

С 341.2
С - 60



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

В.Г. Соловьев, Т. Шиклош

P-1568

ЭНЕРГИИ ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ
СИЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР
В ОБЛАСТИ $228 \leq A \leq 254$

*Иссл. Физ., 1964, т 59, № 1,
р. 145-158.*

Дубна 1964

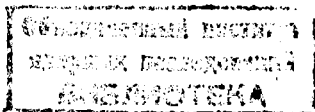
В.Г. Соловьев, Т. Шиклош

P-1568

ЭНЕРГИИ ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ
СИЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР
В ОБЛАСТИ $228 \leq A \leq 254$

2320/2 48

Направлено в "Nuclear Physics"



Дубна 1964

С развитием сверхтекучей модели ядра появилась возможность вычислять энергии неротационных возбужденных состояний четно-четных ядер. Основные положения сверхтекучей модели ядра и методы вычислений характеристик сильно деформированных ядер изложены в ^{1/1/}. Наиболее хорошо изучены экспериментально возбужденные состояния четно-четных ядер в области $150 \leq A \leq 190$. Анализ экспериментальных данных и вычисления энергий двухквaziчастичных возбужденных состояний четно-четных ядер в этой области даны в ^{1/2/}. В дополнение к расчетам в ^{1/2/} были проведены вычисления энергии ядер в этой области, результаты которых приведены в ^{1/3/}.

Первые расчеты энергий двухквaziчастичных уровней четно-четных ядер в области $228 \leq A \leq 254$ были выполнены в ^{1/4/}. Более полные исследования свойств трансуранических элементов на основе сверхтекучей модели ядра проведены в ^{1/5/}. В этой работе параметры модели были выбраны на основе экспериментальных данных по одноквaziчастичным уровням нечетных A - ядер и парным энергиям. В ней проанализированы вероятности β - переходов и величины энергии двухквaziчастичных уровней четно-четных ядер, однако приведены данные только по ядрам Pu^{240} и Cm^{244} .

В настоящей работе рассчитаны энергии двухквaziчастичных возбужденных состояний четно-четных сильно деформированных ядер в области $228 \leq A \leq 254$. Приведены энергии коллективных и двухквaziчастичных возбужденных состояний тех ядер, по которым имеются экспериментальные данные о неротационных уровнях. Результаты данной работы совместно с результатами ^{1/5/} позволяют получить энергии двухквaziчастичных состояний до 2 Мэв для всех четно-четных ядер с $138 \leq N \leq 154$ и $90 \leq Z \leq 100$.

В расчетах были использованы волновые функции и схемы одночастичных уровней потенциала Нильссона ^{1/8/}. Энергии одночастичных уровней среднего поля $E(\sigma)$, корреляционные функции C и химические потенциалы λ для основных состояний систем, с четным и нечетным числом нуклонов, записаны в таблице 1. Характеристики основных состояний нечетных A - ядер приведены для полноты. Квантовые числа, характеризующие одночастичные уровни среднего поля обозначили через $N n_z \Lambda \uparrow$, если $K = \Lambda + \Sigma$, и через $N n_z \Lambda \downarrow$, если $K = \Lambda - \Sigma$. Здесь N - полное число осцилляторных квантов, n_z - число осцилляторных квантов вдоль оси, перпендикулярной к оси симметрии ядра, Λ - проекция углового момента на ось симметрии ядра, Σ - проекция спина на эту ось. Все величины в таблице 1 приведены в единицах

$\hbar \omega_0 = 41 A^{-1/3}$ Мэв, причем их значения близки к данным в ^{1/5/}. Расчеты прово-

дятся при одной и той же равновесной деформации для всех ядер.

Из сравнения рассчитанных значений парных энергий с величинами парных энергий, найденными из разностей масс ядер, в ^{/5/} получены следующие значения констант парного взаимодействия:

$$\begin{aligned} G_N &= \frac{26}{A} \text{ Мэв,} \\ G_\pi &= \frac{29}{A} \text{ Мэв.} \end{aligned} \quad (1)$$

Эти значения G_N и G_π используются в настоящей работе. Заметим, что константы G_N и G_π , описываемые (1), употребляются также при расчетах в области $150 \leq A \leq 190$.

