

С 341.2

К-636

19/12-71

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P4-5693

1173/2-71



А. Л. Комов, Л. А. Малов, В. Г. Соловьев

НЕРОТАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ
НЕЧЕТНЫХ ЯДЕР В ОБЛАСТИ
АКТИНИДОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

1971

P4-5693

А.Л. Комов, Л.А. Малов, В.Г. Соловьев

НЕРОТАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ
НЕЧЕТНЫХ ЯДЕР В ОБЛАСТИ
АКТИНИДОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Комов А.Л., Малов Л.А., Соловьев В.Г.

P4-5693

Неротационные состояния нечётных ядер в области актинидов

В рамках сверхтекучей модели ядра рассчитаны энергии и волновые функции неротационных состояний нечётных ядер в области актинидов. Получено достаточно хорошее описание энергий низколежащих неротационных состояний в ^{239}U , ^{237}Pu , ^{243}Pu , ^{243}Cm , ^{235}Np , ^{239}Np , ^{243}Am , ^{247}Bk .

Сообщения Объединенного института ядерных исследований

Дубна, 1971

Komov A.L., Malov L.A., Soloviev V.G.

P4-5693

Non-Rotational States of Odd-Mass Nuclei in the Actinide Region

The energies and wave functions for non-rotational states of odd-mass nuclei in the actinide region have been calculated within the superfluid nuclear model. A rather good agreement of the energies of the low-lying non-rotational states in ^{239}U , ^{237}Pu , ^{243}Pu , ^{243}Cm , ^{235}Np , ^{239}Np , ^{243}Am , ^{247}Bk was obtained.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna, 1971

В работах /1-2/ проведено исследование неротационных состояний деформированных нечетных ядер в областях $150 < A < 190$ и $234 < A < 250$ с использованием потенциала Саксона-Вудса для описания среднего поля. Основные и возбужденные неротационные состояния описываются в указанных работах в рамках метода, учитывающего взаимодействие квазичастиц с фононами /3/. Получено хорошее описание низколежащих состояний в обеих областях деформированных ядер.

В данной работе вычислены энергии и волновые функции неротационных состояний ряда нечетных ядер, которые не были исследованы в /2/.

При вычислении неротационных состояний использовались одночастичные энергии и волновые функции потенциала Саксона-Вудса. Изучаемая область ядер разбита на две зоны $A=239$ и $A=247$. В первую зону входят ядра с массовыми числами $234 < A < 243$, во вторую - ядра с $244 < A < 250$. Расчеты проведены при следующих равновесных деформациях: в первой зоне - $\beta_{20}=0,20$, $\beta_{40}=0,08$; во второй - $\beta_{20}=0,23$, $\beta_{40}=0,06$. Эти величины (β_{20} и β_{40}) являются средними равновесными деформациями для ядер первой и второй зон. Одночастичные энергии и волновые функции потенциала Саксона-Вудса для этих зон даны в /2,4/.

Основные формулы теории, учитывающей взаимодействие квазичастиц с фононами, описывающими вибрационные состояния соответствующих четно-четных ядер, приведены в /3/.

Волновую функцию нечетного ядра, описывающую состояния с данными значениями K^π , где K - проекция спина на его ось симметрии и π - четность, запишем в виде:

$$\Psi_j(K^{\pi}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \sum_{\sigma} \sum_n C_{\rho_n}^j \alpha_{\rho_n \sigma}^+ + \sum_{\lambda \mu i} \sum_{s \sigma} D_{\rho_i, \rho_n s \sigma}^{\lambda \mu i j} \alpha_{s \sigma}^+ Q_i(\lambda \mu) \right\} \Psi_{(I)}$$

Здесь $\alpha_{s \sigma}^+$ - оператор рождения квазичастицы, $\sigma = \pm 1$, $Q_i(\lambda \mu)$ - оператор фонана мультипольности $(\lambda \mu)$, Ψ является волновой функцией основного состояния четно-четного ядра. Через $\rho_n \sigma$ обозначена совокупность квантовых чисел, характеризующих n одночастичных уровней среднего поля с данным K^{π} , а через $s \sigma$ - остальные уровни среднего поля.

