудса [11] и Нильссона нейтронные силовые параметры спин-орбитального взаимодействия больше протонных [11, 14]; 3) отсутствует (np)-взаимодействие.

Также в § I для ряда ядер рассчитываются средние приведенные радиационные ширины \bar{K}_{M1} и отношения средних ширин $\bar{\Gamma}_{E1} / \bar{\Gamma}_{M1}$ в области энергии связи нейтрона.

В § 2 для редкоземельных ядер проведено исследование $M2$ - и $M3$ -переходов в широком интервале энергии возбуждения. Показано, что в случае $\lambda = 2$ при энергии 5-12 МэВ имеется достаточно хорошо выделенная резонансная область, которую можно рассматривать как гигантский $M2_1$ -резонанс. Эта область четко проявляется на рис. 5а). В свою очередь, из рис. 5б) видно, что в случае $\lambda = 3$ можно говорить лишь о распределении силы $M3$ -переходов по широкому интервалу энергии.

В заключении диссертации перечисляются основные выводы.

Основные результаты диссертации, выдвигаемые для защиты

1. В рамках квазичастично-фононной модели ядра развит аппарат, позволяющий одновременно учитывать изоскалярные и изовекторные остаточные силы. С помощью данного аппарата можно исследовать структуру однофононных состояний четно-четных деформированных ядер в широкой области энергии возбуждения.

2. Разработан метод расчета силовых функций приведенных вероятностей $E\lambda$ - и $M\lambda$ -переходов, для случая четно-четных ядер получены соответствующие формулы. Использование указанных силовых функций позволяет существенно упростить расчеты ГР.

3. Выведены приближенные аналитические выражения для энергий и волновых функций неротационных состояний нечетных ядер в случае, когда волновая функция имеет трехфононную компоненту.

4. Вычислены основные характеристики квадрупольных ГР в ^{238}U . Сравнение полученных результатов с экспериментом свидетельствует о том, что гармонические (ГРА) расчеты в рамках квазичастично-фононной модели являются хорошим приближением для описания основных свойств ГР в деформированных ядрах.

5. Проведено широкое исследование низкоэнергетического $E3_0$ -резонанса и высокоэнергетических $E3_0$ - и $E3_1$ -резонансов. Основные характеристики этих ГР вычислены для большой группы ядер. Полученные результаты указывают на то, что все эти три типа октупольных ГР должны существовать в деформированных ядрах.

6. Исследованы характеристики $M1_1$ -резонанса в ряде редкоземельных и трансурановых ядер. Показано, что в деформированных ядрах возможно значительное расщепление (уширение) $M1_1$ -резонанса, при котором область его локализации может достигать 5-7 МэВ. Рассмотрены причины такого расщепления.

7. Для широкого интервала энергии возбуждения ядра рассчитаны и проанализированы силовые функции приведенных вероятностей $E\lambda$ -переходов с $4 \leq \lambda \leq 7$ и $M\lambda$ -переходов с $\lambda = 2, 3$. Результаты расчетов указывают на возможность существования в деформированных ядрах $E4_0$ -, $E5_0$ - и $M2_1$ -резонансов.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

- Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. ТМФ, 32, 134 (1977);
препринт ОИЯИ В4-10165, Дубна, 1976.
Л.А.Малов, В.О.Нестеренко. Сообщение ОИЯИ Р4-8206, Дубна, 1974.
Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. В кн.: Труды Междуна-
родной конференции по избранным вопросам структуры ядра (Дубна,
1976), т. 2, ОИЯИ, Д-9920, (1976).
Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. Phys.Lett., 64B, 247
(1976); препринт ОИЯИ Р4-9879, Дубна, 1976.
Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. J. Phys. G: Nucl.Phys.
3, L219 (1977); препринт ОИЯИ Р4-10454, Дубна, 1977.
М.А.Киселев, Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. Изв. АН
СССР, сер. физ., 42, 1842 (1978); препринт ОИЯИ В4-III121,
Дубна, 1977.
В.О.Нестеренко. Сообщение ОИЯИ Р4-12490, Дубна, 1979.
В.О.Нестеренко. Сообщение ОИЯИ Р4-12513, Дубна, 1979.

Л и т е р а т у р а

1. В.Г.Соловьев. Теория сложных ядер. М., Наука, 1971.
2. В.Г.Соловьев. ЭЧАЯ, 9, 580 (1978).
3. Н.Н.Боголюбов. ЖЭТФ, 34, 73 (1958).
4. Н.Н.Боголюбов. Лекции по квантовой статистике. Киев, изд. "Ра-
дянська школа", 1947.
5. J.Bardeen, L.N.Cooper, J.R.Schrieffer. Phys. Rev., 108, 1175,
(1957).
6. В.Г.Соловьев. ЖЭТФ, 35, 823 (1958); 36, 1869 (1959).
7. S.T.Beliaev. Mat.Fys.Medd.Dan.Vid.Selsk.,31, No 11 (1959).
8. Г.Кырчев, Л.А.Малов. Изв. АН СССР, сер. физ., 43, 2060 (1979).
9. Л.А.Малов, В.Г.Соловьев. Препринт ОИЯИ Р4-7639, Дубна (1973).
10. О.Бор, Б.Моттelson. Структура атомного ядра, т. I, М., Мир,
1971.
11. Ф.А.Гареев и др. ЭЧАЯ, 4, 357 (1973); F.A.Gareev et al. Nucl.
Phys., A171, 134(1971); С.П.Иванова и др., ЭЧАЯ, 7, 450 (1976).
12. W.A.Houk et al. Preprint Naval Postgraduate School, Monterey,
USA, 1977.

13. J.M.Moss et al. Phys. Lett., 53B, 51 (1974).
14. О.Бор, Б.Моттelson. Структура атомного ядра, т. 2, М., Мир,
1977.
15. B.Castel, X.Namamoto. Phys. Lett., 65B, 27 (1976).
16. V.Yu.Ponomarev et al. Nucl. Phys., A323, 446 (1979).
17. А.А.Кулиев, Н.И.Пятов. ЯФ, 9, 313 (1969); S.I.Gabrilov et al.,
Nucl.Phys., A182, 625 (1972).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 октября 1979 года.