Результаты расчетов энергий двухквaziчастичных и коллективных состояний даны в таблицах 2-11. Сначала приведены данные, относящиеся к коллективным состояниям, далее записаны энергии двухквaziчастичных нейтронных и протонных состояний. В сверхтекучей модели ядра коллективные неротационные состояния четно-четных ядер рассматриваются как суперпозиции разного рода двухквaziчастичных состояний. Энергии коллективных квадрупольных и октупольных состояний рассчитаны в ^{/7,8/}. В таблицах 2-11 для гамма-вибрационных и октупольных состояний приведено по три двухквaziчастичных состояния, которые дают наибольший вклад в данное коллективное состояние. Этот вклад получен из условия нормировки волновой функции соответствующего коллективного состояния. Он выражен в процентах, причем через nn обозначены нейтронные, а через pp - протонные двухквaziчастичные состояния. Те состояния, которые не проявляются как двухквaziчастичные, а участвуют в образовании соответствующих коллективных состояний, в этих таблицах имеют пометку "колл". Для коллективных состояний приведены соответствующие экспериментальные данные, взятые из ^{/9-18/}.

В первой графе части таблиц 2-11, относящейся к двухквaziчастичным состояниям, даны их конфигурации, причем через K обозначен последний заполненный уровень среднего поля в модели независимых частиц, через $K+1$ - первый незаполненный уровень и т.д. Квантовые характеристики состояний $K, K+1, K-1$ и других записаны внизу соответствующей части таблицы. Во второй колонке приведены проекция полного момента на ось симметрии ядра K и четность π , причем сначала - их значения для состояний с $\Sigma = 0$, которые, согласно правилу Галлахера, имеют меньшую энергию, а ниже - с $\Sigma = 1$. Заметим, что в тех случаях, когда для одного из состояний дублета $K\pi = 0-$, то, как показано в ^{/10/}, правило Галлахера нарушается и состояние с $K \neq 0$ всегда имеет более низкую энергию, а энергия спинового расщепления оказывается малой. Далее приведены энергии двухквaziчастичных состояний, рассчитанные на основе сверхтекучей модели ядра с учетом эффекта блокировки. В этих таблицах приведены энергии всех двухквaziчастичных состояний до 2 Мэв.

Заметим, что в ^{/20/} предложен более точный метод для расчета энергий двухквaziчастичных состояний. Сравнения результатов, полученных в ^{/20/}, с нашими показывают, что точность настоящих расчетов является достаточно хорошей.

Энергии коллективных состояний, рассчитанные на основе сверхтекучей модели ядра, достаточно хорошо согласуются с соответствующими экспериментальными данными. Ряд состояний обладает ярко выраженными коллективными свойствами. Например, в Th^{228} для гамма-вибрационного состояния наибольшие вклады от двухквaziчастичных состояний равны 16%, 8% 7% и т.д. Другие коллективные состояния по своим свойствам приближаются к двухквaziчастичным. Так, например, в состоянии с $K\pi = 2-$ в U^{234} двухквaziчастичное нейтронное состояние $631\frac{1}{2} - 743\frac{1}{2}$ дает вклад, равный 78%. Если вклад одного двухквaziчастичного состояния в данное коллективное состояние превышает 95%, то такое состояние рассматривается как двухквaziчастичное. Например, в U^{234} в наинизшее состояние с $K\pi = 3-$ двухквaziчастичное нейтронное состояние $631\frac{1}{2} - 743\frac{1}{2}$ дает вклад, равный 99,8%.

Ряд двухквaziчастичных состояний с $K\pi$, соответствующим квадрупольным и октупольным состояниям, не принимает участия в образовании коллективных состояний. Они проявляются только как чистые двухквaziчастичные состояния. Так, например, в случае $K\pi = 2+$ нейтронное состояние $631\frac{1}{2} - 622\frac{1}{2}$, протонные состояния $523\frac{1}{2} - 530\frac{1}{2}$, $514\frac{1}{2} - 521\frac{1}{2}$ и другие проявляются только как двухквaziчастичные.

