

На правах рукописи

УДК 539.17.01

Дорошко Наталья Леонидовна

**ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ
НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И РЕЗОНАНСНЫХ
ПРОЦЕССОВ В РАССЕЯНИИ γ — КВАНТОВ
И НУКЛОНОВ ЯДРАМИ**

01.04.02 — теоретическая физика и

01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00814171 (M)

КИЕВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

На правах рукописи

УДК 539.17.01

ДРОШКО НАТАЛЬЯ ЛЕОНИДОВНА

ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И РЕЗОНАНСНЫХ
ПРОЦЕССОВ В РАССЕЯНИИ γ -КВАНТОВ И НУКЛОНОВ ЯДРАМИ

01.04.02 - теоретическая физика

и

01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных
частиц

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

КНЕЗ - 1993

Работа выполнена в Киевском университете им. Т.Г. Шевченко.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института ядерных исследований АН Украины Ольховский В.С.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор Ситько С.П., доктор физико-математических наук Камуба И.Е.

Ведущая организация - Научно - исследовательский институт ядерной физики ИГУ.

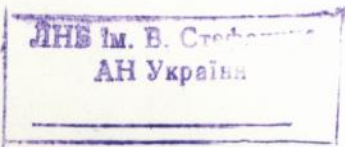
Защита диссертации состоится " 15 " июня 1993 г. в 14³⁰ часов на заседании специализированного совета Д 068.18.22 в Киевском университете им. Т.Г. Шевченко по адресу: 252022, г. Киев, просп. академика Глушкова, 6, физический фак-т.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Киевского университета им. Т.Г. Шевченко.

Автореферат разослан " 12 " мая 1993 г.

Ученый секретарь специализированного совета

Верман Верман Э.М.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность тем. Одной из особенностей современного развития ядерной физики является возрастающая роль ядерных реакций как в экспериментальных, так и в теоретических исследованиях. К числу важнейших характеристик механизма ядерных реакций принадлежит длительность процессов столкновений, прямые измерения которой давно известны в ядерно-физических экспериментах, хотя развитие систематических теоретических исследований долго носило серьезные проблемы в математическом аппарате квантовой теории.

Выключение времени в семейство наблюдаемых дало новый толчок изучению длительности и свойств времени как наблюдаемой и позволило выяснить, что в общетеоретическом плане длительность столкновений может представлять собой многосторонний интерес, поскольку она непосредственно связана с другими наблюдаемыми и характеристиками квантовых систем / S - матрицей, T - матрицей, амплитудой рассеяния, сечением / и является зачастую источником такой информации об их свойствах, которую не всегда практически возможно извлечь из других наблюдаемых.

В настоящее время теоретические исследования длительности представляют собой одну из актуальных областей теории столкновений. Но поскольку эти исследования начались сравнительно недавно, они еще не приобрели целостного характера, связаны зачастую модельными ограничениями, причем с не всегда четкими границами применимости, а их результаты иногда не в состоянии достаточно хорошо описать полученные экспериментально данные.

В последние годы был выполнен ряд интересных экспериментов, связанных с исследованием длительности столкновений, результатам которых необходимо было дать теоретическую интерпретацию, а

в теоретических исследованиях временных эффектов накопилось много проблем и задач, которые уже давно ждали своего разрешения. Исследованию некоторых из них и была посвящена диссертационная работа, в связи с чем ее тему можно считать актуальной и своевременной.

Цель работы: развитие методов теоретического исследования длительности процессов столкновений в низкоэнергетической области взаимодействия γ -квантов и нуклонов с ядрами с учетом резонансных и фоновых явлений.

Научная новизна работы:

1. Для теоретической интерпретации временных распределений, полученных в мессбауэровских экспериментах, предложен квантовый подход, который, в отличие от используемых ранее методов классической электродинамики, ограниченных рамками модельных представлений, позволил даже без учета некоторых факторов, оказывавших существенное влияние на процесс рассеяния, удовлетворительно описать имеющиеся экспериментальные данные по длительности рассеяния.

2. На основе сочетания S -матричного и временного анализа функций возбуждения нуклон-ядерного рассеяния разработана методика определения связанных и виртуальных состояний составного ядра. Результаты теоретических расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

3. Получили дальнейшее развитие методы исследования влияния нерезонансного фона на времена задержки и сечения ядерных реакций.

3.1. В случае многоканального рассеяния исследовано поведение парциальной длительности и сечения рассеяния в области энергий вблизи двух резонансов, искаженных нерезонансным фоном и сделано обобщение используемого метода на случай, когда сечения и времена

задержки определяются T - матрицей, а не одним только парциальным членом.