Условие нормировки волновой функции (I) имеет вид:

$$\sum_n (C_{\rho_n}^j)^2 + \frac{1}{2} \sum_{\lambda \mu i} \sum_{s \sigma} (D_{\rho_i, \rho_n s \sigma}^{\lambda \mu i j})^2 = 1. \quad (2)$$

Величина $(C_{\rho_n}^j)^2$ определяет вклад одноквазичастичной компоненты с данным ρ_n в волновую функцию рассматриваемого состояния. Величина $\frac{1}{2} \sum_{s \sigma} (D_{\rho_i, \rho_n s \sigma}^{\lambda \mu i j})^2$ определяет вклад компоненты с квазичастицей в состоянии s плюс фотон $\lambda \mu i$ в волновую функцию $\Psi_j(K^{\pi})$.

При вычислении энергий и волновых функций неротационных состояний в нечетных ядрах находят среднее значение гамильтониана, описывающего спаривательное и мультиполь-мультипольное взаимодействия по состоянию (I). Из условия минимума энергии получают секулярное уравнение, определяющее энергии неротационных состояний /5/.

При исследовании низколежащих состояний можно ограничиться значением $n = 1$ или 2, поскольку, как правило, в одночастичной схеме не встречается больше двух близких по энергии состояний с одинаковыми K^{π} . Однако высоковозбужденные состояния имеют более сложную структуру с заметной примесью нескольких состояний ρ_n с одинаковыми K^{π} .

В /2/ приведены энергии и структура неротационных состояний следующих ядер: ^{235}U , ^{237}U , ^{241}Pu , ^{245}Cm , ^{247}Cm , ^{249}Cm , ^{237}Np , ^{241}Am и ^{249}Bk .

Результаты расчетов следующих ядер: ^{239}U , ^{231}Pu , ^{243}Pu , ^{243}Cm , ^{235}Np , ^{239}Np , ^{243}Am , ^{245}Am и ^{247}Bk представлены в виде таблиц I-9.

В этих таблицах даны значения K^π , экспериментальные значения энергий, взятые из /6-8/, вычисленные энергии всех неротационных состояний до 1 Мэв и ряд состояний выше 1 Мэв. В таблицах I-9 приведена структура состояний, т.е. даны (в процентах) величины $(C_{\rho_1}^j)^2$, $(C_{\rho_2}^j)^2$ (если $(C_{\rho_2}^j)^2 \geq 0,01$) и значения $(D_{\rho_1, \rho_2}^{j, n, i, j})^2$ для двух наибольших компонент квазичастица плюс фонон.

При вычислении энергий и структуры неротационных состояний в нечетных деформированных ядрах в большинстве состояний проводился учет смешивания двух одночастичных уровней ρ_1 и ρ_2 через взаимодействия квазичастиц с фононами. Из таблиц I-9 видно, что смешивание уровней ρ_1 и ρ_2 имеет место во многих состояниях, хотя, как правило, одна компонента много больше другой. Однако имеются состояния, в которых обе компоненты ρ_1 и ρ_2 дают примерно одинаковый вклад в волновую функцию (I).

Из сравнения результатов расчетов неротационных состояний нечетных ядер для области актинидов и редких земель /1/ следует, что в рассматриваемой здесь области смешивание уровней ρ_1 и ρ_2 является более сильным и примеси к одноквазичастичным компонентам существенно большими.

Обсудим поведение уровней в нечетных N ядрах. Ядра ^{239}U , ^{237}Pu , ^{243}Pu и ^{243}Cm рассчитаны со схемой уровней $A = 239$. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Однако энергии ряда состояний получаются слишком низкими. Состояния, близкие к одночастичным $752\uparrow$, $743\uparrow$, $734\uparrow$, $761\uparrow$, слишком сильно опускаются из-за больших матричных элементов от мультипольных операторов. Отметим, что положение уровней с $K^\pi = \frac{1}{2}^-$ может измениться, если учесть отклонение равновесной деформации β_{2c} возбужденных состояний от β_{2c}^{eq} (равновесная деформация ядра в основном состоянии).

Среди нечетных Z ядер ^{235}Np , ^{239}Np и ^{243}Am рассчитаны со схемой $A = 239$, ^{245}Am и ^{247}Bk — со схемой $A = 247$.

Результаты представлены в таблицах 5-9, они согласуются с экспериментальными данными.

Согласно приведенным расчетам, в этих ядрах сильно смешаны состояния $400\uparrow$ и $660\uparrow$, при этом наибольшей компонентой нижайшего состояния с $K^\pi = \frac{1}{2}^+$, как правило, оказывается $660\uparrow$. Однако структура состояний с $K^\pi = \frac{1}{2}^+$ может несколько измениться, если учесть различие равновесных деформаций основного и возбужденных состояний.

