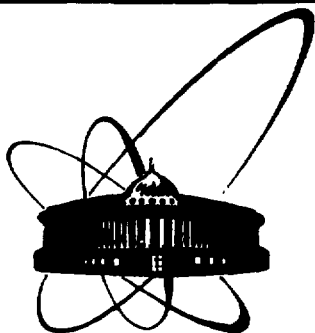


Р6-92-531



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-92-531

В.А.Морозов

ВЛИЯНИЕ ЗАМЫКАНИЯ ОБОЛОЧЕК
НА ПАРАМЕТР СМЕСИ МУЛЬТИПОЛЕЙ
 $\delta(E2/M1)$ В l -ЗАПРЕЩЕННЫХ МАГНИТНЫХ
ДИПОЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ

Направлено в журнал «Ядерная физика»

1992

1-запрещенные магнитные дипольные переходы представляют собой особую группу переходов, присущую тем нечетным ядрам, которые в соответствии с моделью оболочек классифицируются как переходы, идущие между состояниями с $\Delta I=2$, $\Delta I=1$, $\pi_i \cdot \pi_f = +1$. 1-запрещенные m_1 -переходы наблюдаются во всем диапазоне массовых чисел нечетных ядер, которые близки к замкнутым или имеют замкнутые оболочки и подоболочки. К наиболее характерным особенностям переходов такого типа относятся: высокая степень запрета m_1 -мультиполя (фактор запрета $F_{\mu}(m_1)$ обычно имеет величину от нескольких десятков до нескольких сотен в зависимости от того, между какими оболочками он происходит) и малое значение параметра смеси $\delta(\epsilon_2/m_1)$. Параметр смеси характеризует отношение матричных элементов мультиполей смеси в 1-запрещенном переходе

В работе [1] впервые было обращено внимание на изменение приведенной величины параметра $\delta(\epsilon_2/m_1)/\epsilon_{\gamma}$ в 1-запрещенных переходах типа $n, p(3s_{1/2} \leftrightarrow 2d_{3/2})$ в ядрах Cd , Sn , Tl по мере приближения к замкнутой оболочке. При этом параметр смеси перехода принимает минимальное значение в том ядре, в котором произошло замыкание оболочки.

Накопленные экспериментальные данные позволяют провести подобный анализ для 1-запрещенных m_1 -переходов для более широкого круга ядер [2,3]. В таблице 1,2 приведены данные относительно протонных и нейтронных 1-запрещенных m_1 -переходов типа $Zs_{1/2} \rightarrow 1d_{3/2}$ и $3s_{1/2} \rightarrow 2d_{3/2}$.

В таблице 1 приведены ссылки на работы, в которых содержатся данные по значениям $\delta(\epsilon_2/m_1)$. Знаки параметров смеси приводятся в том случае, когда они установлены однозначно. Вводятся они по определению Крейна и Стеффена [4], в основе которого лежит представление об эмиссии исследуемого излучения.

В этой таблице представлены те ядра, остов которых имеет замкнутые оболочки с числом нуклонов 14,16,18,20. Отметим близость по величине значений приведенных параметров смеси в ядрах ^{29}Si и ^{29}P , имеющих одинаковый остов и отличающихся только видом нечетного нуклона. Малое значение приведенного параметра смеси характерно, очевидно, для легких ядер с дважды магическим остовом

Таблица 1. Приведенные параметры смеси мультиполей в 1-запрещенных m1-переходах типа $2s_{1/2} \rightarrow 1d_{3/2}$

Z_A	Начальное состояние	$E_{ур.}/E_{\gamma}$ (МэВ)	$\delta(E2/M1)$	$\delta(E2/M1)/E_{\gamma}$	Литература
$^{34}_{14}S_{1/2}$	$d_{3/2}$	1,273	+0,205(12)	+0,16	[7]
$^{32}_{16}S_{1/2}$	$s_{1/2}$	0,840	0,151(4)	0,18	[11]
$^{29}_{15}P_{1/2}$	$d_{3/2}$	1,384	-0,17(1)	-0,12	[7]
$^{31}_{15}P_{3/2}$	"	1,266	-0,29(1)	-0,23	[7]
$^{33}_{16}P_{1/2}$	"	1,431	-0,60(9)	-0,42	[7]
$^{35}_{17}Cl_{1/2}$	$s_{1/2}$	1,219	0,106(8)	0,09	[11]
$^{37}_{17}Cl_{3/2}$	"	1,727	0,25(2)	0,14	[11]
$^{39}_{19}K_{2/2}$	"	2,523	0,84(2)	0,33	NPA, 521(1990) 524
$^{41}_{19}K_{3/2}$	"	0,980	0,34(5)	0,35	[8]

