

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ



UZ0602933

На правах рукописи

УДК 539.143

ХАЙДАРОВ РЕНАТ РАШИДОВИЧ

**Спектроскопическая информация по легким
галло-ядрам в рамках многочастичной
модели оболочек**

Специальность: 01.04.16 – “Физика ядра и элементарных
частиц”

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

ТАШКЕНТ—2004

Работа выполнена в Институте Ядерной Физики АН РУз.

Научные руководители: доктор физ.-мат. наук Г.Д. Ким
доктор физ.-мат. наук, профессор Р. Ярмухамедов

Официальные оппоненты:

доктор физ.-мат. наук, профессор (ФТИ НПО "Физика-Солнце" АН РУз, г. Ташкент)	В.М. Чудаков
кандидат физ.-мат. наук (ИЯФ АН РУз, г. Ташкент)	А.В. Хугаев

Ведущая организация:

Институт Ядерной Физики
Национального Ядерного Центра
Республики Казахстан
(г. Алматы, Казахстан)

Защита диссертации состоится "25" ноября 2004 года
в 10⁰⁰ час на заседании специализированного совета Д015.15.02 при Институте Ядерной
Физики АН РУз по адресу: 702132 г. Ташкент, пос. Улугбек, ИЯФ АН РУз, большой зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИЯФ АН РУз и фундаментальной
библиотеке АН РУз.

Автореферат разослан "22" октября 2004 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор физ.-мат. наук, профессор



Р.А. Хайдаров

Актуальность проблемы.

Большой интерес к изучению структуры так называемых "экзотических" ядер, расположенных вблизи линии β - стабильности, обусловлен тем, что эти ядра имеют структуру с рыхлым массовым распределением, которое простирается далеко от ядерного кора. Такие структуры называются гало-ядрами и являются одним из наиболее впечатляющих явлений в ядерной физике последних лет.

Гало состояние является в своей основе пороговым явлением, результатом наличия хотя бы одного связанного состояния, близкого к непрерывному. Комбинация низкой энергии отделения частицы и короткодействующий характер ядерных сил позволяет нуклону находиться с заметной вероятностью на расстояниях больше, чем ядерный радиус.

Трудности получения точной спектроскопической информации о гало-ядрах непосредственно из экспериментов, тесная связь их структуры с динамикой протекания реакций с их участием послужили в последние годы причиной повышенного интереса к детальным теоретическим исследованиям гало-ядер.

Отметим, что гало-ядра не могут быть описаны в рамках обычных оболочечных моделей, так как, к примеру, осцилляторный потенциал хорошо описывает внутреннюю часть ядра, но не периферию, которая является особо важной для расчёта гало-ядер, у которых значение среднеквадратичного радиуса заметно выше, чем у обычных ядер.

При использовании различных ядерных моделей для описания структуры экзотических гало-ядер, необходимо особое внимание обратить на асимптотическое поведение волновой функции валентного нуклона, учет непрерывного спектра, учет эффектов ассоциирования нуклонов или кластеризации и точный учет принципа Паули.

С учетом вышеприведенных факторов структура ряда легких гало-ядер рассматривалась различными авторами с использованием различных моделей метода резонирующих групп (таких как метод нуклонных ассоциаций, микроскопическая мультикластерная модель и др.). Однако поскольку в этих моделях базисные функции выбираются в виде гауссиан, то для достижения правильной асимптотики волновых функций и учета непрерывного спектра (высших парциально-волновых каналов) необходимо выбирать очень большое число пробных функций, что приводит к значительным усложнениям расчетов и к большим затратам компьютерного времени.

Поэтому весьма актуально развитие новых, более простых подходов для описания гало-структур, которые позволили бы на основе ясной физической картины объяснить

экспериментальные данные по экзотическим ядрам, накопленные за последние годы.

Цель данной работы состояла в следующем:

Развить потенциальный подход в рамках многочастичной модели оболочек, получить аналитические выражения для волновой функции и уравнения для определения ширины подбарьерного резонансного состояния. Применить развитый теоретический подход для описания характеристик одночастичных подбарьерных резонансных состояний для гало-ядер ${}^5\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ и ${}^{11}\text{N}$.

