

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

3827/82

16/8-82

P4-82-358

В.В.Воронов, В.Г.Соловьев, Ч.Стоянов

ФРАГМЕНТАЦИЯ ДЫРОЧНЫХ СОСТОЯНИЙ
В ^{207}Pb И $^{203,205,207}\text{Tl}$

1982

Ядра с массовыми числами $A \sim 208$ хорошо изучены экспериментально и теоретически. Достаточно полные данные имеются по характеристикам низколежащих состояний /см. /1,2//. В последние годы происходит быстрое накопление экспериментальных данных по фрагментации глубоколежащих дырочных состояний /3-6/. Фрагментация малоквазичастичных компонент волновых функций сферических и деформированных ядер интенсивно исследуется /7-11/ в рамках квазичастично-фононной модели ядра /12/. Расчеты фрагментации этих компонент для большого числа ядер хорошо согласуются с экспериментальными данными. В работе /11/ было показано, что квазичастично-фононная модель дает довольно хорошее описание фрагментации дырочных состояний в $^{205,207}\text{Pb}$. В данной работе мы исследуем фрагментацию дырочных состояний для ряда изотопов Pb и Tl .

Гамильтониан квазичастично-фононной модели ядра /12/ включает среднее поле в форме потенциала Саксона-Вудса, спаривательное взаимодействие и эффективные остаточные мультипольные и спин-мультипольные силы. Модельный гамильтониан в терминах операторов рождения и уничтожения квазичастиц и фононов приведен в /6,12/. Для нечетных сферических ядер волновые функции имеют вид

$$\Psi_{\nu}(JM) = C_{J\nu} \{ a_{JM}^{+} + \sum_{\lambda_1 j_1} D_j^{\lambda_1}(J\nu) [a_{j_1 m}^{+} Q_{\lambda_1 \mu_1}^{+}]_{JM} + \sum_{\lambda_1 j_1 \lambda_2 j_2} \sum_{j_1 j_2} F_{j_1 j_2}^{\lambda_1 \lambda_2}(J\nu) [Q_{\lambda_1 \mu_1 j_1}^{+} Q_{\lambda_2 \mu_2 j_2}^{+}]_{JM} \} \Psi_0. \quad /1/$$

Здесь a_{JM}^{+} , $Q_{\lambda \mu}^{+}$ - операторы рождения квазичастиц и фононов; Ψ_0 - волновая функция фононного вакуума. Волновая функция /1/ нормирована на единицу. Система уравнений для нахождения собственных энергий η_{ν} и коэффициентов волновой функции /1/ дана в /8,11/. При расчетах фрагментации высоковозбужденных состояний удобнее рассчитывать соответствующие силовые функции. Силовая функция для одноквазичастичной компоненты волновой функции /1/ имеет вид /8,12/:

$$C_{J\nu}^2(\eta) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\nu} C_{J\nu}^2 \frac{\Delta}{(\eta - \eta_{\nu})^2 + \Delta^2/4} = \frac{1}{\pi} \text{Im} \frac{1}{F(\eta + i\Delta/2)}, \quad /2/$$

где $F(\eta_\nu) = 0$ - секулярное уравнение для нахождения η_ν . Энергетический интервал Δ определяет способ представления результатов вычисления. Явный вид для /2/ приведен в /8/.

Параметрами квазичастично-фононной модели ядра являются параметры одночастичного потенциала и константы остаточных эффективных взаимодействий. В данной работе мы использовали такие же параметры потенциала Саксона-Вудса, как и в /13/, а для констант остаточных сил были взяты значения из /11/. Используя набор констант из /11/, удастся получить одновременное описание низколежащих коллективных состояний и гигантских резонансов в $^{206,208}\text{Pb}$. В расчетах мы полагали значение $\Delta = 0,2$ МэВ.

Приведем основные формулы, используемые при расчетах характеристик дырочных состояний.