при $N=2$, как установлено в работе [5]. Подтверждение этому мы находим и в ядре $^{35}_{17}S$ и в изотопах Cl и K . Для изотопов ^{15}P наблюдается уменьшение параметра смеси мультиполей по мере уменьшения числа нейтронов от 18 до 14 - рис. 1.1. Отметим, что по данным, представленным в работе [6], число нуклонов $N=15$ является магическим. Это установлено при анализе изменения энергии связи S_{2n} в ядрах с $Z=6+12$. Число $Z=15$ также следует считать магическим, если принять во внимание поведение фактора запрета $F(M1)$. Как это следует из рассмотрения рис. 2, происходит увеличение значения этого фактора не только при $N=15$, но и при $Z=15$.

Таблица 2. Приведенные параметры смеси мультиполей в 1 -запрещенных $m1$ -переходах типа $3s_{1/2} \rightarrow 2d_{3/2}$

Z, A_N	Начальное состояние	$E_{ур. \gamma} / E_{\gamma}$ (МэВ)	$\delta(E2/M1)$	$\delta(E2/M1) / E_{\gamma}$	Литература
$^{111}_{48}Cd_{63}$	$d_{3/2}$	0,342	+0,39(2)	+1,14	[9]
$^{113}_{48}Cd_{65}$	"	0,298	+0,29(1)	+0,97	[9]
$^{115}_{50}Sn_{65}$	"	0,497	+0,21(2)	+0,42	NDS,52(1987)565
$^{117}_{50}Sn_{67}$	"	0,159	+0,0133(15)	+0,08	NDS,50(1987)63
$^{119}_{50}Sn_{69}$	"	0,024	<0,006	<0,25	NDS,26(1979)207
$^{121}_{52}Te_{69}$	"	0,212	+0,23(1)	+1,08	[9]
$^{123}_{52}Te_{71}$	"	0,159	+0,111(3)	+0,70	[9]
$^{125}_{52}Te_{73}$	"	0,035	+0,027(1)	+0,77	[9]
$^{136}_{58}Ce_{81}$	$s_{1/2}$	0,255	<0,33	<1,31	ОИЯИ,Р6-81-524, 1381
$^{141}_{60}Nd_{81}$	"	0,194	0,39(2)	2,01	NDS,63(1991)573
$^{145}_{64}Gd_{81}$	$d_{3/2}$	0,027	0,09(2)	3,33	NDS,49(1986)1
$^{193}_{79}Au_{114}$	$s_{1/2}$	0,038	0,46(2)	12,11	NDS,61(1990)519
$^{195}_{79}Au_{116}$	"	0,061	0,45(1)	7,38	NDS,57(1989)1
$^{197}_{79}Au_{118}$	"	0,077	-0,352(5)	-4,57	[10]
$^{199}_{79}Au_{120}$	"	0,077	0,22(3)	2,86	[10]
$^{201}_{81}Tl_{120}$	$d_{3/2}$	0,331	+1,33(6)	+4,02	[10]
$^{203}_{81}Tl_{122}$	"	0,279	+1,17(5)	+4,19	[10]
$^{205}_{81}Tl_{124}$	"	0,203	+1,18(20)	+5,81	NDS,45(1985)145
$^{207}_{81}Tl_{126}$	"	0,351	+0,271(4)	+0,77	NDS,43(1984)383

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что изотопы Sn с сильно замкнутой протонной оболочкой $z=50$ имеют в районе $n=64, 68$ приведенные параметры смешивания существенно меньшие, чем в соседних ядрах с $z=48$ и 52 . Интересна группа ядер с $n=81$. В ^{139}Ce , имеющем замкнутую протонную подоболочку с $z=58$, значение параметра смеси принимает минимальное значение. Подобный порядок величины параметра смешивания должен был бы быть и для перехода $27,3$ кэВ, учитывая магичность числа $z=64$. Однако этого не наблюдается - рис. 1.2. Очевидно, требуются дополнительные исследования по уточнению мультипольности этого перехода. В изотопах Au наблюдается устойчивая тенденция по уменьшению абсолютного значения приведенного параметра смешивания по мере приближения к магическому числу $n=126$. Среди изотопов Tl этот параметр принимает минимальное значение для 1 -запрещенного перехода в ^{207}Tl ($n=126$) - рис. 1.3.