Оценить значения средне-квадратичных радиусов, распределения плотности нуклонов, магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов и спектроскопическую информацию для ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$ в рамках многочастичной модели оболочек в реалистическом потенциале Вудса-Саксона с использованием метода разложения по функциям Штурма-Лиувилля.

Оценить вклад 2p-оболочки ядра ${}^{13}\text{C}$ и процесса обменного замещения в астрофизический S-фактор реакции ${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ при энергиях $E_\alpha < 0.25$ МэВ в рамках потенциальной модели в приближении плоских волн с учетом эффектов антисимметризации.

Научная новизна и практическая ценность работы.

Впервые изучена структура зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$ с использованием теоретического подхода для описания одночастичных резонансных состояний, в основе которого лежит решение зависящего от времени уравнения Шредингера с использованием метода разложения по функциям Штурма-Лиувилля.

Получена спектроскопическая информация для протонного гало в ${}^8\text{B}$ и одновременно значения магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$ в рамках многочастичной модели оболочек с использованием техники генеалогических коэффициентов.

Разработан новый теоретический подход, позволяющий корректно описать экспериментальные статические характеристики по подбарьерным одночастичным резонансным состояниям в легких ядрах ${}^5\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ и ${}^{11}\text{N}$.

Оценены вклады 2p-оболочки ядра ${}^{13}\text{C}$ и механизма обменного замещения в астрофизическом S-факторе реакции ${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ при $E_\alpha < 0.25$ МэВ.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Развитый теоретический подход для исследования структуры легких гало-ядер и рассчитанные значения энергий и ширины одночастичных подбарьерных резонансных состояний ядер ${}^5\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ и ${}^{11}\text{N}$.

2. Полученные значения магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов, среднеквадратичных радиусов, энергий слабо связанного нуклона и распределения плотности нуклонов зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$.

3. Оценка вклада 2p-оболочки ядра ${}^{13}\text{C}$ и процесса обменного замещения в астрофизическом S-факторе реакции ${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ при $E_\alpha < 0.25$ МэВ.

Апробация работы, публикации и вклад автора

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на семинаре Отдела Ядерной физики ИЯФ АН РУз, на Республиканской конференции молодых физиков Узбекистана, (Ташкент, 2002), на 3,4 и 5 Международных конференциях "Современные проблемы Ядерной Физики" (Бухара 1999, Ташкент 2001, Самарканд 2003), на 3 Международной Конференции "Nuclear and Radiation Physics" (Алма-ата, 2001), на I и III Евразийских конференциях по ядерной физике и ее приложениям (Турция, Измир 2000; Узбекистан, Ташкент 2004)

Результаты, вошедшие в диссертацию, опубликованы в 13 работах в виде журнальных статей, тезисов и докладов на конференциях.

Автор принимал непосредственное участие в работах, представленных в диссертации, и его вклад является определяющим.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из Введения, трех Глав, Заключения и списка литературы. Работа изложена на 90 страницах, включая 9 таблиц, 5 рисунков и список литературы.

Краткое содержание работы

Во Введении охарактеризована общая ситуация, сформулированы задачи исследования, обоснована актуальность, практическая и научная значимость, перечислены результаты, выносимые на защиту, и кратко изложено содержание диссертации.

Первая глава посвящена развитию теоретического подхода для описания характеристик подбарьерных одночастичных резонансных состояний. В этом подходе предполагается, что ширина резонансного состояния внутри ядра до барьера мала, то есть внутреннее состояние является долгоживущим квазистационарным (квазисвязанным) состоянием. Вне ядра, на больших расстояниях, за барьером, ширина состояния больше ширины внутреннего состояния и его величина должна сравниваться с экспериментально наблюдаемым значением ширины резонанса. А под барьером ширина резонанса переменная величина, зависящая от радиальной координаты и она связывает внутреннюю ширину с наблюдаемой шириной за барьером.

В §1.1 получены аналитические выражения для волновой функции и из условий их сшивки - соотношения для определения ширины подбарьерного резонансного состояния в прямоугольной яме с прямоугольным барьером. Параметры ямы и барьера подбирались исходя из параметров полного реального потенциала, который берется в форме потенциала Вудса-Саксона с центральной, спин-орбитальной и кулоновской частями.