Как было отмечено выше, расчеты проведены при одном и том же положении уровней среднего поля для всех ядер, т.е. как бы при одной равновесной деформации для всех ядер. Однако для легких изотопов Th и U равновесные деформации несколько меньше, чем для остальных ядер в области $228 \leq A \leq 254$, поэтому точность расчетов для них может быть несколько худшей, чем для остальных ядер. Вычисления не проводились для изотопов с $A < 228$, поскольку для них пришлось бы изменить положение уровней среднего поля по сравнению с данными в таблице 1. Как известно, нет экспериментальных данных об одноквaziчастичных уровнях нечетных A - ядер с $N > 153$ и $Z > 90$, и поэтому неясно, насколько правильно схемой Нильссона описывается положение уровней среднего поля с $N > 153$ и $Z > 90$. В связи с этим результаты расчетов энергий коллективных и двухквaziчастичных возбужденных состояний для изотопов Cf и Fm являются менее надежными, чем для остальных ядер.

Данные, приведенные в таблицах 2-11 и ^{/5/} для Pu^{240} и Cm^{244} , позволяют найти энергии двухквaziчастичных состояний для всех изотопов Th , U , Pu , Cm , Cf и Fm в области $228 \leq A \leq 254$. Это связано с тем, что энергии двухквaziчастичных уровней одинаковы для всех ядер с данными Z или данными N .

Так, например, для $^{92}_{150}\text{Cf}^{248}$ двухквaziчастичные протонные уровни даны в таблице 10, а нейтронные — в таблице 9.

Экспериментальные данные об двухквaziчастичных уровнях четно-четных ядер в области $228 \leq A \leq 254$ чрезвычайно скудны. Так, имеется двухквaziчастичное состояние в Cm^{244} с $K\pi = 6+$ и конфигурацией $\pi\pi \ 622\uparrow + 624\downarrow$, энергия которого, согласно $^{1/5}$, равна 0,92 Мэв, что хорошо согласуется с экспериментальным значением 1,042 Мэв. Вычисленная величина $\log ft = 6,0$ для β -распада Am^{244} с $K\pi = 6-$ на данное состояние Cm^{244} практически совпадает со значением $\log ft = 5,9$, полученном на опыте. Имеющиеся экспериментальные данные указывают на существование сравнительно низколежащих двухквaziчастичных состояний в Th^{228} , U^{234} , Pa^{240} и в других ядрах, однако для определения величин $K\pi$ и конфигураций двухквaziчастичных состояний необходимы дальнейшие экспериментальные исследования. Можно надеяться, что данные по энергиям неротационных возбужденных состояний, приведенные в таблицах 2-11, окажутся полезными при анализе экспериментальных данных.

В заключение выражаем благодарность Т. Верешу, принимавшему участие в начальной стадии настоящего исследования, и Н.А. Буздавиной за проведение численных расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. V.G. Soloviev, Selected topics in nucl. theory, p.233, 1963 (Vienna).
В.Г. Соловьев. Влияние парных корреляций сверхпроводящего типа на свойства атомных ядер. Атомиздат, 1963.
2. C.J. Gallagher, V.G. Soloviev, Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk., 2, N.2 (1962).
3. Н.И. Пятов, В.Г. Соловьев. Известия АН СССР, сер. физич. (в печати).
4. В.Г. Соловьев. ЖЭТФ, 40, 854 (1961).
5. Т. Вереш, В.Г. Соловьев, Т. Шиклош. Известия АН СССР, сер. физич., 28, 1045 (1962).
6. S. Nilsson, Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk., 29, N.16 (1955);
V. Mottelson, S. Nilsson, Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk., 1, N.6 (1959).
7. Лю Юань, В.Г. Соловьев, А.А. Корнейчук. ЖЭТФ (в печати).
8. В.Г. Соловьев, П. Фогель, А.А. Корнейчук. Изв. АН СССР, сер. физич. (в печати);
В.Г. Соловьев, Н. Фогель. Phys. Lett., 9, 126 (1963).
9. S. Bjornholm, M. Lederer, F. Asaro, I. Perlman, Phys. Rev., 130, 2000 (1963).