Отметим, что для рассмотренных переходов наблюдается влияние замыкания оболочки на значение параметра смеси мультиполей как при последовательном изменении числа нуклонов остова однопольных с нечетным нуклоном, так и при изменении числа нуклонов остова другого типа по сравнению с типом нечетного нуклона, совершающим 1 -запрещенный переход.

Помимо рассмотренных 1 -запрещенных переходов имеется другая обширная группа переходов типа $\nu(2d_{5/2} \rightarrow 1g_{7/2})$ - таблица 3.

Данные, представленные в этой таблице и на рис. 3.1, позволяют установить четко выраженный оболочечный эффект в поведении значений приведенных параметров смеси при замкнутой подоболочке с $n=68$ и оболочке $n=82$.

Аналогично проявляется влияние замыкания оболочки на величину параметра смешивания мультиполей и для 1 -запрещенных переходов типа $\nu(2f_{7/2} \rightarrow 1h_{9/2})$ и $\nu(2f_{5/2} \rightarrow 3p_{1/2})$ - таблица 4, рис. 3.2.

Проведенный анализ абсолютных величин приведенных параметров смешивания мультиполей для 1 -запрещенных переходов различных типов с очевидностью показал влияние замыкания оболочек с $n=14, 16, 18, 20, 50, 68, 82, 126$ на значения этих параметров. В большинстве случаев диапазон изменения их значений находится в пределах от $0,09$ до $0,5$ для переходов, происходящих в ядрах, имеющих четно-четный остов с замкнутыми оболочками, и от 1 и выше для переходов, происходящих в ядрах, имеющих остов с незамкнутыми оболочками.

Таблица 3. Приведенные параметры смеси мультиполей в i -запрещенных m_1 -переходах типа $\rho(2d_{5/2} \rightarrow 1g_{7/2})$

Z_A	Начальное состояние	$E_{ур.}/E_{\gamma}$ (МэВ)	$\delta(E2/M1)$	$\delta(E2/M1)/E_{\gamma}$	Литература
1	2	3	4	5	6
$^{119}_{51}\text{Sb}_{68}$	$g_{7/2}$	0,270	-0,118(16)	-0,44	[8]
$^{123}_{53}\text{Sb}_{72}$	$d_{5/2}$	0,160	0,079(15)	0,49	NDS,29(1980)453
$^{125}_{53}\text{Sb}_{74}$	"	0,332	-0,59	-1,78	[12]
$^{121}_{53}\text{I}_{68}$	$g_{7/2}$	0,133	0,02(4)	0,15	NDS,26(1979)385
$^{125}_{53}\text{I}_{72}$	"	0,113	0,12(2)	1,06	NDS,32(1981)497
$^{127}_{53}\text{I}_{74}$	$d_{5/2}$	0,058	-0,084(6)	-1,45	[9]
$^{129}_{53}\text{I}_{76}$	"	0,028	-0,045(14)	-1,61	[9]
$^{131}_{53}\text{I}_{78}$	$g_{7/2}$	0,150	-0,37(15)	-2,46	[12]
$^{129}_{55}\text{Cs}_{74}$	"	0,189/0,182	0,25(2)	1,37	NDS,39(1983)551
$^{131}_{55}\text{Cs}_{76}$	"	0,079	0,07	0,89	[12]
$^{133}_{55}\text{Cs}_{78}$	$d_{5/2}$	0,081	-0,151(2)	-1,86	[9]
$^{135}_{55}\text{Cs}_{80}$	"	0,250	$\approx 0,42$	1,68	[12]
$^{131}_{57}\text{La}_{74}$	$g_{7/2}$	0,195/0,169	0,14	0,83	NPA,213(1973)1
$^{133}_{57}\text{La}_{76}$	"	0,131	0,24(5)	1,83	NDS,49(1986)639
$^{135}_{57}\text{La}_{78}$	"	0,119	0,21(1)	1,76	NDS,52(1981)205
$^{139}_{57}\text{La}_{82}$	$d_{5/2}$	0,166	-0,008(12)	-0,05	[9]
$^{139}_{59}\text{Pr}_{80}$	$g_{7/2}$	0,114	-0,16(2)	-1,40	ОИЯИ, Р6-6054, 1971
$^{141}_{59}\text{Pr}_{82}$	"	0,145	+0,069(7)	+0,48	[9]

