

82833

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4-96-311

На правах рукописи
УДК 539.172.5

К-93

КУРМАНОВ
Жанат Бостанович

УПРУГОЕ РАССЕЙЯНИЕ
И ПРОЦЕССЫ ПЕРЕЗАРЯДКИ ПИОНОВ
НА ЛЕГКИХ ЯДРАХ ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Специальность: 01.04.16 — физика ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1996

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова
Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна).

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук

М. Х. Ханхасаев

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Ф. А. Гареев
ЛТФ ОИЯИ (г. Дубна)

кандидат физико-математических наук

Н. С. Топильская
ИЯИ РАН (г. Москва)

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

НИИЯФ им. Д.В.Скобелевца МГУ (г. Москва)

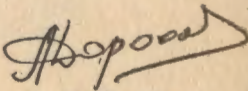
Защита диссертации состоится на заседании специализированного Совета К
047.01.01 Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова Объединен-
ного института ядерных исследований "_____" _____ 1996 г. по адресу:
141980 г. Дубна, Московская область, ЛТФ ОИЯИ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "_____" _____ 1996 г.

Ученый секретарь специализированного Совета:

доктор физико-математических наук


А. Е. Дорохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

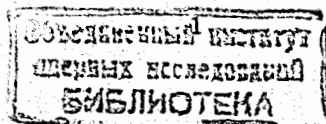
Актуальность темы диссертации: Пионы играют особую роль в ядерной физике как источник ядерных сил и как эффективный инструмент исследования свойств атомных ядер. Физика пион-ядерного взаимодействия естественным образом подразделяется на три различные области в соответствии с величиной кинетической энергии налетающего пиона: область низких энергий $0 < T_\pi \leq 80$ МэВ; область Δ -резонанса $80 \text{ МэВ} \leq T_\pi \leq 400$ МэВ; и область высоких энергий $T_\pi \geq 400$ МэВ. Интерес к изучению взаимодействия низкоэнергетических пионов с ядрами обусловлен следующими обстоятельствами.

Во-первых, пионы низкой энергии имеют большую длину свободного пробега в ядерной среде, которая существенно больше среднего расстояния между нуклонами в ядре. Прозрачность ядерного вещества для пионов низкой энергии позволяет использовать их в качестве эффективного инструмента изучения свойств ядер.

Во-вторых, поскольку пионы могут поглощаться в ядерной среде и поглощение пионов играет существенную роль при низких энергиях, необходимо проведение корректного учета данного процесса при исследовании как пион-ядерного рассеяния, так и многочисленных реакций, сопровождающихся рождением и поглощением пионов.

Кроме того, поскольку пионы имеют изоспин $t = 1$ (π^\pm , π^0), то возможны реакции их однократной и двойной перезарядки на ядрах. При двойной перезарядке пион должен провзаимодействовать по крайней мере с двумя нуклонами ядра. Большая проникающая способность пионов низких энергий и двухчастичный характер их взаимодействия в реакциях двойной перезарядки обеспечивают возможность непосредственного изучения динамики короткодействующих корреляций нуклонов в ядрах, а также свойств экзотических (нейтроноизбыточных) ядер.

Традиционным методом описания взаимодействия пионов с ядрами является метод оптического пион-ядерного потенциала, построенного приближен-



но в терминах двухчастичных амплитуд пион-нуклонного рассеяния. Несмотря на достижения, полученные в рамках данного метода, существует ряд нерешенных проблем, одной из которых является неоднозначность в оценке роли канала поглощения пионов. В этой связи оказываются эффективными подходы, изначально согласованные с требованием унитарности теории. К их числу относится унитарный подход, основанный на использовании нетрадиционной формулировки квантовой теории рассеяния, предложенной Д. А. Киржницем.