В §1.2 для нахождения волновой функции и ширины подбарьерного резонанса (при известном значении энергии резонанса) полный реальный потенциал был представлен в виде комбинации из двух осцилляторных потенциалов: осцилляторной ямы и осцилляторного барьера. Были получены аналитические выражения для волновой функции и соотношения для определения ширины подбарьерного резонансного состояния.

В §1.3 выведены выражения, которые позволяют получить волновые функции и ширины одночастичных подбарьерных резонансов в реалистическом потенциале Вудса-Саксона, эквивалентном к осцилляторному потенциалу.

В §1.4 на базе развитого теоретического подхода исследованы одночастичные подбарьерные состояния в ядрах ${}^5\text{He}$, ${}^3\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ и ${}^{11}\text{N}$, получены значения их энергий и ширины близкие к экспериментальным данным, которые представлены в Таблице 1.

Во второй главе магнитные дипольные и электрические квадрупольные моменты зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$ анализируются в рамках многочастичной модели оболочек с использованием двух подходов: 1) матричные элементы вычисляются через спектроскопические факторы и 2) непосредственно через ГК (генеалогические коэффициенты). Эти два подхода сравниваются как между собой, так и с другими подходами, основанными на методе резонирующих групп. Одночастичные протонные состояния в ядре ${}^8\text{B}$ вычислялись с учетом непрерывного спектра с использованием метода разложения по функциям Штурма-Лиувилля.

В §2.1 для рассматриваемых ядер ${}^8\text{B}$ и ${}^8\text{Li}$ ($J^\pi = 2^+$, $T = 1$) с применением протон-нейтронного формализма, получены следующие выражения для квадрупольных и магнитных моментов:

$$eQ = e_p^{eff} q_p + e_n^{eff} q_n. \quad (1)$$

Таблица 1. Значения энергий и ширины (в МэВ) резонансных подбарьерных состояний.

Канал распада	Состояние	E_{res}	Γ_{obs}
${}^5\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + n$	$1p_{3/2}$ (прямоуг. яма)	0.907	0.364
	$1p_{3/2}$ (экв. осцил. потенц)	0.90	0.54
	$1p_{3/2}$ (теор.)	0.80	0.73
	$1p_{3/2}$ (эксп.)	0.89	0.60
${}^6\text{Li} \rightarrow {}^4\text{He} + p$	$1p_{3/2}$ (прямоуг. яма)	2.196	1.253
	$1p_{3/2}$ (экв. осцил. потенц)	2.16	1.33
	$1p_{3/2}$ (эксп.)	2.15	1.30
${}^8\text{B} \rightarrow {}^7\text{Be} + p$	$1p_{1/2}$ (прямоуг. яма)	1.090	0.270
	$1p_{1/2}$ (экв. осцил. потенц)	1.090	0.423
${}^{11}\text{N} \rightarrow {}^{10}\text{C} + p$	$2s_{1/2}$ (прямоуг. яма)	1.300	0.901
	$2s_{1/2}$ (экв. осцил. потенц)	1.300	0.961
	$2s_{1/2}$ (теор.)	1.300	0.900
	$2s_{1/2}$ (эксп.)	1.300	0.990
${}^{11}\text{N} \rightarrow {}^{10}\text{C} + p$	$1p_{1/2}$ (прямоуг. яма)	2.040	0.718
	$1p_{1/2}$ (экв. осцил. потенц)	2.040	0.70
	$1p_{1/2}$ (теор.)	2.040	0.720
	$1p_{1/2}$ (эксп.)	2.040	0.690

Таблица 2. Значения матричных элементов q_N (в единицах fm^2), эмпирических эффективных зарядов e_N^{eff} и теоретических магнитных моментов (в ядерных магнетонах), (экспериментальные значения $\mu_{Nuc}({}^8\text{B}) = 1.0355$ и $\mu_{Nuc}({}^6\text{Li}) = 1.65395$)