Для описания неротационных состояний изотопов Ra , Ac , Th , Pa и легких изотопов U и Np необходимо рассчитать одночастичные энергии и волновые функции потенциала Саксона-Вудса для зоны $A = 229$. Задача создания схемы $A = 229$ находится в стадии завершения.

Расчет энергий и волновых функций неротационных состояний нечетных ядер в области $235 \leq A \leq 249$ показали, что взаимодействия квазичастиц с фононами играют важную роль, которая возрастает с увеличением энергии возбуждения. Для лучшего описания неротационных состояний в нечетных ядрах нужно более точно рассчитать однофононные состояния в соответствующих четно-четных ядрах.

В заключение выражаем благодарность А.А.Корнейчуку и К.М.Железновой за помощь в создании программ для расчетов, С.П.Ивановой и Н.Ю.Шириковой - за предоставление результатов расчетов энергий и волновых функций потенциала Саксона-Вудса, которые были использованы в настоящей работе.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Л.А.Малов, В.Г.Соловьев, У.М.Файнер. Известия АН СССР, сер. физ. 33, 1244 (1969);
Л.А.Малов, В.Г.Соловьев, С.И.Федотов. Сообщение ОИЯИ Р4-5228 (1970); Сообщение ОИЯИ Е4-5567 (1971).
2. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, Л.А.Малов, В.Г.Соловьев. Сообщение ОИЯИ Р4-5470 (1970).
3. V.G.Soloviev. Phys. Lett., 16, 308 (1965);
V.G.Soloviev. Prog. Nucl. Phys., 10, 239 (1965).
4. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, Н.Ю.Ширикова. Сообщение ОИЯИ, Р4-5457 (1970).
5. V.G.Soloviev, Vogel P., Nucl. Phys. A92, 449 (1967).
6. C.M.Lederer, I.M.Hollander and I.Perlman, in Table of Isotopes (John Wiley and Sons, INC., New York, 1967) 6th ed.
7. R.K.Sheline et al. Phys.Rev., 151, 1011 (1966);
T.H.Braid, et al. Phys. Lett., 18, 149 (1965);
S.A.Baranov et al. Nucl. Phys., 56, 252 (1964);
D.R.Mackenzie and R.D.Connor. Nucl. Phys., A108, 81(1968);
A.M.Friedman et al. Nucl. Phys., A127, 33 (1969);
D.C.Hoffman et al. Nucl.Phys. A131, 551 (1969);
Th.W.Elze and I.R.Huizenga. Nucl.Phys., A149, 585 (1970);
W.R.Daniels et al., Nucl. Phys., A107, 659 (1968);
I.Milsted et al., Nucl.Phys., 71, 299 (1965).
8. I.R.Erskine (частное сообщение).

Рукопись поступила в издательский отдел

16 марта 1971 года.

