

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



M-296

22/11-75
P6 - 9005

Н.З.Марупов, В.А.Морозов, Т.М.Муминов

3537/2-75

ℓ -ЗАПРЕЩЕННЫЕ M1 -ПЕРЕХОДЫ

ТИПА $1g_{7/2} \rightleftharpoons 2d_{5/2}$ И $2d_{3/2} \rightleftharpoons 3s_{1/2}$

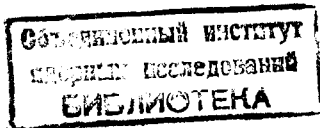
1975

Н.З.Марупов,* В.А.Морозов, Т.М.Муминов*

ℓ -ЗАПРЕЩЕННЫЕ M1 -ПЕРЕХОДЫ

ТИПА $1g_{7/2} \longleftrightarrow 2d_{5/2}$ И $2d_{3/2} \longleftrightarrow 3s_{1/2}$.

Направлено в Acta Physica Polonica



* Самаркандский государственный университет
им. А.Навои

Марупов Н.З., Морозов В.А., Муминов Т.М.

P6 - 9005

ℓ -запрещенные M1-переходы типа $1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2}$ и $2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2}$

В работе собраны сведения о временах жизни уровней, разряжающихся ℓ -запрещенными M1-переходами типа $n(1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2})$, $n(2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2})$, $p(1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2})$ и $p(2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2})$.

Вычислены приведенные вероятности и одночастичные факторы запрета для этих M1-переходов и их E2-компонент.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Marupov N.Z., Morozov V.A., Muminov T.M. P6 - 9005

ℓ -Forbidden M1-Transitions of $1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2}$ and $2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2}$ Type

The lifetimes of the nuclear excited states which decay through ℓ -forbidden M1-transitions $1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2}$, $2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2}$ are compiled. The reduced transition probabilities and single-particle hindrance factors for M1-transitions and their E2-components are calculated.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

Проблема ℓ -запрещенных магнитных дипольных переходов возникла фактически одновременно с созданием модели ядерных оболочек, которая постулировала существование квантового числа ℓ , характеризующего орбитальный момент количества движения нуклона и необходимость выполнения строгих правил отбора по нему. В рамках оболочечной модели M1-переходы между состояниями с $\Delta j = 1$, $\pi_i \pi_f = +1$ и $\Delta \ell = 2$ /переходы типа $1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2}$, $2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2}$, $1f_{5/2} \leftrightarrow 2p_{3/2}$ и т.д./ невозможны, вследствие равенства нулю матричного элемента для переходов с изменением орбитального момента. Однако при изучении магнитных дипольных переходов /в основном в области $110 \leq A \leq 150$ и $A > 190$ / обнаружено значительное число ℓ -запрещенных переходов. Изучение таких переходов вызывает большой интерес как у физиков-экспериментаторов, так и у теоретиков в связи с важностью выявления физических факторов, ответственных за снятие этого запрета.

С рассматриваемым явлением связаны следующие основные экспериментальные факты:

1. Наблюдение конечных значений факторов запрета M1-переходов $F(M1) = T_{1,2 \text{ эксп}}^Y / T_{1/2 \text{ с.р.}}^Y$ /обычно $10^2 - 10^3$ /.

2. Значения факторов запрета M1-переходов коррелируют с величиной отклонений значений магнитных моментов рассматриваемых состояний от линии Шмидта.

3. Часто наблюдается так называемый эффект проникновения, приводящий к аномальным значениям коэффициентов внутренней конверсии для ℓ -запрещенных переходов.

Наибольшее количество экспериментальных сведений имеется о вероятностях ℓ -запрещенных переходов. Они очень чувствительны к деталям структуры ядра /т.к. пропорциональны квадрату матричных элементов переходов/ и поэтому содержат ценную информацию о факторах, ответственных за снятие ℓ -запрета.

Систематика вероятностей ℓ -запрещенных M1-переходов была проведена в 1968 году Э.Е.Берловичем /1/. В настоящее время количество данных о ℓ -запрещенных M1-переходах существенно увеличилось - обнаружены новые ℓ -запрещенные переходы, для ряда случаев уточнены значения периодов полураспада уровней и значения $\delta^2 = E2/M1$. В связи с этим мы считали интересным на основе всех имеющихся в настоящее время сведений о временах жизни уровней, разряжающихся ℓ -запрещенными переходами типа $n, p(1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2})$, $n, p(2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2})$ в области ядер $110 \leq A \leq 150$ и $A > 190$, вычислить значения приведенных вероятностей и одночастичных факторов запрета ℓ -запрещенных M1-переходов и их E2-компонент.

