Reemhuk

МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4 - 1968

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 539.17

И. В. КУРДЮМОВ, Ю. Ф. СМИРНОВ

СЕЧЕНИЕ ФОТОПОГЛОЩЕНИЯ НА ЯДРЕ В11

Выполненное в последние годы исследование фоторасщепления некоторых ядер 1 р-оболочки позволяет обнаружить целый ряд особенностей как в поведении резонансной кривой возбуждения, так и в соотношении каналов отдельных реакций. Причем наиболее основательно исследованы в этом отношении ядра начала и конца оболочки, т. е. ядра, близкие к магическим. Трудности в исследовании ядер середины оболочки на эксперименте в первую очередь обусловлены большим числом открытых каналов реакций, в теоретическом отношении, кроме того, большим числом открытых каналов реакций, в теоретическом отношении, кроме того, большим числом одночастичных переходов, формирующих резонанс. Совершенствование методики и техники эксперимента, а также разработка математического аппарата теории возволили продвинуться и в исследовании немагических ядер 1 р-оболочки. Результаты работ [1, 2, 3] свидетельствуют о плодотворности применения аппарата модели оболочек к описанию фоторасщепления немагических ядер 1 р-оболочки. Работы [2, 3] выполнены в базисе LS-связи. В ядрах конца оболочки картина приближается к чистой *jj*-связи. В работе [4] выполнен расчет сечения фотопоглощения на ядре С¹⁴ в базисе *jj*-связи. Однако это ядро нестабильно и для него пока нельзя сравнить результаты расчета с экспериментом, а следовательно, и проверить справедливость такого подхода.

В ядре В¹¹ в основном состоянии реализуется промежуточная связь, более близкая к чистой *jj*-, чем *LS*-связи. Об этом говорят результаты расчетов в базисе волновых функций *jj*-связи [5] и расчетов в базисе *LS*-связи [6]. В связи с этим целесообразно провести расчет динольного фотопоглощения на ядре **B**¹¹ в приближении *jj*-связи.

В отличне от С¹⁴, где имеется всего два типа дипольных переходов, в В¹¹ наблюдается шесть типов таких переходов с характеристиками J^{π} , $T = 1/2^+$, 1/2; $3/2^+$, 1/2; $5/2^+$, 1/2; $1/2^+$, 3/2; $3/2^+3/2$; $5/2^+3/2$. Энергетическое положение возбужденных состояний типа $|(1s_{1/2})^4$, $(1p_{3/2})^6 J_2T_2$, $2s_{1/2}(1d_{3/2}|d_{5/2}) > 3$ дра В¹¹ в диагональном приближении можно оценить в рамках схемы слабой связи 2s (1d) нуклона с *p*-каркасом, используя экспериментальные данные о положении одночастичных уровней в ядрах С¹³ и Ве⁹ (см. [7]). Энергии связи 2s - 1d нуклона в возбужденном состоянии $|(1s_{1/2})^4, (1p_{3/2})^6 J_2 = 3$, $T_2 = 0$, $2s_{1/2}(1d_{3/2}, 1d_{5/2}) > относительно основного состояния B¹⁰ определяем путем интер$ нолирования экспериментальных данных по спектрам ядер С¹³ и Ве⁹ [12]. При этом по $лучаем: <math>E_{CB}(2s_{1/2}) = 0.2$ Мэв, $E_{CB}(1d_{5/2}) = 0.1$ Мэв и $E_{CB}(1d_{3/2}) = -4.3$ Мэв. Энергии состояний той же конфигурации с другими J_2T_2 получаем добавлением к найденным значениям величины энергии возбуждения уровней с соответствующими J_2T_2 ядра В¹⁰ [12], характеристики которых определяем в соответствин с расчетом [8] в промежуточной связи. Энергическое положение конфигурации $(1s_{1/2})^3$ ($1p_{3/2})^8$ В¹¹ определяется как разность между энергией связи 1s протона в ядре С¹³ и 1p протона, что составляет согласно данным по реакции (*e*, *e*) [9] 20 Мэв. Положение уровней типа | $(1s_{1/2})^3$, $(1p_{3/2})^2$ $1R_{1/2}$ $\{J_{23}T_{23}\}$ -относительно состояния в С¹² [8]. После выбора диагонального приближения недиагональные элементы матрицы гамильтониана вычисляем с остаточным взаимодействием вида

$$V_{12} = -V_0 \exp(-r^2/b^2) (0,5W + 0,5M),$$

где $V_0 = 55 M_{98}$, $(r_0/b) = 1 \left(r_0^2 = \frac{\hbar^3}{m_0} -$ параметр осцилляторных волновых функций $\right)$. Принятые значения параметров близки к используемым в расчетах такого типа. В отличие от работы [4] мы учитываем не только «сильные» переходы, а все переходы, которые возможны и для которых матричный элемент дипольного оператора отличен от нуля.