Вариант	Ядро	q_n	q_p	e_n^{eff}	e_p^{eff}	μ_{Nuc} (теор)
I	${}^6\text{Li}$	4.163	0.800	0.577	1.095	1.367
	${}^8\text{B}$	0.800	5.813			0.988
II	${}^6\text{Li}$	4.024	0.879	0.570	1.109	1.617
	${}^8\text{B}$	0.879	5.705			1.041

$$\mu_{N_{\text{ucl}}} = \frac{2\sqrt{5}}{15} \{ e[2X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},1}^{(p)} + \sqrt{10}X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},1}^{(p)} - 2\sqrt{2}X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},1}^{(p)} \langle \varphi_{1p_{1/2}}^{(p)}(r) | \varphi_{1p_{3/2}}^{(p)}(r) \rangle + \sum_{\alpha=p,n} \mu_{\alpha} \{ -X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},1}^{(\alpha)} + \sqrt{10}X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},1}^{(\alpha)} + 4\sqrt{2}X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},1}^{(\alpha)} \langle \varphi_{1p_{1/2}}^{(\alpha)}(r) | \varphi_{1p_{3/2}}^{(\alpha)}(r) \rangle \} \}, \quad (2)$$

Здесь:

$$q_p = \frac{8}{5} \sqrt{\frac{2}{7}} [\langle \varphi_{1p_{1/2}}^{(p)}(r) | r^2 | \varphi_{1p_{3/2}}^{(p)}(r) \rangle X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},2}^{(p)} - \langle \varphi_{1p_{3/2}}^{(p)}(r) | r^2 | \varphi_{1p_{3/2}}^{(p)}(r) \rangle X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},2}^{(p)}], \quad (3)$$

$$q_n = \frac{8}{5} \sqrt{\frac{2}{7}} [\langle \varphi_{1p_{1/2}}^{(n)}(r) | r^2 | \varphi_{1p_{3/2}}^{(n)}(r) \rangle X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},2}^{(n)} - \langle \varphi_{1p_{3/2}}^{(n)}(r) | r^2 | \varphi_{1p_{3/2}}^{(n)}(r) \rangle X_{\frac{3}{2},\frac{3}{2},2}^{(n)}], \quad (4)$$

где e_N^{eff} - эффективный заряд нуклона (N); μ_N - магнитный момент нуклона; $\varphi_{1p_j}^{(N)}(r)$ - радиальная волновая функция нуклона в $1p_j$ - состоянии; $X_{j',j,k}^{(N)}$ - спектроскопическая амплитуда, которая выражается через весовые коэффициенты β_i и генеалогические коэффициенты; j, j' - полные угловые моменты нуклона в начальном и конечном состояниях соответственно; k - передаваемый полный угловой момент. В этом параграфе были также получены аналитические выражения для ядерных среднеквадратичных радиусов (протонных, нейтронных и массовых)

В §2.2 получены выражения для распределения плотности нуклонов и значения средне-квадратичных радиусов, из которых следует, что ядро ${}^8\text{B}$ имеет значительное протонное гало, а ${}^8\text{Li}$ несколько меньшее нейтронное гало. В таблице 2 приведенным значениям q_N и e_N^{eff} соответствуют эмпирические значения квадрупольных моментов $Q({}^8\text{B}) = 6.83 \text{ фм}^2$ и $Q({}^8\text{Li}) = 3.27 \text{ фм}^2$. В варианте I таблицы 2 приводятся результаты расчетов через одночастичные спектроскопические факторы, а в варианте II - результаты расчетов с помощью техники генеалогических коэффициентов в рамках нашей многочастичной модели оболочек, которые также представлены на рис. 1 для радиальной плотности и отвечают следующим значениям геометрических параметров потенциала Вудса-Саксона:

радиус нуклона $r_0 = 1,27$ фм и поверхностная диффузность $a = 0,65$ фм.

Таблица 3. Значения ядерных средне-квадратичных радиусов (в единицах фм).

Вариант	Ядро	$R_{r.m.s}^p$	$R_{r.m.s}^n$	$R_{r.m.s}^m$
I	8B	3.034	2.164	2.740
	8Li	2.164	2.727	2.531
II	8B	3.634	2.164	3.164
	8Li	2.164	3.079	2.772

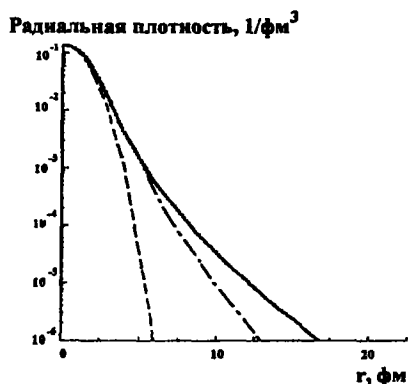


Рис. 2. Распределение протонной плотности в ядре 8B – сплошная кривая, нейтронной плотности в ядре 8Li – штрих-пунктирная кривая. Штриховая кривая – распределение нейтронной (протонной) плотности в ядре 8B (8Li).