Вероятности ℓ -запрещенных M1-переходов

В табл. 1 и 2 собраны экспериментальные данные о нейтронных переходах типа $n(1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2})$ и $n(2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2})$, в табл. 3 и 4 - о протонных переходах типа $p(1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2})$ и $p(2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2})$, соответственно. Первый столбец каждой таблицы содержит ядро, в котором происходит переход. Во втором столбце приведена энергия уровня $E_{ур.}$, в третьем - энергия перехода - E_{γ} , в четвертом столбце - период полураспада уровня $T_{1/2 \text{ эксп.}}$, средневзвешенное значение известных $T_{1/2 \text{ эксп.}}$ обозначено звездочкой *). В столбце 5 - спины и четности начального I_i^{π} и конечного I_f^{π} состояний ядра. В столбце 6 - доля примеси E2-мультипольности в смешанном переходе $\delta^2 = E2/M1$, в случае, когда экспериментальных данных о δ^2 нет, в расчетах принималось

Таблица 1

Переходы типа $n(1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2})$

Ядро	E _{ур.} кэВ	E _γ кэВ	T _{1/2} эксп. нс	I _i ^π → I _f ^π	S ² (%)	B(M1) _{эксп.} (e ² / 2Mc ²) e ² ядер ²	B(E2) _{эксп.} e ² ядер ²	Факторы(M1)F _{факт.} (E2)	Литература		
									II	III	I2
¹⁰⁵ ₄₈ Cd	131	131	1,75±0,10	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0	8,25·10 ⁻³	-	179	-	2	2
¹⁰⁷ ₄₈ Cd	205	205	0,716±0,003	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0	6,04·10 ⁻³	-	245	-	2	2
¹⁰⁹ ₄₈ Cd	203,5	203,5	0,036±0,009	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0	1,23·10 ⁻¹	-	12,1	-	2	2
¹¹¹ ₄₈ Cd	420	173	0,12±0,03	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	2,1	5,67·10 ⁻²	5,65·10 ⁻²	26,1	124	4	3

Таблица 2

Переходы типа $(2d_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2})$

Ядро	E _{ур.} кэВ	E _γ кэВ	T _{1/2} эксл. нс	I _γ → I _f π	f	δ ² (%)	B(M1) (e ² барн ²)	B(E2) (e ² барн ²)	F _{задерж.} (Мп)	F _(E2) (e ²)	Литература	δ ²	
												I _{1/2}	I ₂
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	I _{1/2}	I ₂	
III Cd63	340	340	0,048±0,005*	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	15,2	1,7·10 ⁻²	3,2·10 ⁻²	66	10	4	5		
II Cd65	300	300	0,032±0,003	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	9	4,10·10 ⁻²	5,83·10 ⁻²	28	17,8	5	5		
II Sn67	161	161	0,31±0,03*	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	0,15	2,63·10 ⁻²	2,17·10 ⁻²	43,7	0,63	4	6		
II Sn69	23,9	23,9	18,4±0,02*	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	<0,1	7,2,57,10 ⁻²	6,39·10 ⁻²	<44,8	<18,2	4	7		
II Te69	212,2	212,2	0,062±0,015	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	5,2	5,84·10 ⁻²	9,59·10 ⁻²	19,7	26,7	4	8		
II Te71	159	159	0,198±0,001*	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	1,2	4,14·10 ⁻²	2,80·10 ⁻²	27,8	7,6	4	8		
II Te73	35,5	35,5	1,47±0,02*	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	0,03	3,75·10 ⁻²	1,27·10 ⁻²	30,6	3,4	4	9		
II Xe73	125	125	0,284±0,010	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	1	5,12·10 ⁻²	4,66·10 ⁻²	22,5	12,2	4	10		
II Xe75	39,4	39,4	1,00±0,03*	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	0,075	5,13·10 ⁻²	3,53·10 ⁻²	22,4	9	4	11		
II Xe77	80,2	80,2	0,47±0,01*	1/2 ⁺ → 3/2 ⁺	<1	7,6,32·10 ⁻²	1,40·10 ⁻¹	636,4	17,5	4	12		
II Ba77	12,3	12,3	8,1±2,0	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	0	3,73·10 ⁻²	-	30,8	-	4	13		
II Ce77	82,5	82,5	0,53±0,06	3/2 ⁺ → 1/2 ⁺	0	4,38·10 ⁻²	-	26,3	-	14	14		