3.2. В случае одноканального рассеяния предложены аналитические выражения для амплитуды волновой функции налетающей частицы, которые позволили сделать наглядный теоретический анализ экспериментальных данных, полученных методом тормозного излучения и подтвердить тот экспериментальный факт, что эффекты искажения резонанса нерезонансным фоном оказывают существенное влияние на процесс рассеяния.

Практическая ценность работы.

Полученные в диссертации аналитические выражения для временных распределений f - квантов, резонансно рассеянных ядрами в мессбауэровских экспериментах, могут быть использованы для конкретных расчетов вероятности распада и длительности рассеяния при заданных значениях энергетического сдвига ΔE и ширины резонансного уровня Γ . Отсутствие модельных ограничений расширяет пределы их применения.

Разработанный метод определения уровней связанных и виртуальных состояний составной системы позволяют довольно просто и удобно определять неизвестные уровни составного ядра из анализа энергетической структуры функции возбуждения, благодаря чему он с успехом может применяться в ядерной спектроскопии.

Результаты исследования влияния нерезонансного фона на сечения и длительности ядерных реакций в области энергий вблизи двух изолированных резонансов и результаты расчетов, выполненных для двух типичных случаев рассеяния, могут послужить ориентацией для поисков эффекта изменения знака времени задержки в реальных нейтрон - ядерных процессах.

Аналитические выражения, полученные для амплитуды волновой

функции налетающей частицы, удобно применять для теоретической интерпретации экспериментальных данных по длительностям и сечениям ядерных реакций, измеренных методом тормозного излучения. Применение такого подхода намного проще, чем обычно используемого для этой цели R - матричного расчета, а результаты его - более наглядны. Более того, определение фаз рассеяния на основе полученных в работе выражений следовало бы применять наряду с фазовым анализом данных с целью уменьшения степени его неоднозначности.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Квантовотеретическое объяснение временного распределения γ - квантов, рассеянных ядрами в мессбауэровских экспериментах.
2. Метод определения уровней связанных и виртуальных состояний составного ядра на основе анализа функций возбуждения нуклон - ядерного рассеяния.
3. Исследование влияния интерференции резонансов с нерезонансным фоном на сечения и длительности ядерных реакций.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на:

- 39-ом Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра /Ташкент, 1989 г./,
- 40-м Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра /Ленинград, 1990 г./,
- 20-ом Международном Симпозиуме по Ядерной физике /Дрезден, 1990 г./.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, список которых приводится в конце автореферата.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Изложена

на 106 страницах машинописного текста, включает 14 рисунков и список литературы из 105 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируется цель работы, приводится содержание диссертации по главам, представляются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дается квантово - теоретическое объяснение временного распределения γ -квантов, резонансно рассеянных ядрами в мессбауэровских экспериментах.

В первом параграфе этой главы представлен обзор литературы, посвященной исследованию временной зависимости процесса резонансного рассеяния γ -излучения резонансными средами. Детальный анализ рассмотренных работ позволил сделать вывод, что классическая теория, которая до сих пор применялась для теоретического обоснования временного распределения γ -квантов, явно не в состоянии дать полное описание экспериментальных данных, за исключением отдельных случаев, которые лишь при учете различных факторов приводили к удовлетворительным результатам.

Решение этой проблемы в рамках другой, а именно, квантовой теории составляет содержание второго параграфа первой главы. С этой целью была применена теорема Эрлова - Фоска, описывающая распад квантовомеханических систем. Она была сформулирована для распада "чистого" квантовомеханического состояния, когда момент "приготовления" системы к распаду четко задан. В диссертации обоснована возможность применения этой теоремы в случае смешанных состояний, когда процесс распада ансамбля частиц идет одновременно с его образованием. В итоге разработана методика и получены аналитические выражения, определяющие вероятность распада в еди-

ницу времени $\mathcal{Y}(t)$ для общего случая резонансного рассеяния - излучения атомными ядрами. Они имеют следующий вид:

$$\mathcal{Y}(t) = \text{const} \cdot e^{-t/\tau} \left\{ \frac{t}{\tau} + \frac{\Gamma}{\Delta E} \left(\sin \left(\frac{\Delta E t}{\hbar} + \varphi \right) - \sin \varphi \right) - \left(\cos \left(\frac{\Delta E t}{\hbar} + \varphi \right) + \cos \varphi \right) \right\}$$

$$\mathcal{Y}_{(\Delta E=0)}(t) = \text{const} \cdot t^2 \left\{ 1 + t/3\tau \right\} \cdot \exp(-t/\tau)$$