В §2.3 исходя из полученных одночастичных протонных и нейтронных радиальных волновых функций определялись одночастичные асимптотические нормировочные коэффициенты b_{nl} , асимптотические нормировочные константы (АНК) C_{nl} и спектроскопические факторы $S_{nl}^{(p)}$. Было получено близкое к экспериментальному ($S_{17}^{exper}(0) = 23.5 \pm 3.7$ эВ · барн) значение астрофизического S-фактора для реакции захвата ${}^7Be(p, \gamma){}^8B$. Результаты расчетов с учетом ($V_s = 4.0474$ МэВ) и без учета ($V_s = 0$ МэВ) спин-орбитального $p - Be$ взаимодействия приведены в таблице 4.

Таблица 4. Спектроскопическая информация протонного гало ядра ^8B

nlj	$V_{i_0} = 0$		$V_{i_0} = 4.0474 \text{ МэВ}$	
	$1p_{3/2}$	$1p_{1/2}$	$1p_{3/2}$	$1p_{1/2}$
$E_{\text{bind}}, \text{МэВ}$	-0.1370	-0.1370	-0.1370	0.9758
b_{nl}	0.7647	0.7647	0.7666	
$S_{nl}^{(p)}$	0.9083	0.0302	0.8990	0.0273
C_{nl}	0.7288	0.1329	0.7268	
$S_{17}(0), \text{эВ барн}$	20.4285	0.6792	20.3187	

В третьей главе был исследован S-фактор реакции $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ при довольно низких энергиях $E_\alpha < 0.25 \text{ МэВ}$. В §3.1 получены аналитические выражения для полного сечения и астрофизического S-фактора реакции $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$, которая рассматривается как процесс обменного замещения, так и в комбинации с процессом протекания реакции через составное ядро в рамках простой феноменологической модели в приближении плоских волн с учетом эффектов антисимметризации.

В §3.2 показано, что если процесс обменного замещения рассматривать без учета 2p-оболочки в ядре ^{13}C , то полное сечение уменьшается в более чем 4 раза, то есть вклад 2p-оболочки в процесс обменного замещения весьма существен. Расчеты показывают, что в области энергии E_α от 0.8 МэВ до 0.25 МэВ преобладает процесс с образованием составного ядра, а при $E_\alpha < 0.25 \text{ МэВ}$ реакция $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ протекает, в основном, как процесс обменного замещения.

При $E_\alpha < 0.25 \text{ МэВ}$ экстраполированные к низким энергиям значения S-фактора заметно превышают результаты, полученные в рамках R-матричной теории, что по всей видимости связано с использованием нами плосковолнового приближения в начальном и конечном состояниях.

В заключении кратко сформулированы основные результаты диссертационной работы, которые можно свести к следующим выводам:

1. Развита теоретический подход для описания подбарьерных одночастичных резонансных состояний, основанный на предположении о том, что под барьером ширина резонанса является переменной величиной, зависящей от ширины барьера и радиальной координаты, и она связывает внутреннюю ширину с наблюдаемой шириной за барьером. Получены аналитические выражения для волновой функции и уравнения для определения ширины подбарьерного резонансного состояния в случаях: (I) в прямоугольной яме с прямоугольным барьером; (II) в осцилляторном потенциале с осцилляторным барьером.

На основе развитого подхода исследованы одночастичные подбарьерные состояния в ядрах ${}^5\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ и ${}^{11}\text{N}$, получены значения для их энергий и ширин, которые хорошо совпадают с экспериментальными данными.

