

Г-657

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4 - 12165

ГОНЧАРОВ
Сергей Антонович

ЭФФЕКТЫ СМЕШИВАНИЯ КОНФИГУРАЦИЙ
В РЕАКЦИЯХ ОДНОУКЛОННЫХ ПЕРЕДАЧ

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1979

Работа выполнена на кафедре Теоретической ядерной физики
физического факультета Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова.

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Ф.А.ГАРЕЕВ.

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук,
доцент

С.Г.КАДМЕНСКИЙ,

кандидат физико-математических наук

А.И.ТИТОВ.

Ведущая организация:
Физико-энергетический институт, г.Обнинск.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 197 _____ года
на заседании Специализированного ученого совета К-047.01.01
Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных
исследований, г. Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " _____ " _____ 197 _____ года.

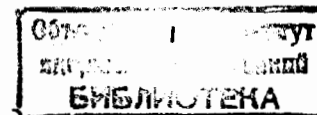
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

В.И.ЖУРАВЛЕВ.

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Реакции прямой передачи нуклонов (срыва и подхвата) широко используются для исследования атомных ядер. Эффективное их использование для изучения структуры ядер, проверки различных модельных представлений возможно при корректном извлечении спектроскопической информации. Все сведения о структуре ядер входят в амплитуду прямой реакции через интеграл перекрытия волновых функций ядра-мишени и ядра-продукта, или формфактор $^{1/1}$. Поэтому очень важно уметь достаточно точно определять формфакторы в рамках изучаемой модели. И если для реакций на дважды магических ядрах это не является трудной задачей, то для реакций на других ядрах картина усложняется, важную роль начинают играть смешивание конфигураций и связанные с ним эффекты. Давно отмечено (см., например, $^{2/1}$), что широко применяемая для обработки экспериментальных данных процедура подгонки глубины ямы во многих случаях не позволяет надежно извлекать спектроскопическую информацию из реакций передач. В такой процедуре величина отношения экспериментального сечения к теоретическому, одночастичному интерпретируется как спектроскопический фактор. Однако такая интерпретация неоднозначна. Более того, знание точного формфактора вообще исключает вопрос о спектроскопическом факторе. Количественным критерием отклонения структуры ядра от одночастичной служит нормировка формфактора $^{2/2}$. В силу поверхностного характера прямых процессов важную роль должно играть асимптотическое поведение формфактора при больших ζ . Однако не менее важное значение имеет точное определение формфактора во внутренней области, которая



оказывает существенное влияние на нормировку формфактора и абсолютное значение сечения.

С задачей определения формфактора в рассматриваемых реакциях тесно связан вопрос о корректном учете непрерывного спектра. Этот вопрос важен и для изучения многих других ядерных реакций, где состояния непрерывного спектра входят как конечные и промежуточные. Кроме того, он актуален и с точки зрения структурных ядерных расчетов (см., например, /3,4/). Интересной возможностью корректного учета непрерывного спектра представляется разложение функций континуума по дискретному базису. Таким образом, необходимо построить подходящий базис. Оказалось /5/, что очень удобной для этой цели является система "резонансных функций". Эту систему образуют все собственные функции уравнения Шредингера, отвечающие собственным значениям — полюсам S -матрицы в комплексной k -плоскости (см., например, /6,7/). Однако до последнего времени не существовало методов, позволяющих надежно рассчитывать все резонансные функции. Для решения этой актуальной задачи оказался полезным предложенный недавно /8/ метод, основанный на аналитическом продолжении по константе связи с использованием техники паде-аппроксимантов второго рода /9/. Необходимо было изучить возможность этого метода для решения указанной задачи и применить его для исследования резонансных и антисвязанных состояний в реалистических потенциалах.

Таким образом, в диссертации рассмотрены вопросы, которые, с одной стороны, тесно связаны между собой задачей адекватного описания реакций передач и извлечения из них спектроскопической информации, и, с другой стороны, имеют самостоятельное значение и приложения в других областях ядерной физики.