Спектроскопические факторы реакций нуклонных передач типа (p, d) на подболочку j имеют вид

$$S_j^2 = (2j + 1) C_{j\nu}^2 v_j^2 \quad /3/$$

причем $v_j^2 = 1$ для реакции на ^{208}Pb . Соответствующая силовая функция равна

$$S_j^2(\eta) = (2j + 1) v_j^2 C_{j\nu}^2(\eta) \quad /4/$$

где $C_{j\nu}^2(\eta)$ определена формулой /2/. Интегральные характеристики распределения силы состояния определяются энергией центра тяжести \bar{E}_j и шириной Γ_j :

$$\bar{E}_j = \int_{\Delta E} \eta S_j^2(\eta) d\eta / N, \quad N = \int_{\Delta E} S_j^2(\eta) d\eta \quad /5/$$

$$\Gamma_j = 2,35\sigma, \quad \sigma^2 = \int_{\Delta E} (\bar{E}_j - \eta)^2 S_j^2(\eta) d\eta / N \quad /6/$$

В качестве примера в табл.1 приведены результаты расчетов ряда низколежащих дырочных состояний в ^{207}Pb . Экспериментальные данные для S^2 , полученные из различных типов реакций однонуклонных передач, просуммированы в /3/, в табл.1 даны их нижняя и верхняя оценки. Расчеты согласуются с экспериментальными данными и результатами работы /14/. Недавние исследования /3-5/ реакции $^{208}\text{Pb}(^3\text{He}, d)^{207}\text{Pb}$ позволили получить информацию о фрагментации подболочек $1h_{9/2}$, $1h_{11/2}$, $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$ в ^{207}Pb . Экспериментальные и рассчитанные нами распределения силы подболочки $1h_{11/2}$ приведены на рис.1. Как видно из рисунка, расчеты дают более сильную концентрацию силы, чем эксперимент. В расчетах не учитываются компоненты волновой функции "квазичастица плюс три и более фононов", которые могут привести к более сильной фрагментации подболочки $1h_{11/2}$. Было бы противоестественным, если бы расчеты с использованием волновой функции /1/ давали более

Таблица 1

Спектроскопические факторы некоторых низколежащих состояний в ^{207}Pb и ^{207}Tl

Ядро	$n\ell j$	E, МэВ		S^2	
		Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.
^{207}Pb	$1i_{13/2}$	1,629	1,6	8,5-14,5	12,7
	$2f_{7/2}$	2,334	2,7	5,1-10,4	6,3
	$1h_{9/2}$	3,415	3,6	5,8-9,6	8,7
^{207}Te	$3s_{1/2}$	0	0	1,26-1,9	1,9
	$2d_{3/2}$	0,351	0,43	4,35-4,5	3,9
	$1h_{11/2}$	1,341	1,6	7,28-10,8	10,1
	$2d_{5/2}$	1,674	1,9	3,13-3,6	4,6
	$1g_{7/2}$	3,47	3,7	3,2-6,43	6,0

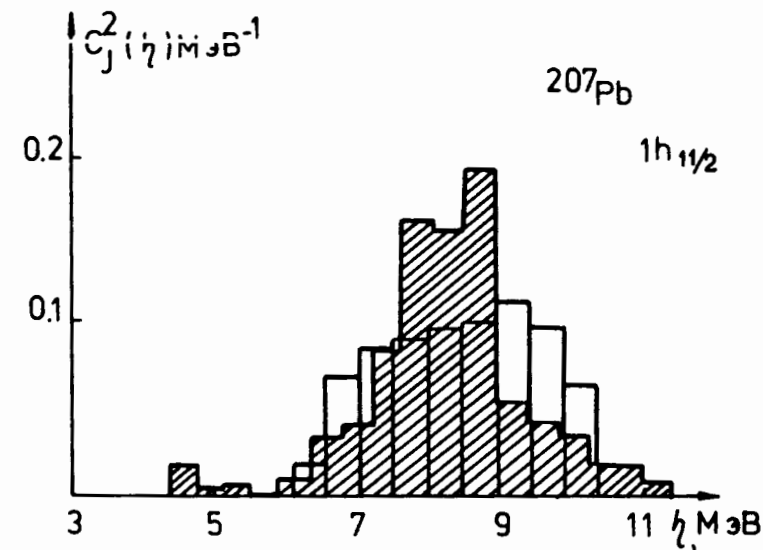


Рис.1. Экспериментальное /4/ и рассчитанное /заштрихованная область/ распределение силы подболочки $1h_{11/2}$ в ^{207}Pb .