ε

Таблица 3

Переходы типа $p(1g_{7/2} \rightarrow 2d_{5/2})$

Ядро	E _{ур.} кэВ	E _γ кэВ	T _{1/2} эксл. нс	I _γ → I _f π	δ ² (%)	B(M1) (e ² барн ²)	B(E2) (e ² барн ²)	F _{задерж.} (Мп)	F _(E2) (e ²)	Литература	δ ²	
											I _{1/2}	I ₂
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	I _{1/2}	I ₂
II Sb70	37	37	3,5±0,2	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0	2,1·10 ⁻²	-	100	-	4	17	
II Sb72	160,2	160,2	0,61±0,03*	5/2 ⁺ → 7/2 ⁺	0	1,35·10 ⁻²	-	210	-	4	6	
II Sb74	332	332	0,163±0,010	5/2 ⁺ → 7/2 ⁺	34,8	5,0·10 ⁻²	2,2·10 ⁻²	556	32	4	18	
II I68	133	133	0,35±0,02	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0	3,6·10 ⁻²	-	59,2	-	4	19	
II I72	113	113	0,608±0,017*	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	1,4	3,05·10 ⁻²	4,76·10 ⁻²	69,7	88,9	4	20	
II I74	57	57	2,12±0,05*	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0,64	2,08·10 ⁻²	5,82·10 ⁻²	102	106	4	20	
II I76	27	27	16,4±0,2*	5/2 ⁺ → 7/2 ⁺	0,298	1,86·10 ⁻²	1,09·10 ⁻¹	153	146	4	21	
II I78	150	150	0,92±0,03*	5/2 ⁺ → 7/2 ⁺	12	9,02·10 ⁻³	6,84·10 ⁻²	315	90	4	22	
II Cs74	188,8	182,3	2,26±0,06*	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	6,1	2,33·10 ⁻³	6,07·10 ⁻³	916	10,9	4	23	
II Cs76	78,8	78,8	9,38±0,21*	7/2 ⁺ → 5/2 ⁺	0,5	3,10·10 ⁻³	3,55·10 ⁻³	688	6,2	4	24	
II Cs78	81	81	6,29±0,02*	5/2 ⁺ → 7/2 ⁺	2,4	4,31·10 ⁻³	2,24·10 ⁻²	659	28,9	4	25	
II Cs80	249,7	249,7	0,28±0,06	5/2 ⁺ → 7/2 ⁺	~18	7,17·10 ⁻³	~2,94·10 ⁻²	~396	~37,2	4	26	

продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12
I32 ^h	182	27	0,83±0,11	5/2* → 7/2*	0	1,38·10 ⁻²	-	206	-	27	28
57 ^h 75											
I33 ^h	130,7	130,7	1,09±0,12*	7/2* → 5/2*	2	1,06·10 ⁻²	1,76·10 ⁻²	202	30,2	27	29
57 ^h 76											
I35 ^h	119,4	119,4	4,12±0,06*	7/2* → 5/2*	4,2	3,3·10 ⁻³	1,4·10 ⁻²	650	23	30-33	33
57 ^h 78											
I37 ^h	10	10	89 ± 4	5/2* → 7/2*	1,7·10 ⁻⁴	3,12·10 ⁻³	-	911	-	4	34
57 ^h 80											
I39 ^h	165	165	1,48±0,02*	5/2* → 7/2*	~4	~4,5·10 ⁻³	~9,5·10 ⁻³	~625	~12	4	35
57 ^h 82											
I41 ^h	190,3	190,3	1,27±0,06	5/2* → 7/2*	8,7	3,51·10 ⁻³	1,20·10 ⁻²	808	14,3	4	36
57 ^h 84											
I36 ^h	108,8	108,8	2,18±0,8	5/2* → 7/2*	2,93	6,77·10 ⁻³	2,38·10 ⁻²	420	29,8	37	38
59 ^h 77											
I39 ^h	114	114	2,59±0,07*	7/2* → 5/2*	2,6	5,29·10 ⁻³	1,50·10 ⁻²	403	24,4	37,4	39
59 ^h 80											
I43 ^h	145,45	145,45	1,91±0,02*	7/2* → 5/2*	0,4	4,62·10 ⁻³	1,24·10 ⁻³	461	2	4	40
59 ^h 82											
I43 ^h	57	57	4,22±0,04*	5/2* → 7/2*	0,02	6,59·10 ⁻³	5,77·10 ⁻⁴	431	0,7	4	41
59 ^h 84											
I41 ^h	196,5	196,5	0,23±0,03	7/2* → 5/2*	<0,3	>1,8·10 ⁻²	<2,1·10 ⁻¹	<118	<33	4	42
51 ^h 80											
I43 ^h	272,9	272,9	1,06±0,08	7/2* → 5/2*	-	1,68·10 ⁻³	-	1270	-	4	-
61 ^h 82											
I45 ^h	61	61	2,67±0,05*	7/2* → 5/2*	0,15	8,70·10 ⁻³	4,99·10 ⁻³	245	7,6	4	43
61 ^h 84											
I47 ^h	91	91	2,53±0,02*	5/2* → 7/2*	0,67	6,7·10 ⁻³	9,0·10 ⁻³	426	10	4	43
61 ^h 86											