Интегральное сечение поглощения дипольных у-квантов на ядре В¹¹. Гистрограммы — результаты настоящей работы. Сплошная кривая — сечение реакций $\sigma(\gamma, n) + \sigma(\gamma, pn) + 2\sigma(\gamma, 2n)$ [10]; пунктирная — увеличенное на порядок сечение реакции В¹¹ (γ, t)2 α [11]. Стрелками указаны пороги реакций: с индексом 1 реакции В¹¹ (γ, α)Li⁷, 2 — В¹¹(γ, p)Ве¹⁰ и В¹¹(γ, t)Ве⁸, 3 — В¹¹(γ, n)В¹⁰, $4 - B^{11}(\gamma, d)$ Ве⁹

Обсуждение результатов. После диагонализации матриц получаем энергетический спектр одноквантовых возбужденных состояний и волновые функции, с помощью которых вычисляем интегральное сечение фотопоглощения. Результаты приведены на рисунке (гистограммы). Из рисунка видно, что несмотря на значительную разницу в положении уровней диагонального приближения (см. табл. 1), в итоге формируется инрокий, но довольно четкий максимум кривой гигантского резонанса, что аналогично выводам [4]. Уровни с энергией возбуждения до 8,67 Мэв обусловлены в основном возбуждениями, связанными с движением центра масс ядра (нефизические возбуждения). В пользу этого вывода свидетельствует тот факт, что названные уровни с увеличением амплитуды сил V_0 значительно опускаются, отделяясь от всех других. Небольшое сечение, которое они несут, обусловлено примесными компонентами волновых функций.

В настоящее время отсутствуют экспериментальные данные по полному сечению фотопоглощения на В¹¹. С имеющимися данными экспериментов по сечению реакций с выходом нейтронов [10] и реакции В¹¹ (у) t 2d [11] результаты нашего расчета качественно согласуются. Анализ структуры волновых функций состояний, несущих значительную дипольную сумму, показывает, что в В¹¹, как и в других ядрах, заметно конфигурационное расцепление, которое скажется на распадных свойствах возбужденных состояний [3]. В частности в состояния с E_{γ} до 25 *Мэв* доминируют конфигурации типа | (1s_{1/2})⁴ (1p_{3/2})⁶ 2s_{1/2} (1d_{3/2} 1d_{5/2})> состояния с $E_{\gamma} = 28$ *Мэв* и выше соответствуют в основном конфигурации с дыркой в 1s-оболочке.