Развитие данного метода применительно к задаче пион-ядерного взаимодействия привело к построению унитарной теории многократного рассеяния, позволяющей проводить расчет непосредственно пион-ядерных фаз рассеяния. Полученный итерационный ряд для матрицы рассеяния сохраняет ее унитарность на каждом шаге итерации и благодаря быстрой сходимости ряда позволяет ограничиться в расчетах низшими итерациями. Согласие предложенного подхода с требованием унитарности теории обеспечивает корректное отделение эффектов чисто потенциального рассеяния от непотенциального (таких как истинное поглощение пионов ядрами) и правильное пороговое поведение потенциала взаимодействия в пределе низких энергий.

Область приложений унитарной теории рассеяния в основном была сосредоточена на изучении проблем взаимодействия пионов с ядрами с нулевыми значениями спина и изоспина. В последние годы проявился большой интерес к исследованию спиновых эффектов в пион-ядерной физике. В этой связи становится актуальным проведение обобщения унитарного подхода и использование его возможностей для изучения динамики взаимодействия пионов с ядрами со значениями спина и изоспина отличными от нуля.

В последние годы процессы изоупругого рассеяния пионов на ядрах с переходом ядра в двойное изобар-аналоговое состояние (DIAS) систематически изучались при низких энергиях и привлекли к себе значительный интерес. Существуют две особенности, характерные для реакций двойной перезарядки пионов при низких энергиях. Первая связана с тем, что измеряемые диффе-

ренциальные сечения сравнимы по величине с сечениями при резонансных энергиях. Вторая связана с наличием пика в угловых распределениях сечений при рассеянии вперед. В настоящее время существует большое количество механизмов, предложенных для объяснения указанных закономерностей.

Большинство теоретических работ посвящено исследованию роли традиционного механизма последовательной перезарядки (SEQ-механизм), при котором пион испытывает однократную перезарядку последовательно на двух разных нуклонах ядра. Результаты по исследованию SEQ-механизма в приближении плоских волн таковы: (а) рассчитанные дифференциальные сечения качественно воспроизводят угловые распределения, но, как правило, недооценивают их величину более чем в два раза; (б) результаты очень чувствительными к ядерной структуре, к эффектам короткодействующих NN -корреляций, к выбору πN формфакторов и к неопределенностям в ΔN взаимодействии.

В ряде работ было показано, что значительный вклад в процессы двойной перезарядки могут давать такие нетрадиционные механизмы, как мезонные обменные токи и канал поглощения пионов. Согласно этим работам каждый из указанных "экзотических" механизмов конструктивно интерферирует с SEQ-механизмом при низких энергиях и практически полностью воспроизводит экспериментальные угловые распределения сечений по двойной перезарядке. Однако следует подчеркнуть, что эти результаты были получены в приближении плоских волн и, следовательно, значение данного согласия с экспериментом до настоящего момента неясно.

Искажение пионной волны имеет место как при многократном рассеянии заряженных пионов в приходящей и уходящей волнах (внешнее искажение), так и при многократном рассеянии промежуточных незаряженных пионов (внутреннее искажение). Эффекты искажения пионной волны для SEQ-механизма были изучены в ряде работ. Однако из проведенных исследований можно заключить, что ситуация с учетом пионного искажения в SEQ-механизме на данный момент противоречива и требует тщательного изучения.

Основные цели работы: Исследование процессов упругого рассеяния и перезарядки пионов на легких ядрах в области низких энергий.

1. Развитие унитарного подхода, основанного на рассмотрении эволюции квантовой системы по отношению к константе взаимодействия, для случая рассеяния пионов на ядрах со значениями спина и изоспина равными $1/2$. Применение унитарного подхода к исследованию роли канала поглощения пионов и спиновых эффектов в упругом рассеянии пионов на ядре ${}^3\text{He}$ при низких энергиях.

2. Разработка эффективного метода учета внешнего искажения пионной волны, основанного на использовании сепарабельного разложения оптического пион-ядерного потенциала в импульсном пространстве. Исследование роли внешнего искажения пионной волны для механизма последовательной перезарядки в реакции двойной перезарядки пионов на ядре ${}^{14}\text{C}$ с переходом ядра в двойное изобар-аналоговое состояние: ${}^{14}\text{C}(\pi^+, \pi^-){}^{14}\text{O}(\text{DIAS})$.