2. Проведен анализ структуры зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$ при помощи усовершенствованного теоретического подхода для описания одночастичных резонансных состояний, в основе которого лежит решение зависящего от времени уравнения Шредингера с использованием метода разложения по функциям Штурма-Лиувилля. Получена спектроскопическая информация для протонного гало ядра ${}^8\text{B}$ значения среднеквадратичных радиусов и распределения плотности нуклонов, которые четко указывают на наличие протонного гало у ядра ${}^8\text{B}$. В рамках многочастичной модели оболочек с использованием техники Генеалогических Коэффициентов описаны экспериментальные магнитные дипольные и электрические квадрупольные моменты зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$, которые достаточно хорошо совпадают с имеющимися экспериментальными данными.
3. Проведен расчет астрофизического S-фактора для реакции ${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ в рамках потенциальной модели с учетом механизма обменного замещения в плосковолновом приближении, с учетом вклада 2p-оболочки в ядре ${}^{13}\text{C}$ и эффектов антисимметризации. Продемонстрирована необходимость учета вкладов 2p-оболочки в ядре ${}^{13}\text{C}$ и эффектов антисимметризации при оценке абсолютной величины S-фактора при энергиях $E_\alpha < 0.25$ МэВ

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в виде научных статей в журналах и сборниках

1. *Kim G., Khaydarov R.R., Il-Tong Cheon, Gareev F.A.* Dipole and Quadrupole Moments of Mirror Nuclei 8B and 8Li // Nuclear Physics A, 679 - 2001. - p. 304-316.
2. *Г. Ким, Р.Р. Хайдаров, Э.А. Запаров*, Структура ядра 8B с учетом непрерывного спектра // Узбекский Физический Журнал. - том 1, No. 3. - 1999. с. 156-172.
3. *Г. Ким, Р.Р. Хайдаров, Э.А. Запаров*, Реакция ${}^{13}C(\alpha, n){}^{16}O$ как процесс обменного замещения // Узбекский Физический Журнал. - том 1, No. 4. - 1999. с. 252-263.
4. *G. Kim, R.R. Khaydarov*, Structure of one nucleon halo nuclei ${}^{11}Be$ and ${}^{11}N$ // International Nuclear Physics Conference. University of California, Berkeley, USA, July 30-August 3, 2001, Abstracts. p.109.
5. *G. Kim, R.R. Khaydarov*, One particle resonances 5He , 6Li , 8B , ${}^{11}N$ halo nuclei // The 5-th International Conference "Modern problems of Nuclear Physics", August 12-15, 2003, Samarqand, Book of Abstracts. p.137-138.
6. *G. Kim, R.R. Khaydarov*, Dipole and Quadrupole Moments of 8Li and 8B Mirror Nuclei // Abstracts of the third international conference "Modern problems of nuclear physics", Bukhara, 23-27 August 1999, p. 110.
7. *Kim G., Khaydarov R.R.*, Structure of one nucleon halo light mirror nuclei ${}^{11}Be$ and ${}^{11}N$ // Abstracts of the 1st Eurasia conference on nuclear science and its application. 23-27 October 2000. Izmir, Turkey. p. 468-469.
8. *Г. Ким, Р.Р. Хайдаров*, Реакция ${}^{13}C(\alpha, n){}^{16}O$ как процесс обменного замещения // Тезисы докладов Международной конференции (XLIX Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра), Дубна, Москов-ской обл. 21-24 апреля, 1999. с. 268.
9. *Ким Г., Хайдаров Р.Р.*, Структура ядер ${}^{11}Be$ и ${}^{11}N$ в рамках многочастичной модели оболочек // Тезисы докладов Международной конференции "Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра". Санкт-Петербург, 14-17 июня, 2000. с. 97.

10. *Г. Ким, Р.Р. Хайдаров*, Дипольные и квадрупольные моменты зеркальных ядер ${}^8\text{Li}$ и ${}^8\text{B}$ // Тезисы докладов Международной конференции (XLIX Собрание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра), Дубна, Московской обл., 21-24 апреля, 1999. с. 401-402.
11. *R.R. Khaydarov*, Halo problem of Mirror Nuclei ${}^8\text{B}$ and ${}^8\text{Li}$ // Республиканская конференция молодых физиков Узбекистана, Улугбек, Ташкент, 3-4 декабря 2002. с. 21-22.
12. *G. Kim, R.R. Khaydarov*, Structure of one nucleon halo nuclei ${}^{11}\text{Be}$ and ${}^{11}\text{N}$ // 3-rd International Conference "Nuclear and Radiation Physics", June 4-7, 2001, Almaty, Kazakhstan, Abstracts, p.91. INPC 2001
13. *Kim G., Khaydarov R.R., Yarmukhamedov R.*, One particle sub-barrier resonance states in light halo nuclei // Abstracts of the 3rd Eurasia conference on nuclear science and its application, 4-8 October 2004, Tashkent p. 120.