Основные цели работы. 1) Разработка метода достаточно точного определения формфакторов реакций однонуклонных передач как в асимптотической, так и во внутренней областях, на основании точной системы уравнений в рамках оболочечной модели. Более корректное исследование на этой основе эффектов смешивания конфигураций и точности приближенных методов. 2) Разработка методов учета непрерывного спектра на основе разложения функций континуума по подходящему дискретному базису. Построение такого базиса и соответствующих разложений и исследование их свойств. 3) Изучение возможностей и использование метода аналитического продолжения по константе связи с помощью техники паде-аппроксимантов второго рода для исследова-

ния резонансных и антисвязанных состояний в реалистическом ядерном потенциале.

Научная новизна и практическая ценность. В диссертации сформулирована задача на собственные значения в виде системы интегродифференциальных уравнений для формфактора, точной в рамках оболочечной модели, при этом через дополнительные условия вводятся правильная асимптотика и правило сумм для нормировок формфактора. Впервые построен алгоритм численного решения такой задачи на основе модификации непрерывного аналога метода Ньютона. Это позволяет достаточно точно определять формфакторы рассматриваемых реакций. Сам алгоритм решения такой задачи на собственные значения может быть использован во многих физических задачах. Поскольку нормировка формфакторов в асимптотике связана с ядерными вершинными константами (ЯВК) /10/, достаточно точное их вычисление может, из сравнения теоретических и эмпирических ЯВК, дать информацию о корректности рассматриваемой модели.

Предложен приближенный способ оценки эффектов учета непрерывного спектра по каналовым функциям в реакциях дейтонного срыва и подхвата.

Впервые для потенциалов конечного радиуса показана возможность и получен общий вид разложения функций континуума по резонансным функциям в области действия потенциала. Показана полнота системы резонансных функций в этой области. Эта система может быть использована как базис разложения только в ограниченной области, т.к. показано, что во всем пространстве волновые функции непрерывного спектра ортогональны к резонансным функциям. Тем не менее, поскольку известно поведение функций Грина и волновой функции во внешней области, а также разложение S -матрицы по тем же резонансным функциям, то известны соответствующие разложения указанных во всем пространстве функций. Предложенный подход позволяет корректно включать состояния континуума в расчеты ядерных реакций, а также в структурные ядерные расчеты.

Впервые получены антисвязанные, а также резонансные состояния с большой шириной в реалистическом потенциале Вудса-Саксона методом, основанным на аналитическом продолжении по константе связи с использованием паде-аппроксимантов второго рода. Получены траектории полюсов S -матрицы в потенциале Вудса-Саксона в зависимости от константы связи.

Все это создает основу для использования резонансных функций реалистического потенциала как базиса для решения многих задач ядерной физики.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории теоретической физики и Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований, Лаборатории ядерных реакций Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета, в Физико-энергетическом институте (г.Обнинск), в Воронежском государственном университете и Институте Нильса Бора (Дания, Копенгаген), а также на Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре ядра (Баку, 1976 и Алма-Ата, 1978), на Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра (Дубна, 1976) и XV Совещании по ядерной спектроскопии и теории ядра (Дубна, 1978).

Публикации. Результаты настоящей диссертации опубликованы в семи работах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, содержит 131 страницу машинописного текста, 25 рисунков и библиографический список литературы из 106 названий.

Содержание работы

Введение содержит краткое обсуждение проблем исследования структуры атомного ядра с помощью реакций прямой передачи нуклонов (срыва и подхвата). Сформулированы основные вопросы, рассматриваемые в диссертации: о достаточно точном вычислении формфакторов

$$F_{\alpha\beta}(\vec{z}) = \int d\vec{\xi} \psi_{\alpha}^*(\vec{\xi}) \psi_{\beta}(\vec{\xi}, \vec{z}) \quad (I)$$

для корректного извлечения спектроскопической информации из реакций передач; о правильном учете влияния непрерывного спектра в расчетах реакций; о построении для этого дискретного базиса и разложения по такому базису функций непрерывного спектра.

В главе I рассматриваются формфакторы реакций однонуклонных передач на сферических ядрах в рамках двухчастичной оболочечной модели со смешиванием конфигураций и учетом принципа Паули. Излагаются основные положения этой модели, которая, несмотря на некоторую упрощенную физическую трактовку, правильно описывает основ-

ные свойства процесса. Кратко обсуждается ряд приближенных методов нахождения формфакторов.