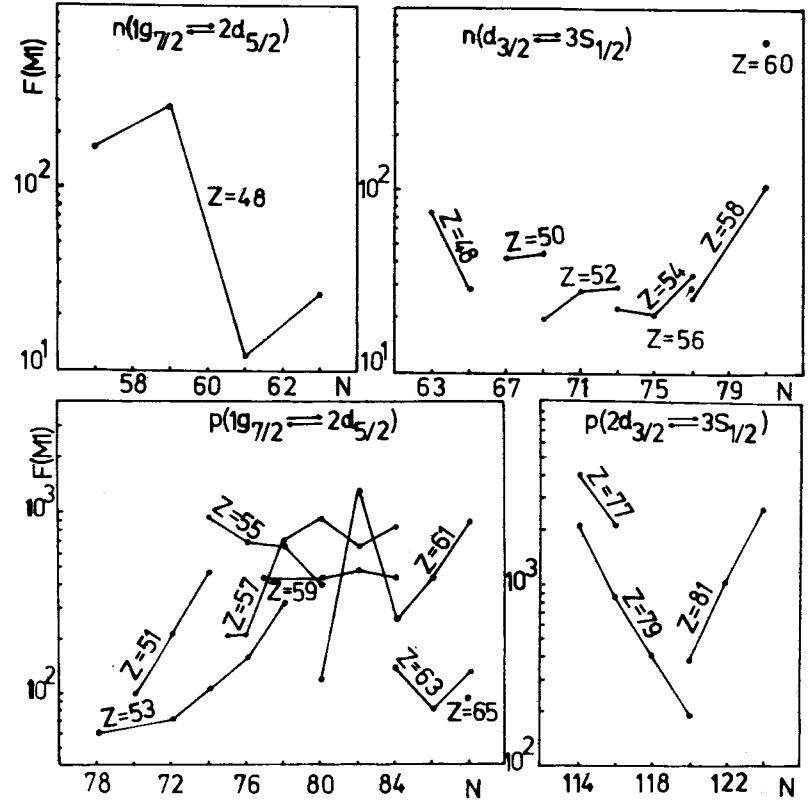
продолжение таблицы 3

I'	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12
I49 ^h	144	144	2,54±0,03*	5/2* → 7/2*	2,7	3,25·10 ⁻³	6,02·10 ⁻³	873	6,7	4	43
61 ^h 88											
I47 ^h	229,3	229,3	0,18±0,02	7/2* → 5/2*	2,7	1,58·10 ⁻²	1,15·10 ⁻²	135	17,4	4	44
63 ^h 84											
I49 ^h	149,8	149,8	0,32±0,02	7/2* → 5/2*	0	2,68·10 ⁻²	-	79,6	-	4	45
63 ^h 86											
I51 ^h	22	22	9,02±0,21*	7/2* → 5/2*	0,09	1,65·10 ⁻²	4,36·10 ⁻²	129	63,2	4	46
63 ^h 88											
I53 ^h	80,8	80,8	0,48±0,03	7/2* → 5/2*	1,25	2,97·10 ⁻²	8,08·10 ⁻²	71,7	1,2	47	48
63 ^h 88											