Физика-математика фанлари номзоди илмий даражасига талабгор
Хайдаров Ренат Рашидовичнинг 01 04 16 - «ядро ва элементар
зарралар физикаси» ихтисослиги бўйича " Кўп заррали қобиклар
моделли доирасида гало ядролар бўйича спектроскопик маълумот"
мавзусидаги диссертациясининг

ҚИСҚАЧА МАЗМУНИ

Калит сўзлар: Гало, экзотик ядролар, қобик модели, тўсиқ ости ва
тўсиқ усти резонанс ҳолатлари, тўлқин функцияси асимптотикаси

Таdqққот объектлари енгил гало ядроларнинг таркиби ва тавсифи

Ишнинг мақсади: кўп заррали қобиклар модели доирасида
потенциал ендашувни ривотлантириш, тўлқин функцияси учун
аналитик ифодани ва тўсиқ ости резонанс ҳолат кенглиги аниқлаш
учун аналитик ифодани ва тўсиқ ости резонанс ҳолат кенглигини
аниқлаш учун тенгламани олиш. Ривожлантирилган назарий
ендашувни ${}^5\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ ва ${}^{11}\text{N}$ гало ядролар тавсифлари баени учун
қўллаш

Штурм-Лиувил функцияларига ёйиш методини қўллаш орқали ўрта
квадратик радиуслар қийматлари, нуклонлар зичлиги тақсимооти,
магнит дипол ва электр квадрупол моментлар ${}^8\text{B}$ ва ${}^6\text{Li}$ учун
спектроскопик маълумотни баҳолаш

${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ реакциянинг астрофизик S-факторга ${}^{13}\text{C}$ ядро 2p-қобиги
ва ўрин алмашинуви жараени берадиган қўшимчани баҳолаш

Таdqққот методи: Кўп заррали қобик модели доирасида назарий
ендашувлар

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Енгил ${}^5\text{He}$, ${}^5\text{Li}$, ${}^8\text{B}$ ва ${}^{11}\text{N}$
ядроларнинг тўсиқ ости бир заррали резонанс ҳолатлари орқали
экспериментал статик тавсифларни хатосиз баен қилиш имконига
эга, янги назарий усул ишлаб чиқилган

Биринчи бўлиб, вақтга боғлиқ Шредингер тенгламасини Штурм-
Лиувил функциялари бўйича ёйиш методини қўллаш билан ечишга
асосланган бир заррали резонанс ҳолатларни баен қилиш усулидан
фойдаланиб ${}^8\text{B}$ ва ${}^6\text{Li}$ кўзгу ядролари таркиби ўрганилган

Генеалогик коэффициентлар техникасидан фойдаланиш орқали 8B-да
протон галоси учун спектроскопик маълумот ҳамда ${}^8\text{B}$ ва ${}^6\text{Li}$ кўзгу
ядроларининг магнит дипол ва электр квадрупол моментлар
қийматлари олинган

${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ реакциянинг астрофизик S-факторга ${}^{13}\text{C}$ ядро 2p-қобиги
ва ўрин алмашинуви жараени берадиган қўшимча баҳоланган.

Амалий аҳамияти: Натижалар фундаментал характерга эга ва қуйи
энергиялар ядро физикаси соҳасида Ўзбекистон Республикаси ИТМ
ва ДУОларининг илмий-текшириш практикаларида фойдаланиш
мумкин.