Научная новизна и ценность работы:

1. Развита унитарный подход, основанный на рассмотрении эволюции квантовой системы по отношению к константе связи пион-нуклонного взаимодействия, для случая рассеяния пионов на ядрах со значениями спина и изоспина равными $1/2$.

2. Исследовано упругое рассеяние пионов на ядре ${}^3\text{He}$ при низких энергиях в унитарном подходе и получено хорошее согласие проведенных расчетов с имеющимися прецизионными экспериментальными данными. Установлена существенная роль канала поглощения пионов в области низких энергий. При анализе спиновых эффектов получено большое значение для параметра спиновой асимметрии.

3. Разработан эффективный метод учета внешнего искажения пионной волны, основанный на использовании сепарабельного разложения оптического пион-ядерного потенциала в импульсном пространстве. Данный ме-

тод обеспечивает простую аналитическую процедуру расчета эффектов пионного искажения и позволяет проанализировать роль искажения для пионов, находящихся на энергетической и внеэнергетической поверхностях, в данном парциальном канале реакции.

4. В рамках механизма последовательной перезарядки исследована роль искажения внешних пионных волн в реакции двойной перезарядки пионов на ядре ${}^{14}\text{C}$ с переходом ядра в двойное изобар-аналоговое состояние: ${}^{14}\text{C}(\pi^+, \pi^-){}^{14}\text{O}(\text{DIAS})$. Установлено, что учет пионного искажения является важным и позволяет существенно улучшить согласие с экспериментальными данными по угловым распределениям и качественно меняет энергетическую зависимость функции возбуждения ядра в реакции двойной перезарядки.

Апробация работы: Результаты, представленные в диссертации, неоднократно докладывались на семинарах Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ и института ядерной физики Национального ядерного центра Республики Казахстан, а также на Международном совещании по малочастичным проблемам в физике низких энергий (Алма-Ата, 1992), XIII Международной конференции по частицам и ядрам (Перуджия, Италия, 1993), Международной конференции по мезонам и ядрам при промежуточных энергиях (Дубна, 1994), 6-й Международной конференции по мезонам и легким ядрам (Страж под Ралскем, Чехия, 1995), 7-й Международной конференции по методам симметрии в физике (Дубна, 1995).

Публикации: Результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах.

Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений общим объемом 96 страниц, включая 13 рисунков, 1 таблицы и список цитированной литературы из 95 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование важности исследуемых проблем и актуальности темы диссертации, сформулированы цель и задачи, и приведено краткое изложение содержания.

В первой главе изложены основные положения и уравнения унитарной теории рассеяния, основанной на методе Киржница рассмотрения эволюции квантовой системы по отношению к константе взаимодействия, а также выражения, полученные при проведении обобщения унитарного подхода для случая рассеяния пионов на ядрах со спином и изоспином равными 1/2. Приведены выражения для расчета фаз потенциального пион-ядерного рассеяния в первом порядке теории, эффектов второго порядка, связанных с влиянием каналов возбуждения ядра и поглощения пионов, а также учета кулоновского взаимодействия пионов с ядрами.

В унитарном методе Киржница потенциальное пион-ядерное взаимодействие описывается гамильтонианом

$$\mathcal{H} = K_\pi + H_A + \lambda V \equiv h + \lambda V, \quad V = \sum_{i=1}^A v_i, \quad (1)$$

где H_A – гамильтониан ядра, K_π – оператор кинетической энергии пиона, v_i – потенциал взаимодействия пиона с i -ым нуклоном ядра, а λ играет роль константы πN -взаимодействия. Эволюция системы рассматривается по отношению к изменению λ от нуля до $\lambda = 1$. Параметр λ здесь вводится формально и в конце вычислений полагается равным единице.