Т а б л и ц а I

Энергия и структура основного и возбужденных состояний

239 *ll*

$K\pi$	Энергия (КэВ)		Структура			
	эксп.	теор.				
5/2 ⁺	(0)	0	622↑ 92%	633↓ 1% ;	752↑+0(30) 2% ;	620↑+0(22) 1% ;
1/2 ⁺	133	30	631↓ 92%		631↓+0(20) 2% ;	633↓+0(22) 1% ;
7/2 ⁺	173	100	624↓ 87%	613↑ 3% ;	622↑+0(22) 2% ;	725↑+0(32) 2% ;
7/2 ⁻		120	743↑ 92%		743↑+0(20) 3% ;	631↑+0(32) 1% ;
9/2 ⁻		330	734↑ 91%		734↑+0(20) 2% ;	622↑+0(32) 2% ;
5/2 ⁻		430	752↑ 61%		622↑+0(30) 16% ;	752↑+0(20) 10% ;
5/2 ⁺		600	633↓ 72%	622↑ 2% ;	752↑+0(30) 8% ;	631↓+0(22) 7% ;
9/2 ⁺		630	615↓ 75%		615↓+0(20) 10% ;	734↑+0(30) 7% ;
1/2 ⁻	659	700	770↑ 13%	501↓ 9% ;	631↓+0(30) 71% ;	770↑+0(20) 2% ;
3/2 ⁺		810	631↑ 53%		743↑+0(32) 17% ;	631↓+0(22) 17% ;
7/2 ⁺		840	613↑ 72%	624↓ 6% ;	743↑+0(30) 12% ;	624↓+0(20) 5% ;
3/2 ⁻		890	761↑ 58%		761↑+0(20) 11% ;	743↑+0(22) 11% ;
1/2 ⁺	(692)	920	620↑ 47%		622↑+0(22) 39% ;	631↓+0(20) 7% ;
5/2 ⁻		930	752↑ 8%		622↑+0(30) 83% ;	633↓+0(30) 5% ;
7/2 ⁺		940	613↑ 11%		743↑+0(30) 87% ;	624↓+0(20) 1% ;
3/2 ⁺		980	622↓ 52%		624↓+0(22) 38% ;	620↑+0(22) 5% ;
5/2 ⁺		1090			622↑+0(20) 99% ;	631↓+0(22) 1% ;
7/2 ⁻		1100			624↓+0(30) 97% ;	743↑+0(20) 3% ;
1/2 ⁻	742	1120	501↓ 57%	770↑ 8% ;	501↓+0(20) 8% ;	503↓+0(22) 8% ;
1/2 ⁺		1140	631↓ 1%	620↑ 1% ;	631↓+0(20) 90% ;	622↑+0(22) 7% ;
1/2 ⁻	811	1190	770↑ 1%	501↓ 1% ;	622↑+0(32) 96% ;	631↓+0(30) 1% ;
5/2 ⁻		1230			631↓+0(32) 99% ;	
1/2 ⁻		1250	770↑ 12%	501↓ 5% ;	631↓+0(31) 57% ;	631↓+0(30) 13% ;
3/2 ⁺		1270			743↑+0(32) 53% ;	631↓+0(22) 45% ;
5/2 ⁺		1300	633↓ 1%		631↓+0(22) 56% ;	743↑+0(31) 41% ;
1/2 ⁻		1350	770↑ 28%		631↓+0(31) 37% ;	631↓+0(30) 11% ;

Т а б л и ц а 2

Энергия и структура основного и возбужденных состояний ²³⁷Pu

K ^π	Энергия (кэВ)		структура	
	эксп.	теор.		
7/2-	0	0	743↑ 91%;	624↓ + Q _I (30) 3%; 743↑ + Q _I (20) 2%;
I/2+	145	130	631↓ 93%;	631↓ + Q _I (20) 4%;
5/2+	(202)	170	622↑ 78%;	633↓ II%; 620↑ + Q _I (22) 3%; 734↑ + Q _I (32) 2%;
5/2-		180	752↑ 78%;	633↓ + Q _I (30) 8%; 752↑ + Q _I (20) 6%;
5/2+	(202)	300	633↓ 76%;	622↑ I 2%; 752↑ + Q _I (30) 7%; 633↓ + Q _I (20) 1%;
I/2-		360	501↓ 67%;	770↑ I%; 503↓ + Q _I (22) 14%; 501↑ + Q _I (22) 10%;
7/2+		430	624↓ 64%;	631↑ + Q _I (30) 10%; 761↑ + Q _I (20) 9%;
3/2-		440	761↑ 67%;	631↑ + Q _I (30) 10%; 761↑ + Q _I (20) 9%;
3/2+		530	631↑ 77%;	761↑ + Q _I (30) 8%; 631↑ + Q _I (20) 7%;
I/2-		580	770↑ 54%;	501↓ 2%; 752↑ + Q _I (22) 20%; 770↑ + Q _I (20) 7%;
5/2-		690	503↓ 51%;	501↓ + Q _I (22) 34%; 633↓ + Q _I (30) 7%;
3/2-		820	501↑ 44%;	501↓ + Q _I (22) 46%; 631↑ + Q _I (30) 4%;
9/2-		860	734↑ 79%;	622↑ + Q _I (32) 7%; 752↑ + Q _I (22) 5%;
I/2+	I000		620↑ 10%;	633↓ + Q _I (22) 52%; 622↑ + Q _I (22) 39%;
II/2-	I010		725↑ 3%;	743↑ + Q _I (22) 97%;
9/2+	I030		615↓ 3%;	633↓ + Q _I (22) 96%;
I/2-	I040			631↓ + Q _I (30) 95%; 752↑ + Q _I (22) 4%;
3/2-	I050		761↑ 1%;	743↑ + Q _I (22) 97%; 631↑ + Q _I (30) 1%;
3/2+	I060		622↓ 7%;	631↓ + Q _I (22) 86%; 624↓ + Q _I (22) 5%;
I/2+	I070		620↑ 6%;	633↓ + Q _I (22) 47%; 622↑ + Q _I (22) 46%;
5/2-	I080		752↑ 4%;	503↓ 3%; 633↑ + Q _I (30) 83%; 501↓ + Q _I (22) 7%;
5/2+	I090			631↓ + Q _I (22) 99%;
5/2-	II50			622↑ + Q _I (30) 100%;
9/2-	II70		734↑ 4%;	752↑ + Q _I (22) 95%; 622↑ + Q _I (32) 1%;
5/2+	II80		633↓ 6%;	752↑ + Q _I (30) 91%; 633↓ + Q _I (20) 1%;
9/2+	II90		615↓ 15%;	622↑ + Q _I (22) 78%; 633↓ + Q _I (22) 2%;
I/2+	I200		640↑ 1%;	622↑ + Q _I (22) 99%;