Таблица 2

Интегральные характеристики глубоколежащих дырочных состояний в ^{207}Pb и ^{207}Tl

Ядро	$n\ell_j$	\bar{E} , МэВ		Γ_j , МэВ		$\int_{\Delta E} S_j^2(\eta) d\eta$		ΔE , МэВ
		Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.	
^{207}Pb	$1h_{11/2}$	8,5	8,4	$3,7 \pm 0,5$	2,5	71%	78%	6,7-10,5
	$1g_{7/2}$	10,8	11,2	-	2,3	-	90%	9,0-14,0
	$1g_{9/2}$	14	14,5	$5,1 \pm 0,5$	3,9	92%	78%	11,0-17,0
^{207}Tl	$1g_{7/2}$	-	3,9	-	-	-	88%	2,0-6,0
	$1g_{9/2}$	-	8,0	-	2,4	-	73%	6,0-11,0

сильную фрагментацию, чем получено экспериментально. Интегральные характеристики фрагментации подоболочки $1h_{11/2}$ представлены в табл.2, экспериментальные данные взяты из [11]. Для спин-орбитального расщепления $\Delta E_{\text{с.о.}} = \bar{E}_{1h_{11/2}} - \bar{E}_{1h_{9/2}}$

мы получаем величину $\Delta E_{\text{с.о.}} = 4,7$ МэВ при экспериментальном значении [4] 4,5 МэВ. Согласно [3,5] суммарная спектроскопическая сила для индивидуальных состояний составляет около 50% от полной подоболочки $1h_{11/2}$. Однако анализ [4] спектроскопической силы, локализованной во всей резонансноподобной структуре, дает величину 71%. Это хорошо согласуется с нашими результатами и расчетами работ [15,16]. Необходимо дальнейшее экспериментальное исследование фрагментации подоболочки $1h_{11/2}$ в ^{207}Pb .

Менее определенная информация существует о глубоколежащих дырочных уровнях $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$ в ^{207}Pb , интегральные характеристики которых даны в табл.2, причем экспериментальные данные взяты из [11]. Экспериментальное значение [4] $\Delta E_{\text{с.о.}} = 3,2$ МэВ, расчеты дают $\Delta E_{\text{с.о.}} = 3,3$ МэВ. По оценкам работы [6], в интервале /10-21/ МэВ исчерпывается порядка 80% силы подоболочек $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$, и $\bar{E}_{1g_{7/2}} \sim 13,5$ МэВ, $\bar{E}_{1g_{9/2}} \sim 16,0$ МэВ, что отличается от экспериментальных данных [3,4], с которыми лучше согласуются наши расчеты. Результаты наших расчетов для силовых функций $C_j^2(\eta)$ для подоболочек $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$ показаны на рис.2. Области локализации этих подоболочек достаточно хорошо разделены /они заметно перекрываются только в интервале 12,5-14,5 МэВ/. Необходимо дальнейшее эксперименталь-

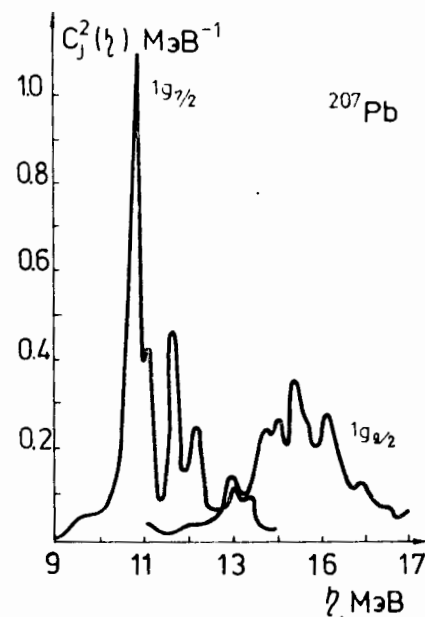


Рис.2. Фрагментация нейтронных дырочных подоболочек $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$ в ^{207}Pb .

ное исследование этих глубоколежащих дырочных состояний. В настоящее время фрагментация нейтронных и протонных подоболочек $1g_{7/2}$, $1g_{9/2}$ в области свинца исследуется в Орсе.