Для эрмитова оператора $V(\lambda)$ можно записать эволюционное уравнение:

$$\frac{d}{d\lambda} V(\lambda) = \sum_{\sigma} [\hat{P}_{\sigma} V(\lambda) G^{(-)}(E_{\sigma}) V(\lambda) + h.c.], \quad V(\lambda = 0) = V, \quad (2)$$

где $G^{(\pm)}(E) = (E - h \pm i\delta)^{-1}$ – функция Грина и $\hat{P}_{\sigma} \equiv |\phi_{\sigma}\rangle\langle\phi_{\sigma}|$ – оператор проецирования на начальное состояние гамильтониана h .

Эффективный, зависящий от энергии оператор $U_0(E, \lambda)$ выражается через $V(\lambda)$ посредством системы связанных уравнений, допускающей итерационное

решение по степеням $V(\lambda)$. Первые два члена этого разложения имеют вид:

$$U_0(E; \lambda) = V(\lambda) - 2\pi i \int_0^{\lambda} d\lambda_1 V(\lambda_1) \hat{Q} \delta(E - h) V(\lambda). \quad (3)$$

Неэрмитова часть оператора $U_0(E, \lambda)$ соответствует вкладу неупругих каналов в рассеяние (наличие оператора проецирования \hat{Q} на возбужденные состояния ядра).

Для парциальных фаз пион-ядерного рассеяния получаем

$$\delta_{\alpha}(k) = -\pi \epsilon_{\pi A}(k) \int_0^1 d\lambda \left\{ \langle \vec{k}' | 0 | U_0(E, \lambda) | \vec{k}; 0 \rangle \right\}_{\alpha}. \quad (4)$$

В результате задача нахождения пион-ядерных фаз рассеяния сводится к вычислению матричного элемента $(M\Theta) \langle \vec{k}' | 0 | U_0(E, \lambda) | \vec{k}; 0 \rangle$ оператора $U_0(E, \lambda)$, который в предложенном подходе играет роль оптического потенциала.

В первом порядке разложения пион-ядерные фазы рассеяния имеют вид

$$\delta_{\alpha}^{(1)}(k) = -\pi \epsilon_{\pi A}(k) \int_0^1 d\lambda \left\{ \langle \vec{k}' | 0 | V^{(1)}(\lambda) | \vec{k}; 0 \rangle \right\}_{\alpha}, \quad V^{(1)}(\lambda) = \sum_{i=1}^A u_i(\lambda). \quad (5)$$

В случае рассеяния пионов на ядрах со значениями спина и изоспина равными 1/2 спин-изоспиновая структура $M\Theta$ имеет вид

$$\langle f_{\pi A} | \sum_{i=1}^A u_i(\lambda) | i_{\pi A} \rangle = A \sum_{\beta=0}^3 \rho^{\beta}(\vec{Q}) \bar{u}_{\beta}(\vec{\kappa}, \vec{\kappa}'; \lambda) \gamma, \quad (6)$$

где $|i_{\pi A}\rangle, |f_{\pi A}\rangle$ – состояния пион-ядерной системы до и после взаимодействия. Используя ряд приближений, применяемых в оптической модели, получаем выражение для расчета парциальных фаз рассеяния пионов на ядрах в первом порядке теории. В диссертации также проведен учет эффектов второго порядка, связанных с процессами возбуждения ядра в промежуточных состояниях (параметры неупругости). Мнимая часть фаз рассеяния рассчитана в линейном по ядерной плотности приближении:

$$\text{Im} \delta^{(2)}(k) = 2\pi^2 \epsilon_{\pi A}(k) A \epsilon_{\pi A}(k_{\Delta}) \int \frac{dn''}{4\pi} \rho_{00}(\vec{Q}) \int_0^1 d\lambda \int_0^{\lambda} d\lambda_1 \bar{u}(k', k''; \lambda_1) \bar{u}(k'', k; \lambda). \quad (7)$$

Поправка, возникающая при учете канала поглощения пиона, имеет вид:

$$\delta_{\pi A}^{abs}(k) = \gamma_0 k \hat{p}^2(\vec{q}) [\vec{B}_0(k) + \vec{C}_0(k)(\vec{\kappa} \cdot \vec{\kappa})], \quad (8)$$

где параметры \vec{B}_0 и \vec{C}_0 определяются по пион-атомным данным.