Переходы типа $p(2d_{3/2} \rightleftharpoons 3s_{1/2})$

Ядро	E _{ур.} кэВ	E _γ кэВ	T _{1/2} эксп. нс	I _γ → I _f ^π	δ ² (%)	B(M1) _{в(Е2)} (efh/2M _e) ² (e ² оср) ²	F _{задерж.} (M1)	F _{уск.} (E2)	Литература	T _{1/2}		δ ²	
										9	10	11	12
191 _f Ir 114	82,4	82,4	4,01±0,08*	1/2* → 3/2*	82	8,45·10 ⁻⁴	1,45·10 ⁻¹	3920	II	4	49		
193 _f Ir 116	73	73	6,1±0,1*	1/2* → 3/2*	41	1,60·10 ⁻³	1,75·10 ⁻¹	2070	13,1	4	50		
193 _{au} Ir 114	38,2	38,2	3,66±0,16*	1/2* → 3/2*	21,6	1,56·10 ⁻³	3,28·10 ⁻¹	2120	24,6	4	51		
195 _{au} Ir 116	61,4	61,4	3,0±0,2*	1/2* → 3/2*	19	3,92·10 ⁻³	2,81·10 ⁻¹	846	20,7	4	51		
197 _{au} Ir 118	77,3	77,3	1,89±0,08*	1/2* → 3/2*	11	8,28·10 ⁻³	2,16·10 ⁻¹	401	15,7	4	52		
199 _{au} Ir 120	77,2	77,2	1,1±0,1	1/2* → 3/2*	4,9	1,72·10 ⁻²	2,01·10 ⁻¹	193	14,4	4	53		
201 _f Tl 120	330	330	0,07±0,02	3/2* → 1/2*	220	4,27·10 ⁻³	1,23·10 ⁻¹	368	17,4	4	54.		
203 _f Tl 122	279	279	0,28±0,01*	3/2* → 1/2*	225	1,62·10 ⁻³	6,54·10 ⁻²	1030	9,3	4	5		
205 _f Tl 124	205	205	1,48±0,06*	3/2* → 1/2*	213	6,27·10 ⁻⁴	4,61·10 ⁻²	2640	6,4	4	5		
139 _{ce} 81	255	255	0,11±0,02	1/2* → 3/2*	-	1,99·10 ⁻²	-	115	-	15	-		
141 _{nd} 81	193,7	193,7	1,17±0,15	1/2* → 3/2*	15	3,31·10 ⁻³	1,88·10 ⁻²	595	2,1	4	16		

Рис. 1. Зависимость одночастичных факторов запрета ℓ -запрещенных M1-переходов типа $1g_{7/2} \rightleftharpoons 2d_{5/2}$ и $2d_{3/2} \rightleftharpoons 3s_{1/2}$ от Nu Z.



$\delta^2 = 0$. В столбце 7 - приведенная вероятность M1-перехода $B(M1)_{\text{эксп.}}$, в 8 - приведенная вероятность E2-перехода $B(E2)_{\text{эксп.}}$. В столбцах 9 и 10 приведены фактор задержки и фактор ускорения по Мошковскому с учетом статистического множителя $F_{\text{задерж.}}(M1)$ и $F_{\text{уск.}}(E2)$, соответственно. В столбцах 11 и 12 - ссылки на работы, из которых взяты экспериментальные данные о $T_{1/2 \text{ эксп.}}$ и δ^2 , соответственно. Если соответствующие экспери-

ментальные данные о $T_{1/2}$ эксп. использованы в таблицах Берловича и др. /4/, мы ссылаемся на эти таблицы.

Ошибки в значениях $B(M1)$, $B(E2)$ и соответственно $F(M1)$ и $F(E2)$ не определялись ввиду того, что в литературе для большинства рассматриваемых переходов не указывается погрешность в определении величины δ^2 . Ошибки в определении $B(M1)$ и $F(M1)$ могут достигать 15-20%, а в определении $B(E2)$ и $F(E2)$ - и большей величины. На рис. 1 изображены значения $F(M1)$ рассматриваемых переходов в зависимости от Z и N . Рассмотрение рисунка показывает, что факторы запрета для нейтронных переходов изменяются в пределах от нескольких единиц до нескольких сотен, для протонных переходов $p(1g_{7/2} \rightarrow 2d_{5/2})$ - в пределах от ~100 до ~1000 и для переходов $p(2d_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2})$ - от нескольких сотен до нескольких тысяч. Несмотря на нерегулярный характер изменения факторов запрета в зависимости от числа нуклонов, наблюдается тенденция увеличения значений факторов запрета при приближении числа нуклонов в ядре к $Z = 50, 82$; $N = 82, 126$. Для $E2$ -компонент рассматриваемых переходов значения факторов ускорения изменяются в пределах от ~1 до ~100.