10. E. Arbmán, O.B. Nielsen, S. Bjornholm. Nucl. Phys., 21, 406 (1960).
R.A. Bell, S. Bjornholm, J.C. Severiens. Kgl. Dansk. Vid. Selsk. Mat. Fys. Medd. 32, No. 12 (1960).
11. F.K. McGowan, P.H. Stelson. Phys. Rev., 120, 1803 (1960).
12. S. Bjornholm, F. Boehm, A.B. Knutsen, O.B. Nielsen. Nucl. Phys., 42, 469 (1963).
13. C.L. Gallagher, T.D. Thomas. Nucl. Phys., 14, 1 (1959/60);
P.G. Hansen, K. Wilsby, S. Bjornholm. Nucl. Phys., 45, 417 (1963).
14. A.B. Smith. Nucl. Phys., 47, 633 (1963).
15. J. Borggreen, O.B. Nielsen, H. Nordby. Nucl. Phys., 29, 515 (1962);
R.G. Albridge, J.M. Hollander. Nucl. Phys., 21, 438 (1960).
16. S.E. Vandenbosch, P. Day. Nucl. Phys., 37, 482 (1962).
17. S.E. Vandenbosch, H. Diamond, R.K. Sjoblom, P.R. Fields. Phys. Rev., 115 (1962).
18. J.M. Hollander, C.L. Nordling, K. Siegbahn. Arkiv for Fys., 23, 35 (1963).
19. Н.И. Пятов. Известия АН СССР, сер. физическая 27, 1436 (1963).
20. И.Н. Михайлов. ЖЭТФ, 45, 1102 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
18 февраля 1964 г.

ТАБЛИЦА 1

Одночастичные уровни среднего поля

Z или N	$N \pi_z \Lambda \Sigma$	$\frac{E(s)}{\hbar \omega_0}$	Четная система $Z+1$ или $N+1$		Нечетная система Z или N	
			$C/\hbar \omega_0$	$\lambda/\hbar \omega_0$	$C/\hbar \omega_0$	$\lambda/\hbar \omega_0$
Протонная система						
89	65I ↑	0,68	0,14I	0,753	0,12I	0,733
91	530 ↑	0,75	0,130	0,803	0,105	0,788
93	642 ↑	0,83	0,120	0,859	0,093	0,823
95	523 ↓	0,86	0,110	0,921	0,076	0,899
97	521 ↑	0,98	0,109	0,987	0,077	0,941
99	633 ↑	0,99	0,104	1,045	0,074	1,025
Нейтронная система						
137	63I ↑	0,71	0,119	0,734	0,100	0,711
139	752 ↑	0,72	0,112	0,778	0,091	0,759
141	633 ↓	0,78	0,104	0,826	0,078	0,803
143	743 ↑	0,85	0,099	0,880	0,068	0,850
145	631 ↓	0,90	0,097	0,936	0,061	0,910
147	622 ↑	0,97	0,099	0,994	0,059	0,964
149	624 ↓	1,03	0,107	1,048	0,068	1,023
151	734 ↑	1,10	0,117	1,094	0,084	1,070
153	620 ↑	1,17	0,126	1,133	0,101	1,109

ТАБЛИЦА 2

Энергетические уровни $T h_{111}^{112}$

Коллективные состояния						
К П	Энергия (Мэв)		Структура состояния			
	Расчет.	Эксперимент.				
0-	0,14	0,328	nn633↓-752↑ 20%, nn631↑-761↑17%, pp660↑-530↑ 13%			
2+	0,6	0,969	nn743↑-761↑16%, nn631↑+631↑8%, pp532↑-530↑ 7%			
0+						
2-	1,4	1,123	nn631↑-743↑65%, pp642↑-530↑13%, pp651↑+530↑8%			
I-	1,1		nn631↑-752↑64%, pp651↑-530↑12%, nn633↓-761↑ 5%			
Двухквaziчастичные состояния						
Нейтронные			Протонные			
Состояние	К П	Энергия (Мэв)	Состояние	К П	Энергия (Мэв)	
K,K+I	I- колл.	1,3	K,K+I	I- колл.	1,7	
K,K+2	4+ I+	1,4	K+I,K+2	2- колл.	1,8	
K+I,K+2	5- 0- колл.	1,4	K-I,K+I	2+ колл.	1,8	
K-I,K+I	I+ 4+	1,5	K,K+2	I+ 4+	1,9	
K-I,K	3- 0- колл.	1,5	K+I,K+3	3+ 2+	2,0	
K-I,K+2	4- I- колл.	1,6	K-I,K+2	4- I-	2,0	
K-2,K+I	4- 9-	1,7	K-2,K+I	I- 0- колл.	2,0	
K-2,K	5+ 8+	1,7	K,K+3	4- I-	2,0	
K,K+3	2- колл.	1,8	K-I,K	3- 0- колл.	2,1	
K+I,K+3	I+ 6+	1,8	K+2,K+3	5- 0- колл.	2,3	
K+2,K+3	6- I- колл.	2,0				
K-2,K-I	5- 8-	2,0				
K-2=606 ↑, K-I =761 ↑, K=631 ↑ K+I=752 ↑, K+2 =633 ↓, K+3 =743 ↑			K-2=400 ↑, K-I =532 ↓, K= 651 ↑ K+I =530 ↑, K+2= 642 ↑, K+3 =523 ↓			