Результаты расчетов энергий спектроскопических факторов и экспериментальные данные из [6] для ряда низколежащих дырочных уровней ^{207}Tl даны в табл.1. Расчеты находятся в довольно хорошем согласии с экспериментом. Силовые функции $C_j^2(\eta)$ для подоболочек $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$ в изотопах $^{203}, ^{205}, ^{207}\text{Tl}$ приведены на рис.3. Фрагментация этих состояний в трех изотопах Tl очень похожа. Основная часть

силы состояния $1g_{7/2}$ сконцентрирована на нижайшем уровне, а состояние $1g_{9/2}$ сильно фрагментировано в интервале энергий /4 ÷ 13/ МэВ, в этом интервале исчерпывается около 90% силы подоболочки $1g_{9/2}$ во всех трех изотопах Tl, причем 60-70% силы локализовано в интервале /6 ÷ 10/ МэВ. Интегральные характеристики этих подоболочек даны в табл.2, спин-орбитальное расщепление равно $\Delta E_{\text{с.о.}} = 4,1$ МэВ. Экспериментальное изучение фрагментации подоболочек $1g_{7/2}$ и $1g_{9/2}$ проводится в Орсе.

В качестве другого примера фрагментации глубоколежащих дырочных протонных состояний на рис.3 показаны силовые функции $C_j^2(\eta)$ для состояний $2p_{1/2}$, $2p_{3/2}$ в $^{203}, ^{205}, ^{207}\text{Tl}$. Взаимодействие со сложными конфигурациями приводит к сильной фрагментации этих состояний в области /3-13/ МэВ, причем в ^{205}Tl и ^{203}Tl фрагментация более сильная, чем в ^{207}Tl . В отличие от подоболочек с большими ℓ , подоболочки $2p$ значительно перекрываются, что затрудняет экспериментальное выделение вклада состояний с различными $j = \ell \pm 1/2$. Исследование учета принципа Паули в компонентах "квазичастица плюс фонон" волновой функции [1], проведенное по методике работ [11,17], показало, что строгий учет принципа Паули слабо влияет на распределение силы дырочных состояний в ^{207}Pb и ^{207}Tl .

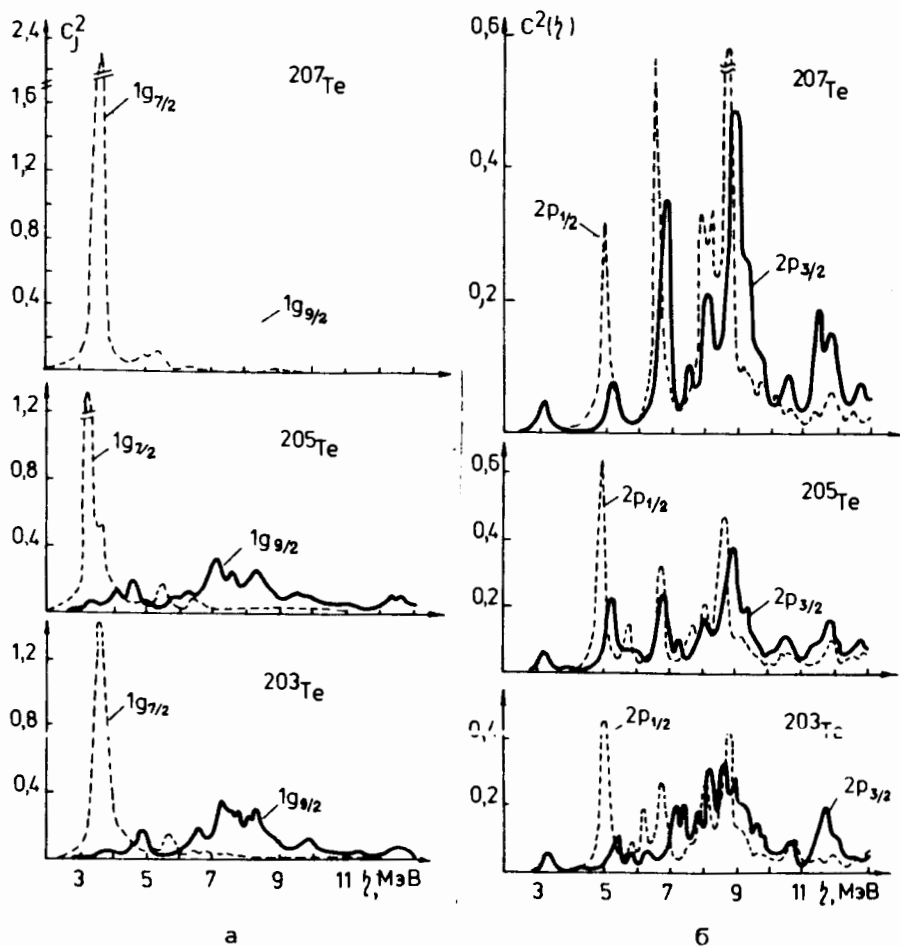


Рис. 3. Фрагментация протонных подоболочек: а/ $1g_{7/2}$, $1g_{9/2}$; б/ $2p_{1/2}$ и $2p_{3/2}$ в изотопах $^{203,205,207}\text{Tl}$.