Здесь $\tau = \hbar/\Gamma$ - постоянная распада, Γ - ширина резонансного уровня, $\varphi = -\arctg(\Gamma/2\Delta E)$, ΔE - сдвиг энергии между источником и рассеивателем, который регулируется устройством дрейфа скоростей. В результате применения разработанного подхода для конкретного случая мессбауэровского γ - перехода с энергетического уровня 14,4 кэВ в ядре ^{57}Fe были получены временные распределения γ - квантов при определенных значениях ΔE . На Рис.1, как наиболее характерное, представлено временное распределение γ - квантов, резонансно рассеянных ядрами ^{57}Fe при $\Delta E = 2\Gamma$ /кривая 1/ в сравнении с экспериментальными данными /отдельные точки/ и результатами других теоретических расчетов /кривые 2,3/. Как видно из рисунка, преимущества используемой методики позволили провести квантово - теоретический расчет и получить удовлетворительное согласие с экспериментом без использования модельных представлений и даже без учета некоторых факторов, оказывавших заметное влияние на процесс рассеяния /таких как толщина мишени и неоднородное уширение/ в отличие от классической теории взаимодействия излучения с веществом /кривая 2/. Следует отметить, что результаты расчетов, выполненных с учетом неоднородного уширения /кривая 3/, также достаточно хорошо воспроизводят экспериментальные данные, поэтому представляется целесообразным на следующем этапе исследований учесть неоднородность уширения мессбауэровских кривых, учитывая отличие наблюдаемых ширины в источнике и рассеи-

вагела с последующей эмпирической апробацией закона распределения разброса этих ширин.

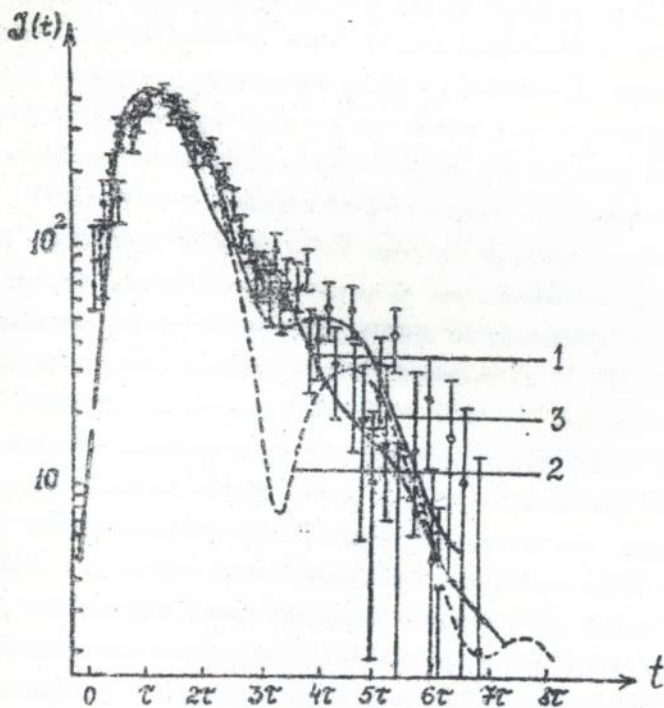


Рис. 1. Временное распределение γ - квантов, резонансно рассеянных ядрами ^{57}Fe $/\Delta E = 2\Gamma /$. Кривая 1 - результаты квантово - теоретического расчета; кривая 2 и кривая 3 - результаты расчетов по классической теории без учета и с учетом неоднородного уширения соответственно.

Во второй главе разработан метод определения уровней связанных и виртуальных состояний составной системы на основе анализа функций возбуждения нуклон - ядерного рассеяния.

В первом параграфе этой главы дается анализ некоторых аспектов теоретических исследований ядерных реакций, связанных с развитием S -матричной теории и ее применением для изучения длительности столкновений. Акцент овано внимание на возможность параметризации S -матрицы с целью определения различных резонансных характеристик в рамках той или иной модели. Описан метод определения длительности ядерных процессов на основе данных по функциям возбуждения /энергетической зависимости сечений/.

Во втором параграфе получено новое общее представление для S -матрицы одноканального S -рассеяния и приведены аргументы в пользу его применения по сравнению с представлением, используемым ранее. Исходя из полученного представления, найдены аналитические выражения для времени задержки низкоэнергетического S -рассеяния. Обращается внимание на то, что полученная зависимость $\Delta\hat{C}(E)$ более чувствительна к резонансным характеристикам процессов столкновения, чем функция возбуждения, т.е. зависимость $\hat{b}(E)$, что позволяет использовать описанный ранее метод определения $\Delta\hat{C}(E)$ по $\hat{b}(E)$ не только для получения непосредственной информации о временном ходе рассеяния и для калибровки экспериментальных данных по длительности столкновений, но и для определения уровней виртуальных и связанных состояний составного ядра при заданных геометрических параметрах R и \hat{b}/R - радиус внутренней области взаимодействия, \hat{b} - радиус убывания/ нуклон - ядерного потенциала и резонансных характеристиках E_r и Γ_r/E_r и Γ_r - энергия и ширина резонансного состояния соответственно/ рассеяния. Показано, что для этой цели достаточно параметризовать вычисленные по функциям возбуждения $\hat{b}(E)$ кривые $\Delta\hat{C}(E)_{\text{экс}}$ с помощью полученных в диссертационной работе зависимостей $\Delta\hat{C}(E)_{\text{теорет.}}$