1	2	3	4	5	6
$^{142}\text{Pr}_{84}$	$d_{5/2}$	0,057	+0,039(4)	+0,68	[9]
$^{142}\text{Pm}_{82}$	$g_{3/2}$	0,197	+0,18(4)	+0,91	ОИЯИ, РБ-5517, 1970
$^{142}\text{Pm}_{82}$	"	0,272	<0,15	<0,55	NDS, 64(1991)429
$^{143}\text{Pm}_{84}$	"	0,061	<0,045	<0,74	NDS, 49(1986)1
$^{147}\text{Pm}_{86}$	$d_{5/2}$	0,091	+0,094(9)	+1,03	[9]
$^{149}\text{Pm}_{88}$	"	0,114	+0,12(1)	+1,05	[9]
$^{147}_{63}\text{Eu}_{84}$	$g_{3/2}$	0,229	+0,126(17)	+0,55	[9]
$^{149}\text{Eu}_{86}$	"	0,150	+0,11(4)	+0,73	[9]
$^{151}\text{Eu}_{88}$	"	0,021	0,029(1)	1,38	[9]

Таблица 4. Приведенные параметры смеси мультиполей в 1-запрещенных m_1 -переходах типа $p(2f_{7/2} \rightarrow 1h_{9/2})$ и $n(2f_{5/2} \rightarrow 3p_{3/2})$

Z, A_{π}	Начальное состояние	$E_{ур.}/E_{\gamma}$ (МэВ)	$\delta(E2/m_1)$	$\delta(E2/m_1)/E_{\gamma}$	Литература
$^{193}_{80}\text{Ho}_{113}$	$f_{5/2}$	0,039	0,062(10)	1,59	[10]
$^{193}\text{Ho}_{113}$	"	0,053/0,016	0,028(6)	1,75	[10]
$^{199}\text{Ho}_{119}$	$p_{3/2}$	0,208/0,050	-0,039(3)	-0,78	[8]
$^{209}_{83}\text{Bi}_{126}$	$f_{7/2}$	0,896	-0,70(5)	-0,78	NDS, 63(1991), 723
$^{211}\text{Bi}_{128}$	"	0,405	-1,1(1)	-2,72	NDS, 63(1991), 79

Наблюдается постоянство знака отношения матричных элементов $E2$ -и $m1$ -мультиполей в переходах различных типов для определенных групп ядер. Однако не во всех рассмотренных случаях установлен знак параметра $\delta(E2/m1)$, что не позволяет однозначно высказаться о характере изменения знака параметра смешивания в переходах при последовательном изменении чисел протонов или нейтронов в тех нуклидах, в которых происходят 1 -запрещенные $m1$ -переходы.

Этот вопрос требует, очевидно, дальнейшего изучения и расширения круга исследуемых ядер.

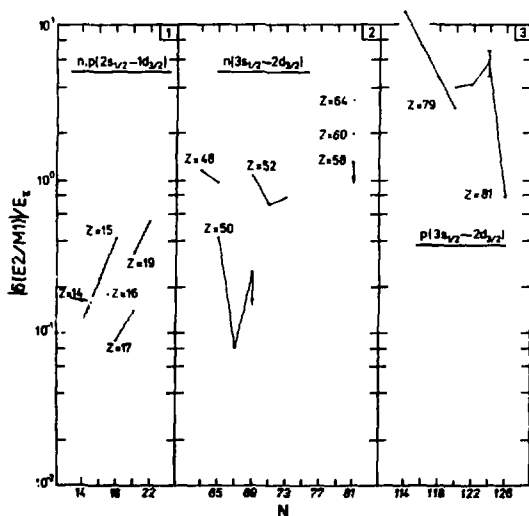


Рис. 1. Абсолютные величины приведенных параметров смеси мультиполей $\delta(E2/m1)/E_{\pi}$ для 1 -запрещенных $m1$ -переходов типа $1/2 \rightarrow 3/2$.