Энергия и структура основного и возбужденных состояний

243
P_{II}

K*	ЭНЕРГИЯ (эВ)		структура			
	эксп.	теор.				
7/2+	0	0	642↓ 93%;	613↑ 2%;	725↑ + Q _I (32) 7%;	622↓ + Q _I (22) 1%;
9/2-	402	200	734↑ 97%;		734↑ + Q _I (20) 1%;	615↓ + Q _I (30) 1%;
5/2+	287	300	622↑ 94%;	633↓ 1%;	752↑ + Q _I (30) 2%;	743↑ + Q _I (31) 1%;
I/2+		350	631↓ 89%;		631↓ + Q _I (20) 5%;	633↓ + Q _I (22) 1%;
7/2-		460	743↑ 89%;		743↑ + Q _I (20) 6%;	631↑ + Q _I (32) 1%;
9/2+		580	615↓ 83%;		615↓ + Q _I (20) 6%;	734↑ + Q _I (30) 5%;
7/2+	(566)	600	613↑ 91%;	624↓ 3%;	725↑ + Q _I (32) 2%;	624↓ + Q _I (20) 2%;
5/2-		890	752↑ 43%;		622↑ + Q _I (30) 45%;	752↑ + Q _I (20) 4%;
II/2-		960	725↑ 71%;		624↓ + Q _I (32) 23%;	613↑ + Q _I (32) 3%;
I/2+	(627)	990	620↑ 89%;		622↓ + Q _I (22) 4%;	622↑ + Q _I (22) 3%;
3/2+	(790)	1000	622↓ 76%;		624↓ + Q _I (22) 14%;	620↑ + Q _I (22) 4%;
5/2+		1050	633↓ 69%;	622↑ 1%;	622↑ + Q _I (20) 10%;	631↓ + Q _I (22) 5%;
7/2-		1100	743↑ 1%;		624↓ + Q _I (30) 99%;	
I/2-		1130	770↑ 7%;	501↓ 5%;	631↓ + Q _I (30) 85%;	
5/2-		1140			622↑ + Q _I (30) 100%;	
7/2+		1200	613↑ 2%;		624↓ + Q _I (20) 98%;	

Т а б л и ц а 4.