$$\Delta T(E) = -\frac{1}{v} \left[R + 2C\beta + \sum_n \frac{\chi_n}{k^2 + \chi_n^2} + \sum_m \frac{\chi_m}{k^2 + \chi_m^2} + \right. \\ \left. + \sum_s \left(\frac{s/2\beta}{k^2 + (s/2\beta)^2} - \frac{2\beta}{s} \right) \right] + \sum_r \frac{\hbar \gamma_r}{(E - E_r)^2 + \Gamma_r^2/4} \cdot \frac{E + E_r}{4E};$$

$$\Delta T(E) \xrightarrow{v \rightarrow 0} -\frac{1}{v} \frac{a}{1 + k^2 a^2},$$

где \sum_n , \sum_m , \sum_s и \sum_r отвечают связанным, виртуальным, "лишним" и резонансным состояниям соответственно, μ и ν - масса и скорость относительного движения частиц соответственно,

$$a = R + 2C\beta + \sum_n \frac{1}{\chi_n} + \sum_m \frac{1}{\chi_m} - \sum_r \frac{\hbar \gamma_r}{(2E_r)^{3/2} \mu^{1/2}}$$

- длина рассеяния, C - постоянная Эйлера, $\gamma_r = \Gamma$ при $E = E_r$. Для того, чтобы продемонстрировать практическую ценность разработанного метода, в диссертации были проведены расчеты уровней виртуальных S - состояний составного ядра в случае рассеяния нейтронов ядрами ^{12}C и виртуальных и связанных S - состояний в случае рассеяния нейтронов ядрами ^{32}S .

В случае рассеяния нейтронов ядрами ^{12}C были учтены два известные нейтронные связанные S - состояния и два нижайшие резонансные S - состояния и, в результате применения разработанного метода, для неизвестных энергетических уровней двух виртуальных состояний E_{m_1} и E_{m_2} были получены значения энергий $-22,02$ МэВ и $-0,12$ МэВ соответственно. Этого оказалось достаточно для удовлетворительного воспроизведения кривой $\Delta T(E)_{\text{экс.}}$, вычисленной по функции возбуждения /см. Рис.2/. В случае рассеяния нейтронов ядрами ^{32}S учитывалось одно известное резонансное S - состояние и с помощью вышеописанного метода были найдены два нейтронных связанных S - состояния с энергией $E_{n_1} = -0,9$ МэВ и $E_{n_2} = -0,82$ МэВ. Этого также оказалось достаточно для удовлетворительного совпадения $\Delta T(E)_{\text{экс.}}$ и $\Delta T(E)_{\text{теорет.}}$ /см. Рис.3/.

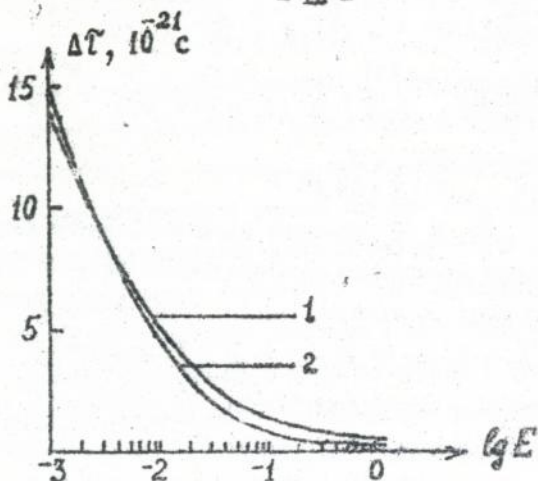


Рис. 2. Зависимость $\Delta\tau(E)$ в случае рассеяния нейтронов ядрами ^{12}C : кривая 1 $-\Delta\tau(E)_{\text{теор}}$, кривая 2 $-\Delta\tau(E)_{\text{эксп}}$.