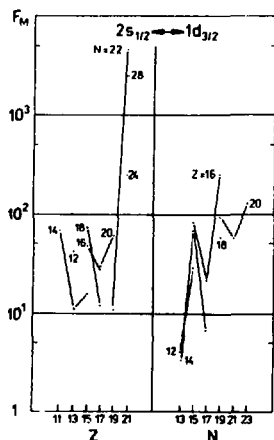


Рис. 2. Факторы запрета 1-запрещенных m_1 -переходов в легких ядрах.

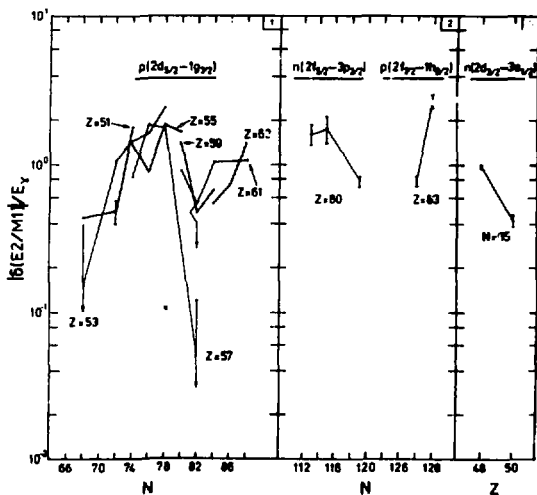


Рис. 3. Абсолютные величины приведенных параметров смеси мультиполей $\delta(E2/M1)\Psi_{E\gamma}$ для 1-запрещенных m_1 -переходов типа: 3.1 - $p(2d_{3/2} \rightarrow 1g_{7/2})$; 3.2 - $n(2f_{7/2} \rightarrow 3g_{7/2})$ и $p(2f_{7/2} \rightarrow 1h_{9/2})$; 3.3 - $2d_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2}$.

Литература

1. В.А.Морозов, ЯФ, 1992, т.55, с.2587.
2. Н.А.Бонч-Осмоловская, В.А.Морозов, М.А.Долгополов, И.В.Копытин.- ЭЧАЯ, 1987, т.18, с.739.
3. Н.А.Бонч-Осмоловская, М.А.Долгополов, И.В.Копытин, В.А.Морозов. Сообщения ОИЯИ, Р6-85-868, Дубна, 1985.
4. K.S.Krane,R.S.Steffen. Phys.Rev.. C2. 1970. p.724.
5. В.А.Морозов. ЭЧАЯ, 1991, т.22, с.765.
6. C.Audi. In "Workshop on Nuclear Structure of Light Nuclei far from stability: Experiment and Theory" (Obernai, France, Nov. 1989).
7. K.S.Krane. ADNDT, 1978, v.22, p.269.
8. K.S.Krane, ADNDT, 1980, v.25, p.29.
9. K.S.Krane, ADNDT, 1977, v.19, p.363.
10. K.S.Krane, ADNDT, 1976, v.18, p.137.
11. P.M.Endt, C.Van Der Leun. Nucl.Phys., 1978. A310. p.1.
12. "Table of Isotopes" ed.by C.M.Lederer, V.S.Shirley, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 декабря 1992 года.

Морозов В.А.

P6-92-531

Влияние замыкания оболочек на параметр смеси мультиполей $\delta(E2/M1)$ в l -запрещенных магнитных дипольных переходах

Проведен анализ значений приведенных параметров смешивания мультиполей $\delta(E2/M1)/E_\gamma$ в l -запрещенных $M1$ -переходах. Показано, что эти параметры принимают минимальные по абсолютной величине значения при замыкании оболочек или подоболочек в ядрах. Кроме того, из анализа факторов запрета $F(M1)$ следует, что число $Z = 15$ так же, как и $N = 15$, является магическим.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод автора

Morozov V.A.

P6-92-531

Influence of Shell Closure on the $\delta(E2/M1)$ Multipole Mixture for l -Forbidden Magnetic Dipole Transitions

The analysis of the reduced multipole mixing ratio $\delta(E2/M1)/E_\gamma$ was performed for l -forbidden $M1$ -transitions. It was shown that these parameters have minimum in their absolute value at the shell or subshell closure in nuclei. It was also established by analysing the hindrance factors $F(M1)$ that the proton number $Z = 15$ is the magic one, as the neutron number $N = 15$.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992

16 руб. 56 коп.

Редактор М.И.Зарубина. Макет Т.Е.Попеко.

Подписано в печать 20.01.93.

Формат 60х90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 1,19.

Тираж 355. Заказ 46028.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.