В §1 в рамках вышеописанной модели с помощью разложения по каналовым функциям получена система интегро-дифференциальных уравнений для радиальных частей формфакторов. Сформулирована задача на собственные значения для этой системы с дополнительными условиями, которые возникают из требования правильного асимптотического поведения формфакторов и правила сумм для их нормировок. Эта система является точной в рамках рассматриваемой модели. Обсуждаются трудности математического решения поставленной задачи. Они связаны с бесконечностью системы (обусловленной наличием непрерывного спектра в разложении по каналовым функциям) и с присутствием интегрального члена в уравнениях (обусловленным принципом Паули).

В §2 построен алгоритм численного решения задачи на собственные значения для конечной системы интегро-дифференциальных уравнений на основе предлагаемой модификации непрерывного аналога метода Ньютона (НАМН)^{/II/}. Эта модификация включает в обычную схему НАМН итерационную процедуру по интегральному члену. Проведены численные исследования, показавшие, что сходимость процесса быстрая, и алгоритм обеспечивает относительную точность, достаточную для решения рассматриваемой задачи.

В §3 с помощью построенного алгоритма, на основе точной системы, исследуются эффекты учета принципа Паули на примере реакций $^{42}\text{Ca}(p, d)^{41}\text{Ca}$ и $^{58}\text{Ni}(p, d)^{57}\text{Ni}$. В разложении по каналовым функциям учтены только связанные состояния. Остаточные взаимодействия взяты в простом гауссовском виде, параметры подобраны таким образом, чтобы в результате решения задачи получить экспериментальные значения энергии связи двух нуклонов в ядре-мишени^{/I2/}. Были рассчитаны формфакторы и соответствующие им дифференциальные сечения как с учетом, так и без учета принципа Паули. В последнем случае в уравнениях отсутствуют интегральные члены, и задача решается с помощью НАМН без модификации. Рассчитанные формфакторы и сечения сравнивались с соответствующими величинами, полученными с помощью процедуры подгонки глубины ямы, а также при решении приближенного уравнения^{/2/}. Вычислены величины $\tilde{\alpha}_i^z$, которые являются аппроксимацией на конечном отрезке величин α_i^z - нормировок формфакторов. Расчеты показали, что формфакторы, соответствующие доминирующим оболочечным компонентам, почти не изменяются с учетом принципа Паули. В то же время изменение формфакторов, соответствую-

ших малым оболочечным компонентам, может оказаться значительным. Особенно это характерно для внутренней области, которая оказывает существенное влияние на нормировку формфактора. Сравнение с результатами приближенных методов показало, что даже те методы, которые правильно учитывают асимптотику, не дают надежного результата для малых оболочечных компонент во внутренней области. В дифференциальных сечениях учет принципа Паули приводит к изменениям, которые могут достигать 30-35%. Были также проведены расчеты для реакций срыва (d, p) на возбужденные O^+ состояния ядер ^{42}Ca и ^{58}Ni .

В §4 проведена оценка эффектов учета непрерывного спектра в разложении по каналовым функциям. Используется приближенный метод, в котором вклад континуума заменен вкладом подбарьерного квазистационарного состояния, и факторизованное представление (см., например, /13/) для волновой функции этого состояния. Используемые приближения позволили свести систему уравнений для формфакторов к конечной и снова использовать разработанный в §2 алгоритм. Расчеты проведены на примере реакций подхвата (p, d) на ядрах ^{42}Ca и ^{18}O . Соответствующие спектры ядер ^{41}Ca и ^{17}O имеют по одному подбарьерному квазистационарному состоянию. Волновые функции, положения и ширины квазистационарных состояний вычислялись по методу и программам, описанным в работах /14/. Результаты расчетов показали, что при учете вклада от квазистационарного состояния энергия связи изменяется на 100 и 200 кэВ, соответственно для ^{18}O и ^{42}Ca , или перенормируется глубина остаточного взаимодействия до 6%. Изменение формфакторов для малых компонент может достигать 4-5%, а абсолютных значений дифференциальных сечений - 8-10%. В таком подходе учет квазистационарного состояния приводит к появлению новой парциальной компоненты - формфактора, отвечающего реакции на данный уровень. При этом соответствующее дифференциальное сечение оказалось порядка величины других парциальных сечений, отвечающих малым компонентам.

В главе 2 формулируется подход, основанный на разложении функций континуума по дискретному базису функций. В начале главы кратко обсуждается ряд предложенных ранее возможностей построения дискретного базиса. В предлагаемом подходе ключевыми моментами являются применение теоремы Миттаг-Леффлера /7/ и использование системы резонансных функций в ограниченной области пространства.