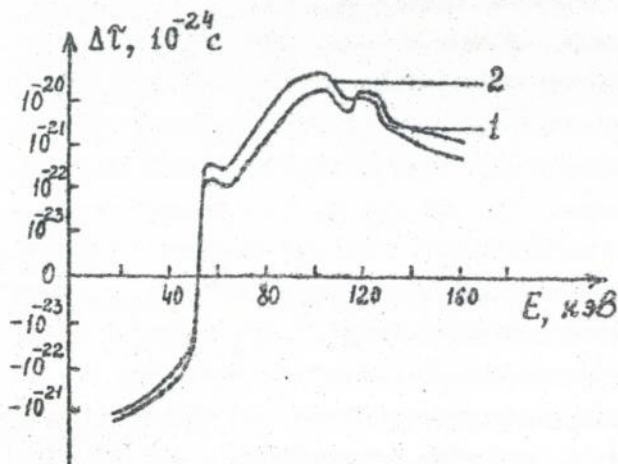


Рис. 3. Зависимость $\Delta\tau(E)$ в случае рассеяния нейтронов ядрами ^{32}S : кривая 1 $-\Delta\tau(E)_{\text{теор}}$, кривая 2 $-\Delta\tau(E)_{\text{эксп}}$.

Результаты выполненных расчетов наглядно демонстрируют, что разработанный метод позволяет довольно просто и удобно определять неизвестные энергетические уровни составного ядра из анализа низкоэнергетической структуры функции возбуждения для ядер с нулевым спином, благодаря чему он с успехом может применяться в ядерной спектроскопии. В диссертации отмечается, что возможно обобщение этого метода и на случай ядер с ненулевым спином и ненулевым значением собственного момента, хотя процедура расчетов при этом усложнится.

В третьей главе исследовано влияние интерференции изолированного резонанса с нерезонансным фоном на сечения и длительности ядерных реакций.

В первом параграфе этой главы даются общие сведения о поведении парциальной длительности процессов столкновений вблизи изолированного резонанса.

Во втором и третьем параграфах впервые исследовано поведение длительности и сечения рассеяния в области энергий вблизи двух резонансов и получены конкретные аналитические выражения для их определения, которые здесь не приводятся из-за значительной громоздкости. С помощью этих выражений в диссертационной работе были найдены зависимости от $E-E_r$ времени задержки многоканального рассеяния $\Delta T_{00}^{(0)}$ и соответствующих им сечений $\sigma_{00}^{(0)}$ для двух типичных процессов низкоэнергетического рассеяния нейтронов ядрами. Одна из этих зависимостей представлена на Рис. 4. Как видно из рисунка, каждому минимальному значению зависимости $\sigma_{00}^{(0)}(E-E_r)$ соответствует отрицательное минимальное значение зависимости $\Delta T_{00}^{(0)}(E-E_r)$, что обусловлено сильным искажением резонанса нерезонансным фоном, возникающим в результате их интерференции. В диссертации отмечается, что появление отрицательного знака вре-

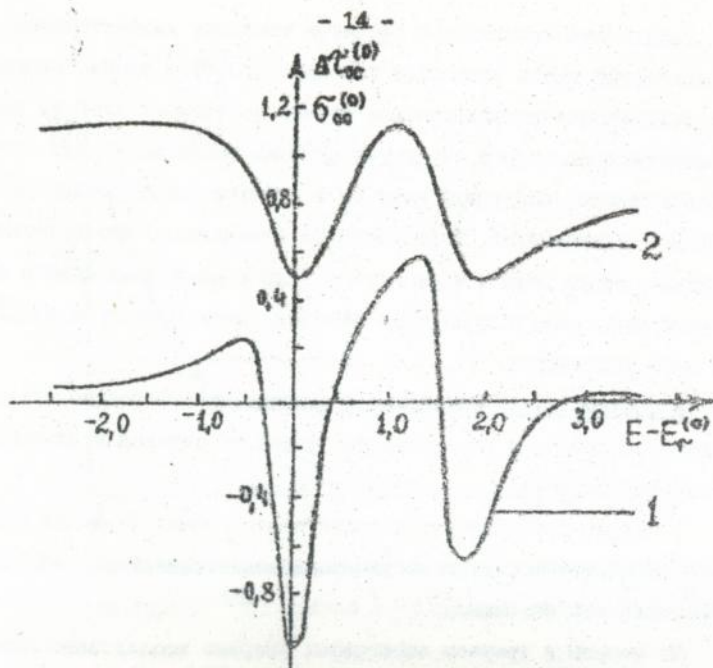


Рис. 4. Зависимости $\Delta L_{sc}^{(0)}(E - E_r)$ / кривая 1/ и $\sigma_{sc}^{(0)}(E - E_r)$ / кривая 2/ рассчитанные при следующих значениях параметров S -матрицы: $U = U_{00}^{(0)} = e^{i\delta_0}$; $S = S_{00}^{(0)} = e^{2i\delta_0}$; $\delta_0 = \pi/4$; $(P_1)_{00} = (P_2)_{00} = 0,25$; $(P_1 P_2)_{02} = 0,25$.