	Состояние	Энергия, Мэв	Возможные значеная J, T
$ (1s_{1/2})^4; (1p_3)$	$(J_1)^6 J_2 T_2 = 01, 2s_1, \rangle$	13.1	1/, 1/, 1/, 3/,
$(1s_{1/2})^{4}; (1p_{3})^{4};$	$J_{2}^{\prime 2} = J_{2}^{\prime 2} = 01, J_{2}^{\prime 2} = 01, J_{3}^{\prime 2$	18,3	3/2 1/2; 3/2 3/2
$ (1s_{1/2})^4; (1p_3)^4 $	$J_{2}^{\prime 2} J_{2}^{\prime 2} = 01, 1d_{s} J_{2}^{\prime 2}$	13,9	5/, 1/, 5/, 3/
$ (1s_{1/2})^4; (1p_3)^4 $	$J_{1_2}^{\prime 2})^6 J_2 T_2 = 21, 2s_{1_1}$	17,2	5/2 1/2; 3/2 3/2; 5/2 3/2
$ (1s_{1/2})^4; (1p_2)$	$J_{3/3}^{\prime 2})^{6} J_{2}T_{2} = 21, 1d_{3/3}^{\prime 2}$	22,4	1/2 1/2; 3/2 1/2; 5/2 1/2; 1/2 3/2;
	/* /2		3/2 3/2; 5/2 3/2
$(1s_{1/2})^4; (1p_3)^4$	$(J_2)^6 J_2 T_2 = 21, 1d_{5/2}$	18,0	$1_{2} 1_{2}; 3_{2} 1_{3}; 5_{2} 1_{2}; 1_{2} 3_{2};$
	12 12		3/2 3/2; 5/2 3/2
$ (1s_{1/2})^4; (1p_3)^4 $	$(J_{2})^{6} J_{2}T_{2} = 10, 2s_{1/2}$	11,6	1/2 $1/2$; $3/2$ $1/3$
$ (1s_{1/2})^4; (1p_3)$	$(J_{2})^{6} J_{2}T_{2} = 10, 1d_{s} _{2}$	16,8	1/2 $1/2$; $3/2$ $1/2$; $5/2$ $1/2$
$\{(1s_{1/2})^4; (1p_3)^4\}$	$J_{2}^{\prime})^{6} J_{2}T_{2} = 10, 1d_{s_{1}}^{\prime}$	12,4	3/2 1/2; 5/2 1/2
$ (1s_{1/2})^4; (1p_1)^4 $	$(J_2)^6 J_2 T_2 = 30, 2s_{1/2}$	10,6	5/2 1/2
$(1s_{1/2})^4; (1p_3)$	$J_{s_{12}}^{*}$) $J_2 T_2 = 30, 1d_{s_{12}}$	15,8	3/2 1/2; 5/2 1/2
$ (1s_{1/2})^4; (1p_3)$	$J_{3/2}^{6}$ $J_{2}T_{2} = 30, 1 d_{3/2}$	11,4	$1/_{2}$ $1/_{2}$; $3/_{2}$ $1/_{2}$; $5/_{2}$ $1/_{2}$
$ (1s_{1/2})^3; (1p_3)$	$J_{2})^{8} J_{2}T_{2} = 00 >$	20	1/2 1/2
$ (1s_{1/2})^3; (1p_3)$	$J_{2/2}^{(1)}$ $1p_{1/2} \{ J_{23}T_{23} = 10 \} \rangle$	36,1	$1/_{2} 1/_{2}; 3/_{2} 1/_{2}$
$ (1s_{1/2})^3; (1p_3)$	$J_{1,0}^{7} 1p_{1/2} \{J_{23}T_{23} = 11\}$	37,8	$1/_{2} 1/_{2}; 3/_{2} 1/_{2}; 1/_{2}; 3/_{2}; 3/_{2} 3/_{2}$
$ (1s_{1/2})^3; (1p_3)$	$J_{2}^{(1)}$ $1p_{1/2} \left\{ J_{23}T_{23} = 20 \right\} $	24	3/2 1/2; 5/2 1/2
$ (1s_{1/2})^3; (1p_3)$	$J_{1/2}^{(2)} 1 p_{1/2} \left\{ J_{23} T_{23} = 21 \right\}$	37,3	$3/_{2} 1/_{2}; 5/_{2} 1/_{2}; 3/_{2} 3/_{2}; 5/_{2} 3/_{2}$

Энергетическое положение возбужденных состояний В¹¹ с полным спином J и изоспинем Т в диагональном приближении

Результаты настоящего расчета показывают, что оболочечный подход в приближении јј-связи оказывается оправданным при описании сечения фотопоглощения на ядрах второй половины 1 р-оболочки.

Для экспериментальных исследований представляют интерес реакции: (γ, p) , основное сечение которой, очевидно, находится в районе $E_{\gamma} = 15-25$ Мэв, (γ, d) — в надпороговой области при $E_{\nu} = 16-18~M_{36}$, а также многочастичные развалы, существенный вклад которых можно ожидать при Е, выше 20 Мэв.

В заключение выражаем благодарность В. Г. Неудачину за постоянное внимание к работе и ценные дискуссии.

ЛИТЕРАТУРА

- Курдюмов И. В., Эль Самаран С. Х., Смир ва К. В. «Изв. АН СССР», сер. физич., 30, 292, 1966.
 Самаран С. Х., Смирнов Ю. Ф., Юрьев Б. А. ядерной спектроскопии и структуре ядра. Смирнов Ю. Ф., Шитико-
- Тезисы 17 совещания по
- 3. Кукулин В. И., Майлинг Л., Смирнов Ю. Ф. Тезисы 17 совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра.
- 4. Балашов В. В., Майлинг Л., Рамазанова Л. А., Шитикова К. В., Ядровский Е. Л. «Изв. АН СССР», сер. физич., 29, 1177, 1965. 5. Amit D., Katz A. Nucl. Phys., 58, 388, 1964.

- 6. Бояркина А. Н. «Изв. АН СССР», сер. физич., 28, 338, 1964.
 7. Неудачин В. Г., Шевченко В. Г., Юдин Н. П. Труды II Всесоюзной кон-ференции по ядерным реакциям при малых и средних энергиях. М., Изд-во АН СССР, 1962.
 8. Кираль D. Dhys. Dov. 101, 216, 1055.

- 8. Kurath D. Phys. Rev., **101**, 216, 1956. 9. Jacob G., Th. Mapis A. I. Rev. Mod. Phys., **38**, 121, 1966. 10. Hayward E., Stovall T. Nucl. Phys., **69**, 241, 1965. 11. Eldos P., Scherrer P., Stoll P. Helv. Phys., Acta., **26**, 207, 1953. 12. Ajzenberg-Selove F., Laupitsen. Nucl. Phys., **11**, 1, 1959.

Поступила в редакцию

30.10 1967 r.

106

ниияф