В §1 дана формулировка (по Коши) теоремы Миттаг-Леффлера /7/. Для потенциалов конечного радиуса действия показана возможность и получены общие формулы разложения согласно указанной теореме для S -матрицы, волновой функции и функции Грина при положительных энергиях в области действия потенциала. Существенно, что полученные разложения сходятся равномерно внутри любого замкнутого контура, не содержащего полюсов, на всей комплексной k -плоскости. Например, разложение волновой функции имеет вид:

$$\Psi_e^G(k, z) = \sum_{q=0}^R \frac{k^q}{q!} \left[\frac{d^q}{dk^q} \Psi_e^G(k, z) \right]_{k=0} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{k}{k_n} \right)^{p+1} \frac{c_n}{k-k_n} \varphi_n(z), \quad (2)$$

где $\Psi_e^G(k, z) = k^{-1} h_e^+(kR) \Psi_e^{(s)}(k, z)$; $\varphi_n(z)$ - резонансные функции, отвечающие полюсам k_n S -матрицы; c_n - определяются из условия нормировки функций $\varphi_n(z)$, являющегося обобщением условия нормировки для связанных состояний

$$\int_0^R dz \varphi_n^2(z) + \frac{\varphi_n^2(R)}{2k_n} \left[\frac{d}{dk} \left(\frac{k h_e^+(kR)}{h_e^+(kR)} \right) \right]_{k=k_n} = 1, \quad (3)$$

$$c_n = - \frac{\varphi_n(R)}{2k_n} \quad (4)$$

(R - радиус действия потенциала).

Одним из преимуществ разложения типа (2) является возможность свободного выбора числа членов в целой части разложения p , т.к. теорема дает лишь достаточное условие на его выбор. Более того, возможен вид разложения, в котором отсутствует целая часть (можно сказать, что это соответствует $p = -1$). Выбор того или иного p приводит к перераспределению членов между целой и полюсной частями и влияет на скорость сходимости рядов.

В §2 обсуждаются свойства базиса резонансных функций и его использование. Рассматривается обобщенное условие нормировки резонансных функций в ограниченной области пространства и его преимущества (отсутствие вопроса о расходимости интегралов, общность для всех состояний). Показано, что резонансные функции ортогональны к волновым функциям рассеяния во всем пространстве, поэтому систему резонансных функций можно использовать как базис для разложения волновых функций непрерывного спектра только в ограниченной области пространства. Получены соотношения полноты и линейной зависимости системы резонансных функций в ограниченной области пространства:

$$\frac{1}{z} \sum_n \varphi_n(z) \varphi_n(z') = \delta(z - z') \quad (5)$$

$$(z + z' < zR)$$

$$\sum_n \frac{\varphi_n(z) \varphi_n(z')}{k_n} = 0. \quad (6)$$

Обсуждаются возможности применения базиса резонансных функций в некоторых задачах ядерной физики. Предложенный подход позволил обосновать приближенный метод оценки вклада континуума, приближения факторизации волновой функции, используемые в §4 главы I. Это оправдано, когда имеется близкий и узкий квазистационарный уровень и соответствует сохранению в разложении одного члена, отвечающего данному состоянию.

В §3 на примере точно решаемых моделей δ -потенциала и прямоугольной потенциальной ямы проведены численные исследования сходимости разложений Миттаг-Леффлера. Результаты продемонстрировали достаточно быструю сходимость таких разложений и сильную зависимость сходимости от выбора p , увеличение которого позволяет ее резко улучшить. Так, например, разложение волновой функции с $n \leq 7$ дает в среднем 2-3 верные значащие цифры (что соответствует относительной точности $\leq 1\%$) для значений k от 0 до 3 фм^{-1} (или для энергии до $\approx 60 \text{ МэВ}$), а в некоторых случаях - и для больших значений k .

В главе 3 рассматривается метод^{/8/}, основанный на аналитическом продолжении по константе связи (АПКС) с использованием техники паде-аппроксимантов (ПА) второго рода^{/9/}, и его возможности для определения и исследования полюсов S -матрицы и резонансных функций реалистических потенциалов. Кратко обсуждается ряд способов определения резонансных состояний.