мени задержки связано с отражением от границ эффективного потенциала, обусловленного связью резонансных процессов в одних каналах с нерезонансными в других или с ускоряющим воздействием этого потенциала /если он является потенциалом притяжения/ при прохождении частиц через область его действия. Обращается внимание, что оба рассмотренных в этой работе примера могут послужить ориентацией для поисков эффекта изменения знака времени задержки в реальных нейтрон - ядерных реакциях в области минимумов сечений при предварительном определении параметров резонанса и

фона одним из методов, описанных в соответствующей литературе.

В четвертом параграфе проведено обобщение использованного в диссертации подхода на случай, когда сечения и времена задержки определяются T - матрицей или амплитудой, представляющей собой сумму парциальных амплитуд, а не одним только парциальным членом. Отмечается, что общее выражение, полученное для времени задержки, в отличие от парциальной длительности, справедливо и в одноканальном случае.

Четвертая глава посвящена теоретическому анализу экспериментальных данных, полученных методом тормозного излучения.

В первом параграфе этой главы изложена суть метода измерения времени протекания ядерной реакции с помощью тормозного излучения и приводится анализ литературы, посвященной такого рода исследованиям. Дается обоснование того, что для подтверждения гипотезы об искажении лоренцевской формы распределения времени задержки следует отдать предпочтение реакции, протекающей через один резонансный уровень.

Во втором параграфе сделан совместный теоретический анализ сечений и длительностей одноканального рассеяния. Получены аналитические выражения для амплитуды волновой функции налетающей частицы в случае рассеяния, идущего с возбуждением одного и двух резонансных уровней, что позволяет определять времена протекания и сечения ядерных реакций вблизи одного и двух резонансов при заданных значениях фаз рассеяния, либо определять эти фазы по полученным в соответствующих измерениях экспериментальным данным по длительности рассеяния. Исследовано явление искажения резонанса нерезонансным фоном для реакции $^{16}\text{O} + p$, протекающей через изолированный резонанс. С этой целью для амплитуды рассеяния было получено выражение

$$F(E, \theta) = [A(E - E_r) + iB\Gamma/2] [E - E_r + i\Gamma/2]^{-1} \quad (1)$$

где

$$A = f_0(E, \theta) + \frac{2l+1}{k} P_l(\cos \theta) e^{i\delta_l^0} \cdot e^{2i\eta_l^0} \cdot \sin \delta_l^0$$

$$B = f_0(E, \theta) - \frac{2l+1}{k} P_l(\cos \theta) \cdot e^{i\delta_l^0} \cdot e^{2i\eta_l^0} \cdot \cos \delta_l^0$$

$f_0(E, \theta)$ - амплитуда, включающая в себя амплитуду кулоновского и ядерного нерезонансного рассеяния, δ_l^0 - фазы рассеяния. Очевидно, что в случае, когда $A = 0$ и $B \neq 0$ выражение (1) переходит в простую формулу

$$F(E, \theta) = iB\Gamma/2 [E - E_r + i\Gamma/2]^{-1} \quad (2)$$

и, в соответствии с общим выражением для времени задержки ($\Delta t = \hbar \operatorname{Im} F(E, \theta) / E$), получается обычный резонанс лоренцевской формы. В случае же, когда $A \neq 0$ выражение (1) эквивалентно следующему

$$F(E, \theta) = A [E - E_r + i\alpha/2] [E - E_r + i\Gamma/2]^{-1} \quad (3)$$

где $\alpha = \Gamma B/A$. С помощью выражения (3) для амплитуды рассеяния в работе были рассчитаны дифференциальные сечения $d\sigma(E, \theta)/d\Omega = |F(E, \theta)|^2$ и длительности $\tau = 2R/v + \Delta t$ реакции $^{16}\text{O} + p$ для случая, когда эффекты искажения резонанса нерезонансным фоном оказывают существенное влияние на процесс рассеяния. Использование для амплитуды выражения (2) дало возможность определить $d\sigma(E, \theta)/d\Omega$ и $\tau(E, \theta)$ для случая, когда эффекты искажения отсутствуют. В частности, приведенные на Рис. 5 энергетические зависимости $\tau(E, \theta)$ наглядно демонстрируют высокую чувствительность к фазовым сдвигам фона, а также позволяют теоретически предсказать расщепление резонанса в длительности столкновений. В диссертации акцентируется внимание на том, что имеющее место расщепление существенно зависит от $\text{Re} \delta_l^0$, что указывает на важную роль кулоновской и ядерной фоновой компонент в общей кинематике и динамике столкновений и дается физи-