Энергия и структура основного и возбужденных состояний

243
См

K J	ЭНЕРГИЯ (кэВ)		структура			
	эксп.	теор.				
5/2+	0	0	622↑ 95%;	633↓ 1%;	752↑ + $Q_1(30)$ 2%;	734↑ + $Q_1(32)$ 1%
I/2+	87	80	631↓ 96%;		770↑ + $Q_1(30)$ 1%;	501↓ + $Q_1(30)$ 1%;
7/2+	(I33)	I40	624↓ 92%;	613↑ 2%;	725↑ + $Q_1(32)$ 2%;	743↑ + $Q_1(30)$ 1%;
7/2-		160	743↑ 96%;		631↑ + $Q_1(32)$ 1%;	743↑ + $Q_1(20)$ 1%;
9/2-		330	734↑ 92%;		622↑ + $Q_1(32)$ 4%;	615↓ + $Q_1(30)$ 1%;
5/2-		650	752↑ 60%;		622↑ + $Q_1(30)$ 25%;	633↑ + $Q_1(30)$ 9%;
5/2+		730	633↓ 84%;	622↑ 1%;	752↑ + $Q_1(30)$ 8%;	633↑ + $Q_1(20)$ 1%;
7/2+		860	613↑ 86%;	624↓ 4%;	743↑ + $Q_1(30)$ 6%;	725↑ + $Q_1(32)$ 2%;
I/2-	(729)	870	770↑ 7%;	501↓ 4%;	631↓ + $Q_1(30)$ 87%;	
9/2+		900	615↓ 80%;		734↑ + $Q_1(30)$ 12%;	615↓ + $Q_1(20)$ 2%;
3/2+	(798)	930	631↑ 42%;		743↑ + $Q_1(32)$ 49%;	761↑ + $Q_1(20)$ 3%;
II/2-		I010	725↑ 56%;		624↓ + $Q_1(32)$ 38%;	613↑ + $Q_1(32)$ 5%;
7/2+		I020	613↑ 6%;		743↑ + $Q_1(30)$ 93%;	
5/2-		I030	752↑ 14%;		622↑ + $Q_1(30)$ 73%;	633↓ + $Q_1(30)$ 7%;
3/2-		I090	761↑ 24%;		631↓ + $Q_1(32)$ 67%;	631↑ + $Q_1(30)$ 4%;
I/2-		II40			622↑ + $Q_1(32)$ 100%;	
9/2-		II70	734↑ 4%;		622↑ + $Q_1(32)$ 96%;	
5/2-		II80	752↑ 2%;		631↓ + $Q_1(32)$ 95%;	633↓ + $Q_1(30)$ 2%;
7/2-		I200			624↓ + $Q_1(30)$ 100%;	

K ⁿ энерг. (K>6)			Структура		
эксп. теор.					
5/2 ⁺	0	0	642↑ 91%	642↑ + Q ₁ (20) 5%; 521↑ + Q ₁ (31) 1%	
3/2 ⁺	130	651↑ 69%	651↑ + Q ₁ (20) 26%; 530↑ + Q ₁ (31) 1%		
1/2 ⁻	200	530↑ 80%	530↑ + Q ₁ (20) 13%; 400↑ + Q ₁ (30) 2%		
1/2 ⁺	270	660↑ 50%; 400↑ 11%	660↑ + Q ₁ (20) 25%; 530↑ + Q ₁ (30) 5%		
5/2 ⁻	(48) 320	523↓ 93%	523↓ + Q ₁ (20) 4%; 642↑ + Q ₁ (30) 1%		
3/2 ⁻	600	521↑ 79%	521↑ + Q ₁ (20) 8%; 642↑ + Q ₁ (31) 7%		
3/2 ⁻	720	532↓ 65%	532↓ + Q ₁ (20) 26%; 530↑ + Q ₁ (22) 3%		
7/2 ⁺	770	633↑ 82%	633↑ + Q ₁ (20) 12%; 521↑ + Q ₁ (32) 2%		
1/2 ⁺	820	400↑ 56%; 660↑ 12%	400↑ + Q ₁ (20) 14%; 530↑ + Q ₁ (30) 7%		
3/2 ⁺	1000	402↓ 67%	402↓ + Q ₁ (20) 14%; 400↑ + Q ₁ (22) 11%		
5/2 ⁻	1090	512↑ 4%; 523↓ 1%	642↑ + Q ₁ (30) 93%; 523↓ + Q ₁ (20) 1%		
5/2 ⁺	1240	642↑ 4%	642↑ + Q ₁ (20) 89%; 523↓ + Q ₁ (30) 7%		
1/2 ⁺	1250	400↑ 4%	530↑ + Q ₁ (30) 64%; 642↑ + Q ₁ (22) 28%		
1/2 ⁻	1260	521↓ 3%; 530↑ 1%	642↑ + Q ₁ (32) 80%; 530↑ + Q ₁ (20) 19%		
1/2 ⁺	1280	400↑ 2%	642↑ + Q ₁ (22) 71%; 530↑ + Q ₁ (30) 22%		