Литература

1. Э.Е.Берлович. Препринт ФТИ, 110, Ленинград, 1968.
2. R.Rougny, M.Meyer-Levy, R.Beraud, J.Rivier, R.Moret, *Phys.Rev.*, C8, 2332, 1973.
3. R.M.Steffen. *Phys.Rev.*, 103, 116, 1956.
4. Э.Е.Берлович, С.С.Василенко, Ю.Н.Новиков. "Время жизни возбужденных состояний атомных ядер", Л., Наука, 1972.
5. F.K.McGowan, P.H.Stelson. *Phys.Rev.*, 109, 901, 1958.
6. M.Schmorak, A.C.Li, A.Schwarzschild. *Phys.Rev.*, 130, 727, 1963.
7. J.P.Bocquet, Y.Y.Chu, G.T.Emery, M.L.Perlman. *Phys.Rev.*, 167, 1117, 1968.
8. L.O.Edvardson, L.Westerberg, G.C.Madurette, L.Samuels. *Phys.Scr.*, 4, 45, 1971.
9. T.Badica, S.Dima, A.Gelberg, I.Popescu. *Z.Phys.*, 249, 321, 1972.
10. J.S.Geiger, R.L.Graham, W.Gelletly. *Ark. Fys.*, 36; 197, 1967.
11. G.Graeffe, W.B.Walters. *Phys.Rev.*, 153, 1321, 1967.

12. V.V.Rama Murty, M.I. Rama Rao, G.Satyannarayana, V.Lakshminarayana. *Proc.Nucl.Phys. and Solid State Phys.Symp. Univ. Roorkee*, v. 2, 182, 1969.
13. J.E.Thun, S.Tornkvist, F.Falk, H.Snellman. *Nucl. Phys.*, 67, 625, 1965.
14. Р.Арльм, Г.Байер, В.А.Морозов, Г.Музиоль, Т.М.Муминов, Х.Тыррофф, Х.Шпрусный, З.А.Усманова, В.И.Фоминых, Х.Фуя, А.Б.Халикулов, Э.Херрманн. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 36, 744, 1972.
15. Б.А.Аликов, Ц.Вылов, И.И.Громова, В.Г.Калинников, В.В.Кузнецов, Н.З.Марупов, В.А.Морозов, Т.М.Муминов, Р.Р.Усманов. *Прогр. и тез. докл. XXV совещ. по ядерн. спектроск. и структуре атомн. ядра*. 96, Л., Наука, 1975.
16. A.Charvet, R.Duffait, A.Emsallem, R.Chery. *J.Phys. (France)*, 31, 737, 1970.
17. Y.Y.Chu, O.C.Kistner, A.C.Li, S.Monaro, M.L.Petrelman. *Phys.Rev.*, 133B, 1361, 1964.
18. Y.Kawase, K.Okano, S.Uehara, T.Hayashi. *Nucl. Phys.*, A163, 534, 1971.
19. A.Hoglund, S.G.Malmskog, F.Munnich, H.Schrader. *Nucl.Phys.*, A165, 513, 1971.
20. J.Kownacki, J.Ludziejewski, M.Moszynski. *Nucl. Phys.*, A107, 476, 1968.
21. С.Е.Вемис, К.Франссон. *Phys.Lett.*, 19, 567, 1965.
22. S.H.Devare, R.M.Singru, H.G.Devare. *Phys.Rev.*, 140, B536, 1965.
23. K.Ishii, T.Aoki, S.Kageyama. *J.Phys.Soc.Jap.*, 34, 285, 1973.
24. D.J.Horen, J.M.Hollander, R.L.Graham. *Phys.Rev.*, 135, B301, 1964.
25. J.E.Thun, S.Tornkvist, K.B.Nielson, H.Snellman, F.Falk, A.Mocoroa. *Nucl.Phys.*, 88, 289, 1966.
26. J.P.Op de Beeck, W.B.Walters. *J.Inorg. Nucl.Chem.*, 30, 2881, 1968.
27. В.А.Морозов, Т.М.Муминов, Х.Фуя, А.Б.Халикулов. *ЯФ*, 17, 670, 1973.
28. А.А.Абдумаликов, А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов, Т.А.Исламов. *Прогр. и тез. докл. XVI совещ. по ядерн. спектроск. и структуре ядра*, 27, М., Наука, 1966.
29. А.А.Абдумаликов, А.А.Абдуразаков, С.Б.Бурибаев, К.Я.Громов, Н.А.Лебедев. *ЯФ*, 3, 602, 1966.
30. Y.Nagai, M.Akiba, K.Hisatake. *J.Phys.Soc.Jap.*, 29, 790, 1970.
31. В.П.Афанасьев, И.И.Громова, Н.А.Лебедев, В.А.Морозов, Т.М.Муминов, Х.Фуя, А.Б.Халикулов,