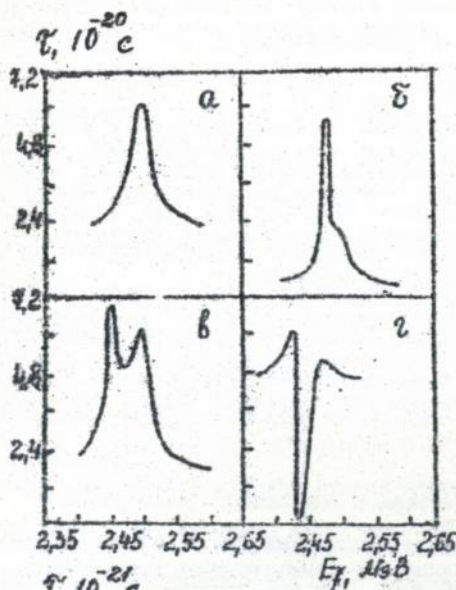


Рис. 5. Энергетическая зависимость длительности столкновений реакции $^{16}\text{O} + p$ при $E_i = 2,66$ МэВ для некоторых типичных случаев:

а/ $\delta_{\ell=0}^6 = 0$ и $\delta_{\ell=1}^6 = 0$

/эффекты искажения резонанса нерезонансным фоном отсутствует / $A = 0$ //

б/ $\delta_{\ell=0}^6 = 0$ и $\delta_{\ell=1}^6 = -\pi/4$,

в/ $\delta_{\ell=0}^6 = 0$ и $\delta_{\ell=1}^6 = \pi/8$,

г/ $\delta_{\ell=0}^6 = \pi/8$ и $\delta_{\ell=1}^6 = -\pi/2$.

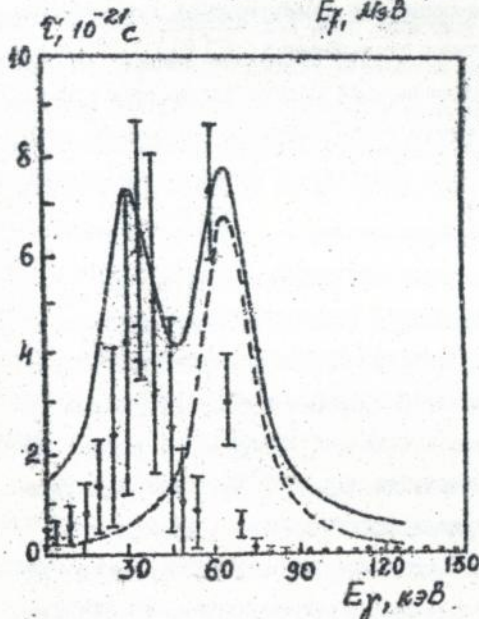


Рис. 6. Зависимость длительности рассеяния протонов ядрами ^{16}O от энергии вылетающих фотонов:

а/ измеренная методом тормозного излучения /отдельные точки/;

б/ рассчитанная с учетом эффектов искажения /сплошная линия/; $\delta_{\ell=0}^6 = 0,1$ и $\delta_{\ell=1}^6 = 0,24$;

в/ рассчитанная без учета эффектов искажения /пунктирная линия/.

ческое объяснение расщепления времени задержки вблизи антирезонанса сечения. Высказывается гипотеза о том, что совместный анализ зависимостей $d\delta(E, \theta)/d\Omega$ и $\tau(E, \theta)$ даст меньше двусмысленностей, чем фазовый анализ одной только зависимости $d\delta(E, \theta)/d\Omega$, поэтому определение фаз рассеяния с помощью полученных в работе выражений может применяться наряду с фазовым анализом данных с целью уменьшения степени его неоднозначности.

В третьем параграфе дается теоретический анализ длительности рассеяния и спектра тормозного излучения для реакции $^{16}\text{O} + p$ с учетом эффекта искажения резонанса нерезонансным фоном, а результаты этого анализа сравниваются с экспериментом. Показано, что учет искажающих эффектов позволил хорошо описать полученные экспериментально энергетические распределения разности фаз и длительности рассеяния. Рис.6 наглядно это демонстрирует для энергетической зависимости длительности столкновений $\tau(E_p)$. Отмечается, что полученные в диссертационной работе результаты могут быть в дальнейшем улучшены путем учета движения составного ядра, большего числа значений ℓ для амплитуды и связи между спином протона и полным моментом J .

В заключении приводятся основные результаты и выводы:

1. На основе теоремы Крылова - Фока разработан квантовый подход и получены аналитические выражения для определения вероятности распада составных ядер, образовавшихся в массбауэровских экспериментах. Применение этого метода для конкретного случая резонансного рассеяния γ - излучения ядрами ^{57}Fe позволило удовлетворительно описать экспериментальные данные в безмодельном представлении даже без учета некоторых факторов, оказывающих заметное влияние на процесс рассеяния. Учет неоднородного уширения

я конечной толщины источника и рассеивателя позволит в дальнейшем значительно усовершенствовать этот метод.