Қўлланиш соҳаси: ядро физикаси, астрофизика

РЕЗЮМЕ

диссертации Хайдарова Рената Рашидовича на тему
"Спектроскопическая информация по легким гало-ядрам
в рамках многочастичной модели оболочек"

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01 04 16 - "Физика ядра и элементарных частиц"

Ключевые слова гало, экзотические ядра, оболочечная модель, под- и надбарьерное резонансное состояние, асимптотика волновой функции

Объект исследования структура и характеристики легких гало-ядер

Цель работы. Развить потенциальный подход в рамках многочастичной модели оболочек, получить аналитические выражения для волновой функции и уравнения для определения ширины подбарьерного резонансного состояния. Применить развитый теоретический подход для описания характеристик гало-ядер ^3He , ^5Li , ^8B и ^{11}N . Оценить значения средне-квадратичных радиусов, распределения плотности нуклонов, магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов и спектроскопическую информацию для ^8B и ^8Li с использованием метода разложения по функциям Штурма-Лиувилля

Оценить вклад $2p$ -оболочки ядра ^{13}C и процесса обменного замещения в астрофизический S -фактор реакции $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$

Метод исследования теоретические подходы в рамках многочастичной модели оболочек

Полученные результаты и их новизна

Разработан новый теоретический подход, позволяющий корректно описать экспериментальные статические характеристики по подбарьерным одночастичным резонансным состояниям в легких ядрах ^3He , ^5Li , ^8B и ^{11}N . Впервые изучена структура зеркальных ядер ^8B и ^8Li с использованием подхода для описания одночастичных резонансных состояний, в основе которого лежит решение зависящего от времени уравнения Шредингера с использованием метода разложения по функциям Штурма-Лиувилля. Получена спектроскопическая информация для протонного гало в ^8B и значения магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов зеркальных ядер ^8B и ^8Li с использованием техники генеалогических коэффициентов. Оценены вклады $2p$ -оболочки ядра ^{13}C и процесса обменного замещения в астрофизическом S -факторе реакции $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$

Практическая значимость: Результаты носят фундаментальный характер и могут быть использованы в научно-исследовательской практике в НИУ и ВУЗах Республики Узбекистан в области ядерной физики низких энергий

Область применения: ядерная физика, астрофизика

RESUME

Thesis of Mr Renat R. Khaydarov on the academic degree competition of the candidate of physics-mathematics sciences,
specialty 01 04 16 - Physics of nuclei and fundamental particles - entitled
"Spectroscopic information on light halo-nuclei
within the framework of multiparticle shell model"

KeyWords: halo, exotic nuclei, multiparticle shell model, sub-barrier and over-barrier resonance states, asymptotic of wave function

Research subject: structure and characteristics of light nuclei

Aim of the inquiry: to develop the potential approach within the framework of multiparticle shell model, to obtain analytical expressions for a wave function and equations for widths of sub-barrier resonance states, to apply the theoretical approach for obtaining properties of ^3He , ^5Li , ^8B and ^{11}N nuclei, to estimate values of root-mean-square radiuses, radial density of nucleons, magnetic dipole and electrical quadrupole moments and spectroscopic information for ^8B and ^8Li with use of a method of expansion on functions of Storm - Liouville, to estimate the contribution of 2p - shell of ^{13}C and process of exchange replacement to the astrophysical S-factor of $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ reaction.

Method of the research: theoretical approaches within the framework of multiparticle shell model

Achieved results and their novelty: New theoretical approach allowing to describe correctly the experimental static characteristics of sub-barrier one-particle resonance states in of ^5He , ^5Li , ^8B and ^{11}N light nuclei has been developed. Structure of ^8B and ^8Li light mirror nuclei with use of the approach for the description of one-particle resonance states based on the method of expansion on functions of Storm - Liouville has been investigated. The spectroscopic information for proton halo in ^8B and values of the magnetic dipole and electric quadrupole moments of ^8B and ^8Li with use of technique of genealogical coefficients have been obtained. The contribution of 2p - shell of ^{13}C and process of exchange replacement to the astrophysical S-factor of $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ reaction has been estimated.

Practical value: The results are fundamental and can be utilized in research institutions and universities of Republic of Uzbekistan in the field of nuclear physics of low energies

Application: nuclear physics, astrophysics



Chop etishga 2004.24.09 da ruxsat berildi

Nashriyot-hisob tabog'i 1,2

Adadi 100 nusxa

Buyurtma № 457

Muharrir: Fazilova Z.F.

Ўzbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Yadro Fizikasi Instituti
bosmaxonasida

"Rotaprint" nusxa k paitirish qurilmacida chop etildi.

702132, Toshkent, Mirzo-Ulug'bek tumani, Ulug'bek shaharchasi