Во второй главе проведен анализ упругого рассеяния пионов на ядре ${}^3\text{He}$ при низких энергиях в рамках развитого формализма. Рассчитаны дифференциальные сечения упругого $\pi^3\text{He}$ -рассеяния, которые сравниваются с имеющимися прецизионными экспериментальными данными.

Исследовано влияние параметра Δ , имеющего смысл средней энергии возбуждения ядра и определяющего пороговое поведение параметров неупругости, на дифференциальные сечения упругого $\pi^3\text{He}$ -рассеяния. Параметр Δ является единственным свободным параметром унитарной теории и, в общем случае, может зависеть как от характеристик ядра, так и от энергии налетающего пиона. Расчеты показали, что вклад от неупругих каналов, связанных с возбуждением ядра в промежуточных состояниях, пренебрежим при энергиях ниже 30 МэВ и начинает отчетливо проявляться при увеличении энергии налетающего пиона.

Результаты расчетов указывают на существенную роль канала поглощения в упругом рассеянии пионов на ядре ${}^3\text{He}$ при низких энергиях. При энергиях пионов ниже 50 МэВ канал поглощения доминирует в формировании параметров неупругости. Таким образом, в унитарной теории, позволяющей явно вычислить вклад эффектов потенциального рассеяния, удастся определить количественно роль канала поглощения пионов в пион-ядерном рассеянии.

Нами показано, что унитарный подход в случае упругого $\pi^3\text{He}$ -рассеяния обеспечивает хорошее описание существующих экспериментальных данных вплоть до энергий пионов 50 МэВ (Рис. 1). При анализе спиновых эффектов получено большое значение для параметра спиновой асимметрии в области углов рассеяния, при которых сечения имеют минимум. Аналогичное поведение параметра асимметрии получено в расчетах, проведенных в рамках

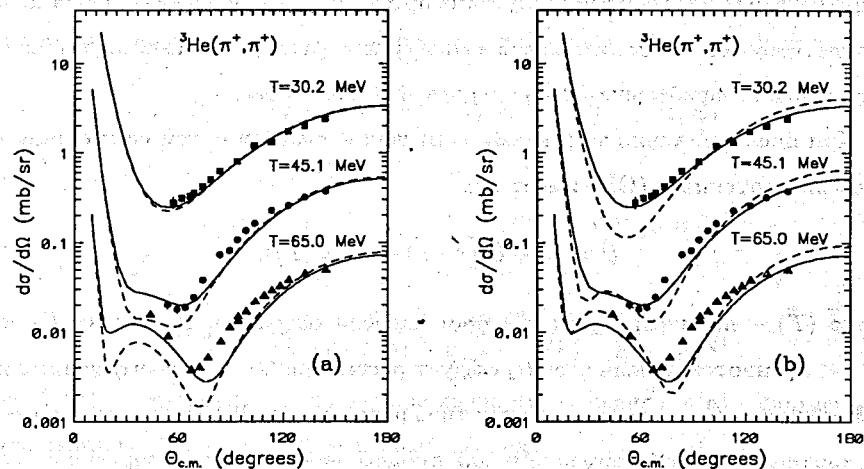


Рис. 1: Дифференциальные сечения упругого $\pi^3\text{He}$ -рассеяния при $T_\pi = 30.2, 45.1$ и 65.0 МэВ. Сплошные кривые – полный расчет, пунктирные без учета – (а) канала возбуждения ядра, (б) канала поглощения пиона.

оптической модели. Экспериментальное исследование данной величины представляет большой интерес.