ТАБЛИЦА 3
Энергетические уровни ${}_{90}Th_{140}^{230}$

Коллективные состояния						
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния			
	Расчет.	Эксперимент.				
0-	0,50	0,508	nn633↓-752↑ 27%, pp660↑-530↑14%, nn631↑-761↑10%			
0+	0,5	0,634				
2+	0,74	0,783	nn743↑-761↑18%, nn631↑+631↓13%, nn633↓-631↓ 12,6 %			
I-	I,1	0,954	nn631↑-752↑39%, nn633↓-743↑30%, pp651↑-530↑14%			
2-	I,4		nn631↑-743↑84%, pp642↑-530↑6%, pp651↑+530↑ 3%			
Двухквaziчастичные состояния						
Нейтронные			Протонные			
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)	
K, K+I	5- 0- колл.	I,2	K, K+I	I- колл. 2- колл.	I,7	
K-I, K+I	4+ I+	I,3	K+I, K+2	2- колл. 3-	I,8	
K, K+2	I+ 6+	I,5	K-I, K+I	2+ колл. I+	I,8	
K+I, K+2	6- I- колл.	I,5	K, K+2	I+ 4+	I,9	
K-I, K	I- колл. 4-	I,5	K+I, K+3	3+ 2+	2,0	
K-I, K+2	2- колл. 5-	I,5	K-I, K+2	4- I-	2,0	
K-2, K+I	4- I- колл.	I,6	K-2, K+I	I- 0- колл.	2,0	
K, K+3	3- 2- колл.	I,8	K, K+3	4- I-	2,0	
K+I, K+3	2+ колл. 3+	I,8	K-I, K	3- 0- колл.	2,1	
K-2, K	I+ 4+	I,9	K+2, K+3	5- 0- колл.	2,2	
K-2, K-I	3- 0- колл.	I,9				

K-2=761↑, K-I=631↑, K=752↑, K+I=633↓, K+2=743↑, K+3=631↓
 K-2=400↑, K-I=532↓, K=651↑, K+I=530↑, K+2=642↑, K+3=523↓

ТАБЛИЦА 4
Энергетические уровни ${}_{90}Th_{142}^{232}$

Коллективные состояния						
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния			
	Расчет.	Эксперимент.				
0+	-	0,725				
2+	0,85	0,788	nn633↓-631↓25%, nn631↑+631↓ 15%, nn743↑-761↑ 13%			
0-	0,8	I,045	nn633↓-752↑20%, pp660↑-530↑16%, nn622↑-752↑ 10%			
Двухквaziчастичные состояния						
Нейтронные			Протонные			
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)	
K, K+I	6- I- колл.	I,1	K, K+I	I- колл. 2- колл.	I,7	
K, K+2	2+ колл. 3+	I,4	K+I, K+2	2- колл. 3-	I,8	
K-I, K+I	I+ 6+	I,4	K-I, K+I	2+ колл. I+	I,8	
K-2, K+I	2- колл. 5-	I,5	K, K+2	I+ 4+	I,9	
K+I, K+2	4- 3-	I,5	K+I, K+3	3+ 2+	2,0	
K-I, K+2	3- 2-	I,6	K-I, K+2	4- I-	2,0	
K-I, K	5- 0- колл.	I,7	K-2, K+I	I- 0- колл.	2,0	
K-2, K	4+ I+	I,7	K, K+3	4- I-	2,0	
K, K+3	5+ 0+ колл.	I,8	K-I, K	3- 0- колл.	2,1	
K+I, K+3	I- колл. 6-	I,9	K+2, K+3	5- 0- колл.	2,2	
K-2, K-I	I- колл. 4-	2,0				
K+2, K+3	3+ 2+	2,1				