В целом квазичастично-фонная модель дает довольно хорошее описание фрагментации глубоколежащих дырочных состояний, и наши расчеты могут служить ориентиром при экспериментальном исследовании этих ядер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmorak M.R. Nucl.Data Table, 1980, 31, p. 283.
2. Куш В. ЭЧАЯ, 1974, 5, с. 334.

3. Gales S. et al. Phys.Rev., 1978, C18, p. 2475.
4. Gales S. Nucl.Phys., 1981, A354, p. 193; Preprint IPNO Ph.81-05, Orsay, 1981.
5. Guillot et al.Phys.Rev., 1980, C21, p. 879.
6. Flyn E.R. et al. Nucl.Phys., 1977, A279, p. 394.
7. Malov L.A., Soloviev V.G. Nucl.Phys., 1976, A270, p. 87.
8. Soloviev V.G., Stoyanov Ch., Vdovin A.I. Nucl.Phys., 1980, A342, p. 261.
9. Soloviev V.G., Stoyanova O., Voronov V.V. Nucl.Phys., 1981, A370, p. 13.
10. Вдовин А.И., Стоянов Ч., Чан Зуй Кхьонг. Изв. АН СССР, сер.Физ., 1979, 43, с. 998.
11. Воронов В.В., Чан Зуй Кхьонг. Изв. АН СССР, сер.Физ., 1981, 45, с. 1909.
12. Соловьев В.Г. ЭЧАЯ, 1978, 9, с. 580; Nucleonica, 1978, 23, p. 1149.
13. Ponomarev V.Yu. et al. Nucl.Phys., 1979, A323, p. 446.
14. Ring P., Werner E. Nucl.Phys., 1973, A211, p. 198.
15. Bortignon P.F., Broglia R.A. Nucl.Phys., 1981, A371, p. 405.
16. Nguen Van Giai. In: Proc. Int.Symp. on Highly Excited States in Nuclear Reactions, Osaka, 1980, p. 682.
17. Chan Zuy Khuong, Soloviev V.G., Voronov V.V. J.Phys., 1981, G7, p. 151.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 мая 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Воронов В.В., Соловьев В.Г., Стоянов Ч. Фрагментация дырочных состояний в ^{207}Pb и $^{208,206,207}\text{Tl}$ P4-82-358

В рамках квазичастично-фононной модели ядра рассчитана фрагментация ряда дырочных состояний в ^{207}Pb и $^{208,206,207}\text{Tl}$. В расчетах помимо одноквазичастичных компонент и компонент "квазичастица плюс фонон" в волновых функциях учтены компоненты "квазичастица плюс два фонона". Расчеты хорошо описывают экспериментальные данные для спектроскопических факторов низколежащих состояний ^{207}Pb и ^{207}Tl . Получено правильное описание интегральных характеристик глубоколежащих дырочных состояний ^{207}Pb , возбуждаемых в реакции $^{208}\text{Pb}(\alpha, n)^{207}\text{Pb}$.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Voronov V.V., Soloviev V.G., Stoyanov Ch. Fragmentation of Deeply-Bound Hole States in ^{207}Pb and $^{208,206,207}\text{Tl}$ P4-82-358

Within quasiparticle-phonon nuclear model the fragmentation of some deeply-bound hole states in ^{207}Pb and $^{208,206,207}\text{Tl}$ is calculated. The model wave function includes the "quasiparticle plus phonon" and "quasiparticle plus two phonons" components. The good agreement with the experimental data for the spectroscopic factors of low-lying states in ^{207}Pb and ^{207}Tl is obtained. The integral characteristics of deeply-bound hole states, which are excited in the $^{208}\text{Pb}(\alpha, n)^{207}\text{Pb}$ reaction, are correctly described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод авторов.