В третьей главе изложен формализм изоспин-инвариантной оптической модели и предложен эффективный метод учета искажения пионной волны, основанный на сепарабельном разложении пион-ядерного потенциала в импульсном пространстве. Данный метод обеспечивает простую процедуру расчета эффектов пионного искажения и позволяет проанализировать роль искажения пионов, находящихся на энергетической и внеэнергетической поверхности, для каждого парциального канала реакции.

Данный метод применим для изучения эффектов пионного искажения в других процессах (таких как фоторождение и поглощение пионов), в которых

пион появляется в начальном или конечном состояниях. Согласно нашему методу, искаженная амплитуда для таких процессов находится как произведение соответствующей плоскостной амплитуды и фактора искажения, выраженного через сепарабельные пион-ядерные формфакторы.

При пренебрежении эффектами нарушения изотопической симметрии оптический потенциал (ОП) имеет вид:

$$\hat{U} = U_0 + U_1(\vec{\phi} \cdot \vec{T}) + U_2(\vec{\phi} \cdot \vec{T})^2, \quad (9)$$

где $\vec{\phi}(\vec{T})$ – пионный (ядерный) изоспиновый оператор. Поскольку $U_2 \ll U_1 \ll U_0$, изотензорный член U_2 следует рассматривать как возмущение к каналам упругого рассеяния и однократной перезарядки. В результате, в рамках двухпотенциального формализма для процессов двойной перезарядки с переходом ядра в двойное изобар-аналоговое состояние мы получим следующее выражение для матрицы рассеяния:

$$\langle \pi^-; DIAS | T | \pi^+; g.s. \rangle = T^{AR} + \sqrt{T_0(2T_0 - 1)} T_2^{DWBA}. \quad (10)$$

Здесь T^{AR} отвечает вкладу в двойную перезарядку от переходов через изобар-аналоговые состояния. Второй член соответствует борновскому приближению для изотензорной амплитуды, рассчитанной в приближении искаженных волн:

$$T_2^{DWBA} = \langle \psi_{\vec{k}_f}^{(-)}(\pi^-; DIAS) | U_2 | \psi_{\vec{k}_i}^{(+)}(\pi^+; g.s.) \rangle, \quad (11)$$

где $\psi_{\vec{k}}^{(\pm)} = \Omega_V^{(\pm)}|\vec{k}\rangle$. Используя полный набор промежуточных пион-ядерных состояний с плоскими волнами, можно записать

$$T_2^{DWBA}(E) = \sum_{\vec{q}_1, \vec{q}_2} D_{\pi^-, DIAS}^{(-)}(\vec{k}_f, \vec{q}_1; E) \langle \pi^-, \vec{q}_1; DIAS | T_2^{PWBA}(E) | \pi^+, \vec{q}_2; g.s. \rangle \times D_{\pi^+, g.s.}^{(+)}(\vec{q}_2, \vec{k}_i; E), \quad (12)$$

где искажающие факторы $D^{(\pm)}$ определены следующим образом

$$D^{(\pm)}(\vec{k}, \vec{q}; E) \equiv \langle \vec{k} | \Omega_V^{(\pm)}(E) | \vec{q} \rangle = (2\pi)^3 \delta(\vec{k} - \vec{q}) + T_V^{(\pm)}(\vec{k}, \vec{q}; E) \frac{1}{E - E(q) \pm i\delta}. \quad (13)$$

Используя метод Бейтмана, позволяющий провести сепарабельное разложение данного короткодействующего пион-ядерного потенциала, получим следующее выражение для парциальной амплитуды двойной перезарядки:

$$T_{2,\alpha}^{DWBA}(k_f, k_i; E) = \gamma_\alpha^{DW}(k_f, k_i) T_{2,\alpha}^{PWBA}(k_f, k_i; E), \quad (14)$$

где

$$\gamma_\alpha^{DW}(k_f, k_i) = (1 - k_f F_\alpha(k_f) \xi_\alpha(k_f)) (1 - k_i F_\alpha(k_i) \xi_\alpha(k_i)) \quad (15)$$

и

$$\xi_\alpha(k) = \frac{1}{\pi \epsilon_{\pi A}(k)} \int_0^\infty \frac{q^2 dq}{2\pi^2} \left[\frac{g_\alpha(q)}{g_\alpha(k)} \right]^2 \frac{1}{E(k) - E(q) + i\delta}, \quad (16)$$

где $F_\alpha(k)$ – амплитуда упругого пион-ядерного рассеяния, $g(q)$ – формфактор сепарабельного пион-ядерного взаимодействия.