- Ф.Ш.Хамраев. Сообщение ОИЯИ, Р6-6426, Дубна, 1972.
32. M.Akiba, Y.Nagai, K.Hisatake. *J.Phys.Soc.Jap.*, 32, 567, 1972.
 33. Y.Nagai, K.Hisatake. *J.Phys.Soc.Jap.*, 36, 1501, 1974.
 34. K.Hisatake et al. *Genshikaku Kenkyu*, 14, 77, 1969.
 35. E.Ambler, R.P.Hudson, G.M.Temmer. *Phys.Rev.*, 101, 196, 1956.
 36. V.Berg, A.Hoglund, B.Fogelberg. *Nucl.Phys.*, A155, 297, 1970.
 37. T.Badica, V.A.Morozov, T.M.Muminov. *Confr. Int. Symp. Nucl.Str.*, D-3893, Dubna, 1968.
 38. Ж.Желев, В.Г.Калинников, Я.Липтак, Л.К.Пекер. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 32, 1610, 1968.
 39. В.С.Бутцев, Ц.Вылов, В.Г.Калинников, Н.А.Тихонов, Э.Херрманн. *Препринт ОИЯИ, Р6-5673*, Дубна, 1971.
 40. В.С.Бутцев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 37, 1024, 1973.
 41. E.Bashandy. *Z.Naturforsch.*, 26a, 683, 1971.
 42. Р.Арльт, Г.Байер, Я.Ваврыщук, В.А.Морозов, Т.М.Муминов, В.И.Разов, Я.Сажински, Х.Фюя, Х.Штрусный, Э.Херрманн. *Сообщение ОИЯИ, Р6-5517*, Дубна, 1970.
 43. A.Backlin, S.G.Malmskog. *Ark.Fys.*, 34, 531, 1967.
 44. Е.П.Григорьев, А.В.Золотавин, В.О.Сергеев, Н.А.Тихонов. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 36, 76, 1972.
 45. R.E.Eppley, Wm.C.McHarris, W.H.Kelly. *Phys. Rev. C.*, C2, 1077, 1970.
 46. S.Antman, H.Pettersson, Z.Zehlev, I.Adam, *Z.Phys.*, 237, 285, 1970.
 47. Б.А.Аликов, М.Будзынски, Н.А.Лебедев, Н.З.Марупов, Т.М.Муминов, У.С.Салихбаев, Р.Р.Усманов, И.Холбаев. *Прогр. и тезисы докл. XXV совещ. по ядерн. спектр. и структуре ядра*. 124, Л., Наука, 1975.
 48. V.Harmatz, T.H.Handley. *Nucl.Phys.*, A191, 497, 1972.
 49. S.G.Malmskog, V.Berg, A.Backlin, G.Hedin. *Nucl. Phys.*, A143, 160, 1970.
 50. V.Berg, S.G.Malmskog, A.Backlin. *Nucl.Phys.*, A143, 177, 1970.
 51. B.Fogelberg, A.Backlin, V.Berg, S.G.Malmskog. *Nucl.Phys.*, A153, 301, 1970.
 52. D.Крпич, R.Stepic, I.Bikit, J.Milanovic, R.Vucanovic. *Z.Phys.*, 243, 452, 1971.
 53. A.Backlin, B.Fogelberg, S.G.Malmskog. *Nucl.Phys.*, A103, 337, 1967.
 54. J.Lindskog, E.Bachandy, T.R.Gerholm. *Nucl.Phys.*, 16, 175, 1960.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июня 1975 года.