K-2=631↑, K-I=752↑, K=633↓, K+I=743↑, K+2=631↓, K+3=622↑
 K-2=400↑, K-I=532↓, K=651↑, K+I=530↑, K+2=642↑, K+3=523↓

ТАБЛИЦА 5
Энергетические уровни U_{140}^{132}

Коллективные состояния			
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния
	Расчет.	Эксперимент.	
0-	0,60	0,564	nn633↓-752↑30%, nn631↑-761↑10%, pp651↑-521↑ 9%
0+	0,8	0,693	
2+	0,9	0,868	nn743↑-761↑20%, nn631↑+631↓14%, nn633↓-631↓ 14%
2-	1,1	(1,018)	nn631↑-743↑75%, pp642↑-530↑16%, nn642↓-743↑ 2%
I-	1,1		nn631↑-752↑42%, nn633↓-743↑33%, pp651↑-530↑7%

Двухквaziчастичные состояния

Нейтронные			Протонные		
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)
K, K+I	5- 0- колл.	1,2	K, K+I	2- 3- колл.	1,4
K-I, K+I	4+ 1+	1,3	K, K+2	3+ 2+	1,5
K, K+2	1+ 6+	1,5	K+I, K+2	5- 0- колл.	1,7
K+I, K+2	3- 1- колл.	1,5	K-I, K+I	1+ 4+	1,8
K-I, K	1- колл. 4-	1,5	K-I, K+2	4- 1-	1,9
K-I, K+2	2- колл. 5-	1,5	K-2, K+I	4- 1-	2,0
K-2, K+I	4- 1- колл.	1,6	K-I, K	1- колл. 2- колл.	2,0
K, K+3	3- 2-	1,8	K-2, K	2+ колл. 1+	2,2
K+I, K+3	2+ колл. 3+	1,8			
K-2, K	1+ 4+	1,8			
K-2, K-I	3- 0- колл.	1,9			

K-2 = 761↑, K-I = 631↑, K = 752↑
K+I = 633↓, K+2 = 743↑, K+3 = 631↓

K-2 = 532↓, K-I = 651↑, K = 530↑
K+I = 642↑, K+2 = 523↓

ТАБЛИЦА 6
Энергетические уровни U_{141}^{134}

КП	Коллективные состояния		
	Энергия (Мэв)		Структура состояния
	Расчет.	Эксперимент.	
0-	0,86	0,788	nn633↓-752↑ 23%, nn622↑-752↑11%, pp651↑-521↑ 11%
0+		0,811	
2+	0,9	0,922	nn633↓-631↓30%, nn631↑+631↓ 16%, nn743↑-761↑ 14%
2-	1,3	(1,240)	nn631↑-743↑78%, pp642↑-530↑15%, pp651↑+530↑1%
0+		1,049	
I-	1,4		nn633↓-743↑84%, nn622↑-743↑4%, pp651↑-530↑ 3%

Двухквaziчастичные состояния

Нейтронные			Протонные		
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)
K, K+I	6- 1- колл.	1,1	K, K+I	2- колл. 3-	1,4
K, K+2	2+ колл. 3+	1,4	K, K+2	3+ 2+	1,5
K-I, K+I	1+ 6+	1,4	K+I, K+2	5- 0- колл.	1,6
K-2, K+I	2- колл. 5-	1,5	K-I, K+I	1+ 4+	1,8
K+I, K+2	4- 3-	1,5	K-I, K+2	4- 1-	1,9
K-I, K+2	3- 2-	1,6	K-2, K+I	4- 1-	2,0
K-I, K	5- 0- колл.	1,7	K-I, K	1- колл. 2- колл.	2,0
K-2, K	4+ 1+	1,7	K-2, K	2+ колл. 1+	2,2
K, K+3	5+ 0+ колл.	1,8			
K+I, K+3	1- колл. 6-	1,9			
K-2, K-I	1- колл. 4-	2,0			