Формула (14), представляющая собой один из основных результатов диссертации, позволяет вычислять искаженную амплитуду двойной перезарядки для каждого парциального канала как произведение плоскостной амплитуды и искажающего фактора. Данный фактор рассчитывается в терминах пион-ядерных формфакторов, получаемых с помощью метода сепарабельного приближения Бейтмана. Согласно методу Бейтмана, эти формфакторы определяют внеэнергетическое поведение амплитуды упругого рассеяния.

В четвертой главе в рамках механизма последовательной перезарядки (SEQ-механизм) исследована роль искажения внешних пионных волн в реакции двойной перезарядки пионов на ядре ^{14}C с переходом ядра в двойное изобар-аналоговое состояние: $^{14}\text{C}(\pi^+, \pi^-)^{14}\text{O}(\text{DIAS})$.

При анализе SEQ-механизма нами показано, что учет внешнего искажения для реакции на ядре ^{14}C при 50 МэВ сильно изменяет результаты, полученные в плоскостном приближении, увеличивая угловое распределение при рассеянии вперед и уменьшая при больших углах рассеяния. Причем искажения как на энергетической, так и на внеэнергетической поверхностях являются одинаково важными. Также показано, что несмотря на сравнительно малый вклад

от аналоговых переходов в SEQ-амплитуду, данная амплитуда конструктивно интерферирует с изотензорной амплитудой неаналоговых переходов. Нами изучено влияние внутреннего искажения на аналоговые переходы и показано, что этот эффект сильно меняет сечения, рассчитанные в приближении с искаженными волнами при учете только внешнего искажения. Данный результат указывает на важность проведения отдельного изучения эффектов искажения виртуального пиона в неаналоговой части SEQ-механизма.

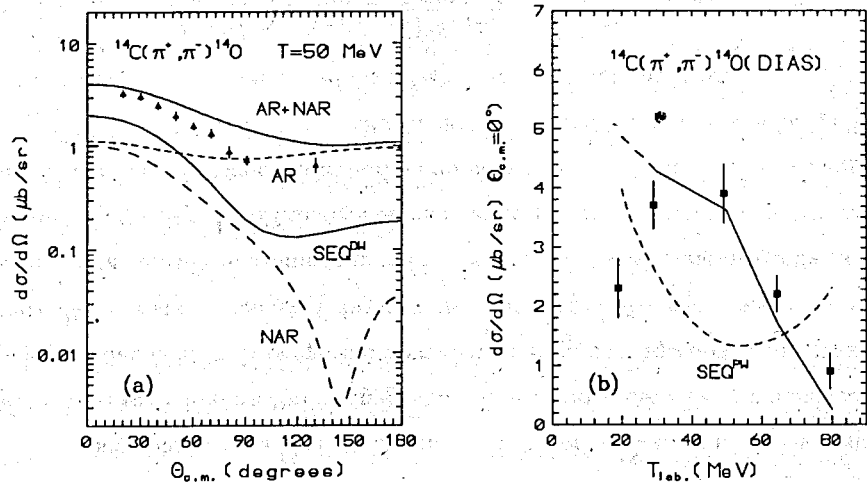


Рис. 2: Результаты расчета (а) дифференциальных сечений и (б) функции возбуждения для реакции $^{14}\text{C}(\pi^+, \pi^-)^{14}\text{O}(\text{DIAS})$.