В §1 дается общее изложение АПКС-метода: исследование аналитических свойств полюсов S -матрицы и резонансных функций как функций константы связи λ ; описание процедуры построения ПА; обсуждение методов определения порогового значения константы связи (точки слияния полюсов). Последний вопрос сам по себе представляет непростую задачу. Для его решения при $\ell = 0$ используется условие кратности нулей функции Йоста $f(k, \lambda)$ в точке слияния полюсов $(\bar{k}, \bar{\lambda}_0)$, т.е. решается система уравнений

$$\begin{cases} f(k, \lambda) = 0 \\ \frac{\partial f(k, \lambda)}{\partial k} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

В случае $\ell \neq 0$ пороговое значение λ_0 константы связи с достаточной точностью находится из условия $E(\lambda_0) = \frac{2m}{\hbar^2} k^2(\lambda_0) = 0$, с помощью ПА второго рода, построенных для $E(\lambda)$. Рассматриваются также возможности АПКС-метода и для комплексных потенциалов (комплексной константы связи).

В §2 на примере прямоугольной потенциальной ямы численно исследуются возможности АПКС-метода. Рассчитаны и сравниваются с точными положения полюсов, резонансные функции, а также траектории полюсов как функции константы связи для действительного и комплексного потенциалов. Результаты исследования показали, что АПКС-метод, использующий технику ПА второго рода, является в целом эффективным для определения положений и волновых функций резонансных (в том числе с большой шириной) и антисвязанных состояний, хотя имеется ряд случаев, когда из-за особенностей ПА однозначного результата не получается, т.е. необходим дополнительный контроль (проверка сходимости результата по порядку ПА, наблюдение за поведением нулей и полюсов ПА при изменении его порядка и т.д.). Процедуру можно улучшить повышением точности вычисления опорных точек и точки слияния полюсов, более полным учетом аналитических свойств продолжаемых функций, разработкой методов устранения "лишних" особенностей ПА и т.д. Траектории полюсов, полученные с помощью ПА, достаточно хорошо воспроизводят точные во всей области, кроме малых λ , т.к. в аппроксиманты не заложена асимптотика при $\lambda \rightarrow 0$.

В §3 с помощью описанного метода рассчитаны нейтронные антисвязанные и резонансные состояния в реалистическом потенциале Вудса-Саксона для ядер ^{208}Pb и ^{16}O . Пороговые значения константы связи (точки слияния) найдены в случае $\ell \neq 0$ с помощью ПА для $E(\lambda)$. В случае $\ell = 0$ известно аналитическое выражение решения уравнения Шредингера на мнимой оси k -плоскости, и решалась система уравнений типа (7). В таблице I, например, приведены положения некоторых состояний в ядре ^{16}O и соответствующие пороговые значения константы связи λ_0 ($\bar{\lambda}_0$). Значок " \approx " означает, что в данном случае не получено надежного результата из-за особенностей

Таблица I. Некоторые нейтронные состояния в ядре ^{16}O
 $(E_{ne_j} = E_{ne_j} - i \Gamma_{ne_j} / 2 \text{ (МэВ)})$

nlj	Тип состояния	$\lambda_0 (\bar{\lambda}_0)$	E_{ne_j}	Γ_{ne_j}
$1d_{5/2}$	a	0.8322	-3.71	-
$1p_{1/2}$	a	0.4562	≈ -12.3	-
$1d_{3/2}$	c	1.0385	0.643	0.058
$1f_{7/2}$	c	1.3751	7.12	2.62
$3s_{1/2}$	c	1.3808	-11.6	85.6
$1f_{5/2}$	c	1.8879	11.1	12.1
$2p_{3/2}$	c	1.3176	≈ 0.468	≈ 6.26

ПА. На рисунках I и 2 показаны траектории ряда нейтронных состояний в ядре ^{208}Pb , полученные с помощью ПА. Цифры около кривых дают значения λ в соответствующих точках. Заметим, что до сих пор не было работ, в которых были бы получены такие траектории для реалистического потенциала Вудса-Саксона.

В Заключении приведены основные результаты диссертации, которые представляются на защиту:

1. Сформулирована задача на собственные значения в виде системы интегро-дифференциальных уравнений для формфакторов срыва. В рамках рассматриваемой оболочечной модели система является точной, при этом через дополнительные условия вводится правильная асимптотика формфакторов и правило сумм для их нормировок. В рассматриваемой постановке задачи вопрос об учете непрерывного спектра по передаваемой частице не возникает.