Энергия и структура основного и возбужденных состояний

239 Np

K ^π	энерг. (кэВ)		Структура	
	эксп.	теор.		
5/2 ⁺	0	0	642↑ 93%	642↑ + $Q_1(20)$ 2%; 512↑ + $Q_1(30)$ 1%
1/2 ⁻	267	230	530↑ 85%	530↑ + $Q_1(20)$ 5%; 400↑ + $Q_1(30)$ 4%
5/2 ⁻	75	300	523↓ 94%	642↑ + $Q_1(30)$ 3%; 523↓ + $Q_1(20)$ 1%
3/2 ⁺	348	330	651↑ 79%	651↑ + $Q_1(20)$ 15%; 541↑ + $Q_1(30)$ 1%
1/2 ⁺		460	660↑ 38%; 400↑ 22%	530↑ + $Q_1(30)$ 22%; 660↑ + $Q_1(20)$ 11%
3/2 ⁻	(345)	680	521↑ 86%	521↑ + $Q_1(20)$ 4%; 642↑ + $Q_1(31)$ 3%
7/2 ⁺		850	633↑ 88%	633↑ + $Q_1(20)$ 5%; 521↑ + $Q_1(32)$ 3%
1/2 ⁺		860	400↑ 40%; 660↑ 31%	400↑ + $Q_1(20)$ 8%; 530↑ + $Q_1(30)$ 8%
3/2 ⁻		880	532↓ 65%	532↓ + $Q_1(20)$ 13%; 651↑ + $Q_1(30)$ 9%
5/2 ⁻	666	920	512↑ 5%; 523↓ 3%	642↑ + $Q_1(30)$ 91%
3/2 ⁺		1100	402↓ 71%	532↓ + $Q_1(30)$ 10%; 400↑ + $Q_1(22)$ 8%
5/2 ⁺		1150		523↓ + $Q_1(30)$ 96%; 642↑ + $Q_1(20)$ 4%
5/2 ⁺		1200		642↑ + $Q_1(20)$ 100%
1/2 ⁺		1220	400↑ 17%; 660↑ 1%	530↑ + $Q_1(30)$ 66%; 660↑ + $Q_1(20)$ 6%
3/2 ⁻		1270	532↓ 4%; 521↑ 1%	651↑ + $Q_1(30)$ 88%; 530↑ + $Q_1(22)$ 3%
1/2 ⁻		1270		530↑ + $Q_1(20)$ 99%
1/2 ⁺		1370	400↑ 1%	642↑ + $Q_1(22)$ 95%; 530↑ + $Q_1(30)$ 1%

таблица 7

Энергия и структура основного и возбужденных состояний

243 Am.

Кл	энерг. (кэВ)			Структура
	эксп.теор.			
5/2 ⁻	0	0	523↓ 99%;	
5/2 ⁺	80	86	642↑ 96%;	642↑ + D ₁ (20) 1%; 530↑ + D ₁ (32) 1%;
3/2 ⁻	270	230	521↑ 95%;	633↑ + D ₁ (32) 2%; 521↑ + D ₁ (20) 2%;
7/2 ⁺	470	400	633↑ 93%;	633↑ + D ₁ (20) 2%; 521↑ + D ₁ (32) 2%;
1/2 ⁻	(260)	460	530↑ 83%;	530↑ + D ₁ (20) 7%; 660↑ + D ₁ (30) 3%;
3/2 ⁺		680	651↑ 80%;	651↑ + D ₁ (20) 15%; 541↑ + D ₁ (30) 1%;
1/2 ⁺		830	660↑ 28%; 400↑ 27% ;	530↑ + D ₁ (30) 32%; 660↑ + D ₁ (20) 6%;
5/2 ⁻		910	512↑ 6%;	642↑ + D ₁ (30) 94%;
5/2 ⁺		960		523↓ + D ₁ (30) 100%;
5/2 ⁻		1030		523↓ + D ₁ (20) 100%;
5/2 ⁺		1040	642↑ 1%;	642↑ + D ₁ (20) 99%;
1/2 ⁺		1070	400↑ 1%;	523↓ + D ₁ (32) 97%; 530↑ + D ₁ (30) 1%;
9/2 ⁺		1080		523↓ + D ₁ (32) 100%;
9/2 ⁻		1080		642↑ + D ₁ (32) 100%;
7/2 ⁻		1090	514↓ 86%;	633↑ + D ₁ (30) 13%;
1/2 ⁻		1100	530↑ 1%;	642↑ + D ₁ (32) 98%; 530↑ + D ₁ (20) 1%;