K-2 = 631↑, K-I = 752↑, K = 633↓, K+I = 743↑
K+2 = 631↓, K+3 = 622↑

K-2 = 532↓, K-I = 651↑, K = 530↑
K+I = 642↑, K+2 = 523↓

ТАБЛИЦА 7
Энергетические уровни $^{233}_{92}\text{U}$

Коллективные состояния					
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния		
	Расчет.	Эксперимент.			
0-	0,9	0,679	nn624↓-743↑ 16%, pp651f-521f 12%, pp660f-530f 10%		
0+		0,930			
2+	1,2	1,062	nn622f-620f 18%, nn633↓-631↓ 16%, pp532↑+530f 6%		
Двухквaziчастичные состояния					
Нейтронные			Протонные		
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)
K,K+I	3+ 2+	0,9	K,K+I	2- 3-	1,4
K-I,K+I	1- 6-	1,3	K,K+2	3+ 2+	1,5
K,K+2	3+ 4+	1,3	K+I,K+2	5- 0- колл.	1,6
K-I,K	4- 3-	1,5	K-I,K+I	1+ 4+	1,8
K-I,K+2	7- 0- колл.	1,6	K-I,K+2	4- 1-	1,8
K+I,K+2	6+ 1+	1,6	K-2,K+I	4- 1-	1,9
			K-I,K	1- 2-	2,0
K-2,K+I	5+ 0+ колл.	1,7	K-2,K	2+ 1+ колл.	2,2
K,K+3	5- 4-	1,8			
K-2,K	2+ 3+ колл.	2,0	K,K+3	1+ 2+ колл.	2,2
K+I,K+2	6+ 1+	2,0			

K-2 = 633↓, K-I = 743↑, K = 631↓
K+I = 622↑, K+2 = 624↑, K+3 = 734↑

K-2 = 532↓, K-I = 651↑, K = 530↑
K+I = 642↑, K+2 = 523↓, K+3 = 521↑.

ТАБЛИЦА 8
Энергетические уровни $^{235}_{94}\text{Pu}$

Коллективные состояния					
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния		
	Расчет.	Эксперимент.			
0-	1,0	0,605	pp642f-523↓18%, nn622f-752↑14%, pp651f-521f 13%		
0+		0,940			
2+	1,1	1,030	nn633↓-631↓ 40%, nn631f+631↑13%, nn743f-761f 6%		
1-	1,1		nn622f-743↑68%, nn633↓-743↑ 16%, pp642f-521f 8%		
Двухквaziчастичные состояния					
Нейтронные			Протонные		
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)
K,K+I	4- 3-	0,9	K,K+I	5- 0- колл.	1,1
K,K+2	1- 6- колл.	1,3	K+I,K+I	3+ 2+	1,6
K-I,K+I	2+ 3+ колл.	1,3	K-I,K	2- 3-	1,7
K+I,K+2	3+ 2+	1,5	K,K+2	1- 4- колл.	1,8
K-I,K	6- 1- колл.	1,6	K,K+3	1+ 6+	1,8
K-I,K+2	5+ 0+ колл.	1,6	K+I,K+2	4+ 1+	1,8
K-2,K+I	3- 2-	1,7	K+I,K+3	6- 1-	1,9
K,K+3	7- 0- колл.	1,7	K-2,K+I	4- 1-	2,0
K+I,K+3	3+ 4+	1,9	K-I,K+2	1+ 2+ колл.	2,0
K-2,K	1+ 6+	1,9	K-2,K	1+ 4+	2,1
K+2,K+3	6+ 1+	2,2			

K-2 = 752↑, K-I = 633↓, K = 743↑
K+I = 631↓, K+2 = 622↑, K+3 = 624↑

K-2 = 651↑, K-I = 530↑, K = 642↑
K+I = 523↑, K+2 = 521↑, K+3 = 633↑.

ТАБЛИЦА 9
Энергетические уровни $^{246}_{150}\text{Cm}$

Коллективные состояния					
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния		
	Расчет.	Эксперимент.			
2+	0,8		nn622f-620f 37%, nn624f-622f 24%, nn622f+ 620f 6%		
0+					
0-	1,2		pp651f-521f 17%, pp642f-523f 14%, nn631f-761f 14%		
2-	1,1		nn622f-734f 61%, pp633f-521f 32%, nn624f-725f 1%		
Двухквaziчастичные состояния					
Нейтронные			Протоны		
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)
K,K+I	8- I-	I, I	K,K+I	4+ I+	I, 3
K-I,K+I	2- 7- колл.	I, 4	K,K+2	6- I-	I, 3
K,K+2	4+ 3+	I, 5	K,I,K+I	I- 4-	I, 5
K-I,K	6+ I+	I, 5	K-I,K+2	I+ 6+	I, 5
K,K+3	7+ 0+ колл.	I, 6	K+I,K+2	2- 5- колл.	I, 7
K-I,K+2	2+ 3+ колл.	I, 7	K-I,K	5- 0- колл.	I, 8
K+I,K+2	4- 5-	I, 8	K,K+3	I+ 6+	I, 8
K-2,K+I	5- 4-	I, 8	K-2,K+I	I+ 2+ колл.	2, 0
K+I,K+3	I- 8-	I, 9			
K-2,K	3+ 4+	I, 9			
K+I,K+4	6- 3-	2, 0			

K-2 = 631f, K-I = 622f, K = 624f
K+I = 734f, K+2 = 620f, K+3 = 613f, K+4 = 622f
K-2 = 530f, K-I = 642f, K = 523f
K+I = 521f, K+2 = 633f, K+3 = 514f.