2. Предложена модификация непрерывного аналога метода Ньютона, на основе которой построен алгоритм численного решения задачи на собственные значения для конечной системы интегро-дифференциальных уравнений. Он позволяет находить с контролируемой точностью формфакторы реакций однонуклонных передач непосредственно из точной системы уравнений.

3. Решение точной системы дало возможность более корректно исследовать эффекты учета принципа Паули, и показать, что он особенно важен для малых оболочечных компонент и приводит к изменению в дифференциальных сечениях до 30-35%.

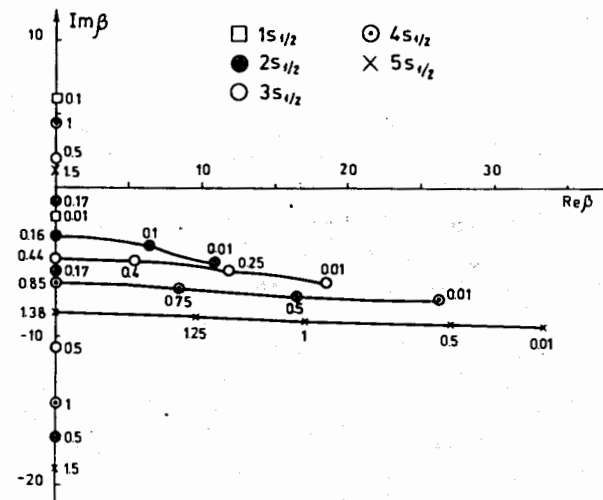


Рис. 1. Траектории ряда нейтронных s -состояний ядра ^{208}Pb для действительного потенциала Вудса-Саксона.

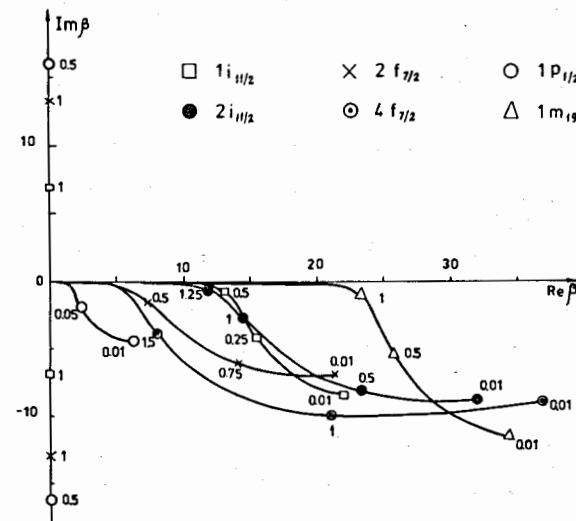


Рис. 2. Траектории ряда нейтронных состояний с $l \neq 0$ ядра ^{208}Pb для действительного потенциала Вудса-Саксона.

4. С помощью приближенного метода, в котором вклад непрерывного спектра заменен вкладом узкого квазистационарного состояния, проведена оценка эффектов учета континуума по второй валентной частице. Оказалось, что изменение в дифференциальных сечениях может достигать 10%, а перенормировка глубины остаточных взаимодействий – 6%. При этом появившееся парциальное дифференциальное сечение, отвечающее реакции на квазистационарный уровень, оказалось порядка величины дифференциальных сечений, соответствующих другим малым компонентам формфактора.

5. Решение точной системы позволило оценить возможности приближенных методов. Для больших оболочечных компонент практически все методы работают хорошо. Для малых компонент приближенные методы не дают надежного результата (даже те, которые правильно учитывают асимптотику формфактора), т.к. плохо определяют формфактор во внутренней области.

6. На основе теоремы Миттаг-Леффлера для потенциалов конечного радиуса действия показана возможность и получен общий вид разложения функций континуума по резонансным функциям в области действия потенциала. При этом гарантируется равномерная сходимость рядов.

7. Продемонстрированы преимущества обобщенного условия нормировки и получено условие полноты в ограниченной области пространства.