Установлено, что проведение учета пионного искажения является важным, позволяет существенно улучшить согласие с экспериментальными данными по угловым распределениям и качественно меняет энергетическую зависимость функции возбуждения ядра в реакции двойной перезарядки (Рис. 2).

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Развита формализм унитарного подхода, основанный на рассмотрении эволюции квантовой системы по отношению к константе взаимодействия, для случая рассеяния пионов на ядрах со значениями спина и изоспина равными 1/2.
2. Исследовано упругое рассеяние пионов на ядре ^3He при низких энергиях в рамках развитого формализма. Получено хорошее согласие проведенных расчетов с имеющимися прецизионными экспериментальными данными, и установлена существенная роль канала поглощения пионов в области низких энергий. При анализе спиновых эффектов получено большое значение для параметра спиновой асимметрии.
3. Для учета внешнего искажения пионной волны разработан эффективный метод, основанный на использовании сепарабельного разложения оптического пион-ядерного потенциала в импульсном пространстве. Данный метод обеспечивает простую аналитическую процедуру расчета эффектов пионного искажения и позволяет проанализировать роль искажения пионов, находящихся на энергетической и внеэнергетической поверхностях, для данного частичного канала реакции.
4. Проведено исследование роли внешнего искажения пионной волны для механизма последовательной перезарядки в реакции двойной перезарядки пионов на ядре ^{14}C с переходом ядра в двойное изобар-аналоговое состояние: $^{14}\text{C}(\pi^+, \pi^-)^{14}\text{O}(\text{DIAS})$. Установлено, что учет пионного искажения является важным и позволяет существенно улучшить согласие с экспериментальными данными по угловым распределениям и функции возбуждения ядра.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

1. М. Х. Ханхасаев, Ж. Б. Курманов. Упругое рассеяние пионов низких энергий на ядре ${}^3\text{He}$ в унитарном подходе. Ядерная физика 56 (1993) 211-219.
2. M. Kh. Khankhasayev, H. Sarafian, M. B. Johnson, and Zh. B. Kurmanov. *Effect of Pion External Distortion on Low Energy Pion Double-Charge-Exchange*. Phys. Rev. C 50 (1994) 1424-1435.
3. M. Kh. Khankhasayev and Zh. B. Kurmanov. *Spin Effects in Low-Energy Pion Scattering on ${}^3\text{He}$* . In: Proc. of the 6th Int. Conf. on Mesons and Light Nuclei (Stráž pod Ralskem, 1995), (J. Adam, J. Dobeš, R. Mach, M. Sotona, and J. Dolejši, Eds.), Few-Body Systems Suppl. 9 (1995) 471-474.
4. M. Kh. Khankhasayev, H. Sarafian, M. B. Johnson, and Zh. B. Kurmanov. *Distortion Effect in Pion Double-Charge-Exchange Reaction at Low Energies*. In: Proc. Int. Conf. on Mesons and Nuclei at Intermediate Energies (Dubna, 1994), Singapore: World Scientific, 1995, p. 539-544.
5. M. Kh. Khankhasayev and Zh. B. Kurmanov. *Spin Asymmetry in Low-Energy Pion Scattering on ${}^3\text{He}$* . In: Proc. Int. Conf. on Symmetry Methods in Physics (Dubna, 1995); Book of Abstracts, p. 23.
6. М. Х. Ханхасаев, Ж. Б. Курманов. Унитарный подход к описанию рассеяния пионов на ядрах со спином и изоспином равными 1/2. Препринт ОИЯИ Р4-96-88, Дубна, 1996. (Напр. в ж. Ядерная физика).
7. Ж. Б. Курманов, М. Х. Ханхасаев. Описание упругого рассеяния пионов низких энергий на ядре ${}^3\text{He}$ в унитарном подходе. Препринт ОИЯИ Р4-96-111, Дубна, 1996. (Напр. в ж. Ядерная физика).

Рукопись поступила в издательский отдел
26 августа 1996 года.