ТАБЛИЦА 10
Энергетические уровни $^{250}_{132}\text{Cf}$

Коллективные состояния					
КП	Энергия (Мэв)		Структура состояния		
	Расчет.	Эксперимент.			
2+	0,8	I, 032	nn622f-620f 26%, nn624f-622f 25%, nn622f+ 620f 18%		
0+					
Двухквaziчастичные состояния					
Нейтронные			Протоны		
Состояние	КП	Энергия (Мэв)	Состояние	КП	Энергия (Мэв)
K,K+I	4- 5-	I, 4	K,K+I	2- 5-	0, 8
K-I,K	8- I-	I, 5	K,K+2	5+ 2+	I, 4
K,K+2	I- 8-	I, 5	K+I,K+2	7- 0-	I, 4
K,K+3	6- 3-	I, 6	K-I,K+I	6- I-	I, 7
K-I,K+I	4+ 3+	I, 6	K-I,K	4+ I+	I, 7
K-I,K+2	7+ 0+ колл.	I, 7	K-2,K+I	I+ 6+	I, 8
K-2,K	2- 7-	I, 8	K-2,K	I- 4-	I, 8
K+I,K+2	3+ 4+	I, 8	K-I,K+2	I+ 6+	I, 8
K+I,K+3	2+ I+ колл.	I, 9	K,K+3	2+ I+ колл.	2, 0
K-2,K+I	2+ 3+ колл.	I, 9	K+I,K+3	4- 3-	2, 0
K+I,K+4	5- 6-	I, 9	K+I,K+4	I+ 8+	2, 0
K+2,K+3	5+ 2+	2, 0			
K-2,K-I	2+ I+	2, 0			

K-2=622f, K-I=624f, K=734f, K+I=620f,
K+2=613f, K+3=622f, K+4=725f
K-2=642f, K-I=523f, K=521f, K+I=633f,
K+2=514f, K+3=521f, K+4=624f.

ТАБЛИЦА II

Энергетические уровни ${}_{100}Fm_{154}^{254}$

Коллективные состояния						
КТ	Энергия (Мэв)		Структура состояния			
	Расчетн.	Эксперимент.				
2+	0,5	0,692	nn622↓+620↑ 36%, nn613↑- 611↑ 30%, pp521↑+521↓ 20%			
0+						

Двухквaziчастичные состояния						
Нейтронные			Протонные			
Состояние	КТ	Энергия (Мэв)	Состояние	КТ	Энергия (Мэв)	
K-I, K	4- 5-	1,5	K, K+I	7- 0-	0,9	
K-I, K+I	1- 8-	1,5	K-I, K+I	5+ 2+	1,0	
K, K+I	3+ 4+	1,5	K-I, K	2- 5-	1,4	
K-I, K+2	6- 3-	1,5	K, K+2	4- 3-	1,5	
K, K+2	2+ колл. 1+	1,6	K-I, K+2	2+ колл. 1+	1,5	
K, K+3	5- 6-	1,6	K, K+3	1+ 8+	1,5	
K+I, K+2	5+ 2+	1,6	K+I, K+2	3+ 4+	1,6	
K+I, K+3	2- 9-	1,7	K+I, K+3	8- 1-	1,7	
K+I, K+4	8+ 1+	1,7	K-2, K+I	1+ 6+	1,8	
K+2, K+3	7- 4-	1,7	K+I, K+4	6+ 1+	2,0	
K-2, K	4+ 3+	1,8				
K-2, K+I	7+ 0+ колл.	1,8				
K-2, K-I	8- 1-	1,8				
K-2=624↓, K-I=734↑, K=620↑, K+I=613↑, .			K-2=523↓, K-I=521↑, K=633↑, K+I=514↓, .			
K+2=622↓, K+3=725↑, K+4=615↓ .			K+2=521↓, K+3=624↑, K+4=512↑ .			