2. На основе сочетания S - матричного и временного анализа функций возбуждения нуклон - ядерного рассеяния разработан новый метод определения уровней связанных и виртуальных S - состояний составного ядра при заданных геометрических параметрах нуклон - ядерного потенциала. Результаты численных расчетов для случаев одноканальной рассеяния нейтронов ядрами ^{12}C и ^{32}S наглядно продемонстрировали, что разработанный метод позволяет довольно просто и удобно определять неизвестные энергетические уровни составного ядра, что делает возможным его применение в ядерной спектроскопии.

3. Впервые исследовано поведение длительности и сечения рассеяния в области энергий вблизи двух изолированных резонансов. Расчеты, выполненные для двух типичных случаев рассеяния, демонстрируют сильное искажение резонанса нерезонансным фоном, возникающим в результате их интерференции /каждому минимальному значению зависимости сечения от энергии $\sigma_{00}^{(0)}(E)$ соответствует отрицательное минимальное значение энергетической зависимости времени задержки $\Delta\tau_{00}^{(0)}(E)$ /. В работе сделано обобщение использованного подхода на случай, когда сечения и времена задержки определяются T - матрицей или суммой парциальных амплитуд, а не одним только парциальным членом, и получено общее выражение для длительности рассеяния справедливое, в отличие от парциальной длительности, и в одноканальном случае.

4. В результате совместного теоретического анализа дифференциальных сечений и длительностей рассеяния дано качественное объяснение энергетическим зависимостям $\sigma(E, \theta)$ и $\tau(E, \theta)$ и теоретически предсказано расщепление резонанса в длительности столкновений.

Получены аналитические выражения для длительности и сечения рассеяния, идущего с возбуждением одного и двух резонансных уровней. Исследовано явление искажения резонанса нерезонансным фоном для реакции $^{16}\text{O} + p$, протекающей через один резонанс. Теоретический анализ экспериментальных данных по длительности рассеяния и спектру тормозного излучения, полученных для реакции $^{16}\text{O} + p$, подтвердил тот экспериментальный факт, что эффекты искажения резонанса нерезонансным фоном оказывают существенное влияние на процесс рассеяния. Обстоятельно обоснована возможность практического использования разработанного подхода наряду с фазовым анализом данных /типа полученных методом тормозного излучения/ с целью уменьшения степени его неоднозначности.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ

В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Дорошко Н.Л., Ольховский В.С., Прокопец Г.А. Квантово-теоретическое объяснение временного распределения δ - квантов, резонансно рассеянных ядрами // Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра: Тезисы докладов 39-го совещания. Ташкент, 18-21 апреля 1989 г. - Л.: Наука, Ю, 1989. - С.246.
2. Дорошко Н.Л., Ольховский В.С., Прокопец Г.А. Квантово-теоретическое объяснение временного распределения δ - квантов, резонансно рассеянных ядрами ^{57}Fe // Изв. АН СССР. Сер. физическая. - 1990. - 54, №5. - С.988-990.
3. Дорошко Н.Л., Ольховский В.С., Прокопец Г.А. О возможности определения уровней связанных и виртуальных состояний составной системы на основе анализа функций возбуждения нуклонов - ядерного рассеяния // Ядерная спектроскопия и структура атомного ядра: Тезисы докладов 40-го совещания. Ленинград, 10-13

апреля 1990 г. - Л.: Наука, ЛО, 1990. - С. 379.

4. Дорошко Н.Л., Ольховский В.С., Прокопец Г.А. Возможность нахождения энергетических уровней связанных и виртуальных состояний составной системы на основе анализа функций возбуждения нуклон - ядерного рассеяния // Изв. АН СССР. Сер. физическая. - 1991. - 55, №1. - С. 78-80.
5. Дорошко Н.Л., Ольховский В.С. Влияние нерезонансного фона на сечения и длительности ядерных реакций вблизи резонанса // Укр. физич. журнал. - 1991. - 36, №4. - С. 495-498.
6. Doroshko N.L., Olkhovsky V.S. The influence of the nonresonance background on the cross sections and the durations of the nuclear reactions near an resonance // Nuclear reaction mechanisms: IX th International Simposium on Nuclear Physics. - Dresden, 12-16 nov. 1990. - Singapore, 1991. - P. 62-66.
7. Olkhovsky V.S., Doroshko N.L. Cross sections and duration of the proton- nucleus scattering near a resonance distorted by the nonresonance background and their phaseshift analysis // Eur. Let. - 1992. - 18, N 6. - P. 483-486.

Н. Дорошко

Подписано к печати 20.04. Объем 2 п. л.
Формат 60×84¹/₁₆. Заказ 1057 Тираж 100
Типография ВА ПВО СВ.

AB 27.384