8. Показано, что при наличии близкого квазистационарного уровня с очень малой шириной оправдан использованный ранее приближенный метод учета вклада континуума. Он соответствует сохранению в разложении Миттаг-Леффлера одного члена, соответствующего данному уровню.

9. Численные расчеты на примере δ -потенциала и прямоугольной ямы продемонстрировали быструю сходимость полученных разложений и сильную ее зависимость от числа членов в целой части разложения. Увеличение этого числа позволяет улучшить сходимость.

10. Исследование на примере точно решаемой модели прямоугольной потенциальной ямы показало, что метод аналитического продолжения по константе связи, использующий технику наде-аппроксимантов второго рода, является в целом эффективным для определения положений и волновых функций резонансных (в том числе и широких) и антисвязанных состояний как действительных, так и комплексных потенциалов.

II. С помощью такого метода рассчитаны нейтронные резонансные и антисвязанные состояния в реалистическом потенциале Вудса-Саксона для ядер ^{208}Pb и ^{16}O . Это создает основу для использования резонансных функций реалистического потенциала во многих задачах ядерной физики.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

- Гареев Ф.А., Гончаров С.А., Пузынин И.В., Ямалеев Р.М. ЯФ, 24, 938 (1976).
 Гареев Ф.А., Гончаров С.А. ОИЯИ, Р4-10503, Дубна, 1977.
 Гареев Ф.А., Гончаров С.А., Жидков Е.П., Пузынин И.В., Хоромский Б.Н., Ямалеев Р.М. ЖВМ и МФ, 17, 407 (1977).
 Гончаров С.А., Ямалеев Р.М. Труды Межд. конф. по избранным вопросам структуры ядра, Дубна, ОИЯИ, Д-9682, т. I, 1976, стр. 91.
 Bang J., Gareev F.A., Gizzatculov M.H., Goncharov S.A. Nucl. Phys., A309, 381 (1978); ОИЯИ, В4-11377, В4-11378, Дубна, 1978.
 Банг Е., Гареев Ф.А., Гончаров С.А. Сб.: XV Собрание по ядерной спектроскопии и теории ядра, Дубна, ОИЯИ, Д6-11574, 1978, стр. 70.
 Гареев Ф.А., Гончаров С.А., Кукулин В.И., Краснопольский В.М., ОИЯИ, Р4-12001 и Р4-12002, Дубна, 1978.

Литература:

1. Austern N. Direct Nuclear Reaction Theories. N.Y., 1970.
2. Банг Е., Бунаков В.Е., Гареев Ф.А., Шульц Г. ЭЧАЯ, т. 5, вып. 2, 1974, стр. 263.
3. Mahaux C., Weidenmüller H.A. Shell-Model Approach to Nuclear Reactions. North-Holland, Amsterdam, 1969.
4. Bloch C. Many-Body Description of Nuclear Structure and Reactions, Academic Press, N.Y., 1966.
5. Bang J., Gareev F.A., Gizzatculov M.H., Goncharov S.A. Nucl. Phys., A309, 381 (1978).
6. Ньютон Р. Теория рассеяния волн и частиц. Перевод с англ., "Мир", М., 1969.
7. Нуссенцвейг Х.М. Причинность и дисперсионные соотношения. Перевод с англ., "Мир", М., 1976.
8. Kukulin V.I., Krasnopol'sky V.M. J. Phys. A: Math. Gen., 10, L 33 (1977).

9. Baker G.A. *Advances in Theoretical Physics*. ed. K.A.Bruckner, Academic-Press, N.Y.,-London, 1965, v.1.
10. Блохинцев Л.Д., Борбей И., Долинский Э.Ч. ЭЧАЯ, т.8, вып. 6, 1977.
11. Жидков Е.П., Макаренко Г.И., Пузынин И.В. ЭЧАЯ, т.4, вып. I, 1973.
12. Кравцов В.А. Массы атомов и энергии связи ядер. Атомиздат, М., 1974.
13. Базь А.И., Зельдович Я.Б., Переломов А.М. Рассеяние, реакции и распады в нерелятивистской квантовой механике. "Наука", М., 1971.
14. Bang J., Gareev F.A., Puzynin I.V., Jamalejev R.M. *Nucl.Phys.* A261, 59 (1976).
Гиззаткулов М.Х., Пузынин И.В., Ямалеев Р.М. ОИЯИ, РИИ-10029, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 января 1979 года.