Энергия и структура основного и возбужденных состояний

245 Am

K π	энерг. (кэВ)		Структура	
	эксп.теор.			
5/2 ⁻	0	0	523↓ 99%;	
5/2 ⁺	20	40	642↑ 92%;	642↑ + Q ₁ (20) 6%; 530↑ + Q ₂ (32) 1%;
1/2 ⁻		240	530↑ 77%;	530↑ + Q ₁ (20) 18%; 660↑ + Q ₁ (30) 1%;
3/2 ⁻		250	521↑ 90%;	521↑ + Q ₂ (20) 6%; 633↑ + Q ₁ (32) 2%;
7/2 ⁺	330	260	633↑ 89%;	633↑ + Q ₂ (20) 8%; 521↑ + Q ₂ (32) 1%;
3/2 ⁺		360	402↓ 38%; 651↑ 29%;	402↓ + Q ₂ (20) 16%; 651↑ + Q ₂ (20) 9%;
1/2 ⁺		580	400↑ 72%; 660↑ 7%;	400↑ + Q ₂ (20) 7%; 651↑ + Q ₂ (22) 5%;
3/2 ⁺		810	402↓ 31%; 651↑ 45%;	651↑ + Q ₂ (20) 9%; 523↓ + Q ₂ (31) 6%;
1/2 ⁺		880	660↑ 53%; 400↑ 9%;	660↑ + Q ₂ (20) 21%; 642↑ + Q ₂ (22) 6%;
5/2 ⁻		890		523↓ + Q ₂ (20) 100%;
5/2 ⁺		990	642↑ 5%;	642↑ + Q ₂ (20) 94%;
7/2 ⁺		1020		523↓ + Q ₂ (31) 100%;
3/2 ⁺		1030	402↓ 3%; 651↑ 3%;	523↓ + Q ₂ (31) 91%; 651↑ + Q ₂ (20) 2%;
7/2 ⁻		1050	514↓ 2%;	642↑ + Q ₂ (31) 98%;
3/2 ⁻		1080		642↑ + Q ₂ (31) 100%;
1/2 ⁻		1120	521↓ 2%;	523↓ + Q ₂ (22) 98%;
9/2 ⁻		1130		523↓ + Q ₂ (22) 100%;
9/2 ⁺		1150	624↑ 6%;	642↑ + Q ₂ (22) 91%; 523↓ + Q ₂ (32) 2%;
1/2 ⁺		1170		523↓ + Q ₂ (32) 94%; 642↑ + Q ₂ (22) 6%;
9/2 ⁺		1180		523↓ + Q ₂ (32) 98%; 642↑ + Q ₂ (22) 2%;
1/2 ⁺		1210	660↑ 3%;	642↑ + Q ₂ (22) 86%; 523↓ + Q ₂ (32) 5%.

Энергии и структура основного и возбужденных состояний

2477
ВК

K^{π}	энерг. (K^{π})		Структура	
	эксп.	теор.		
$3/2^{-}$	(0)	0	521 \uparrow 95% ;	633 \uparrow + $Q_1(32)$ 3% ; 521 \uparrow + $Q_1(20)$ 1% ;
$7/2^{+}$	(0)	20	633 \uparrow 96% ;	521 \uparrow + $Q_1(32)$ 2% ; 633 \uparrow + $Q_1(20)$ 1% ;
$5/2^{-}$	300	400	523 \downarrow 97% ;	523 \downarrow + $Q_1(20)$ 1% ; 642 \uparrow + $Q_1(30)$ 1% ;
$5/2^{+}$		480	642 \uparrow 87% ;	642 \uparrow + $Q_1(20)$ 7% ; 530 \uparrow + $Q_1(32)$ 3% ;
$1/2^{-}$		820	530 \uparrow 74% ;	642 \uparrow + $Q_1(32)$ 12% ; 530 \uparrow + $Q_1(20)$ 8% ;
$7/2^{-}$		830	514 \downarrow 97% ;	633 \uparrow + $Q_1(30)$ 2% ;
$1/2^{+}$		1000	660 \uparrow 3% ; 400 \uparrow 1% ;	521 \uparrow + $Q_1(32)$ 60% ; 523 \downarrow + $Q_1(32)$ 35% ;
$9/2^{+}$		1050	624 \uparrow 16% ;	523 \downarrow + $Q_1(32)$ 83% ; 512 \uparrow + $Q_1(32)$ 1% ;
$7/2^{+}$		1050	633 \uparrow 1% ;	521 \uparrow + $Q_1(32)$ 98% ;
$11/2^{-}$		1060		633 \uparrow + $Q_1(32)$ 100% ;
$3/2^{-}$		1070	521 \uparrow 3% ;	633 \uparrow + $Q_1(32)$ 96% ;
$9/2^{+}$		1080	624 \uparrow 78% ;	523 \downarrow + $Q_1(32)$ 17% ; 512 \uparrow + $Q_1(32)$ 4% ;