

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ41.2а

И-20

21.11.75

P4 - 8282

396/2-75

С.П.Иванова, С.И.Федотов

РАВНОВЕСНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ
НЕЙТРОНОИЗБЫТОЧНЫХ ЯДЕР
В ОБЛАСТИ БАРИЯ

1974

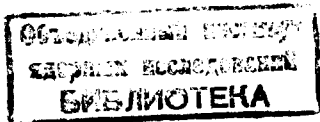
ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

P4 - 8282

С.П.Иванова, С.И.Федотов

РАВНОВЕСНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ
НЕЙТРОНОИЗБЫТОЧНЫХ ЯДЕР
В ОБЛАСТИ БАРИЯ

Направлено в "Известия АН СССР"



В последние годы все большее внимание уделяется изучению свойств новых изотопов и элементов в областях, удаленных от полосы стабильности. Интерес к таким исследованиям связан с тем, что значительное изменение соотношения числа нейтронов и протонов в ядре может привести к появлению новых ядерных свойств. Так были открыты новые виды радиоактивного распада: протонная и двухпротонная радиоактивность, испускание запаздывающих нейтронов, протонов и т.д. При удалении от полосы стабильности изменяется и пространственное распределение в ядрах, можно надеяться на появление новых островов стабильности, новых областей деформации и пр.

Для получения изотопов, удаленных от полосы стабильности, используются разнообразные ядерные реакции; особенно интересна возможность использования тяжелых ионов. За сравнительно короткое время в реакциях передачи с тяжелыми ионами удалось синтезировать значительное число новых ядер легких элементов с большим избытком нейтронов. Появляется возможность получения новых нейтроноизбыточных изотопов для более тяжелых элементов с $A > 100$ и исследования их ядерных свойств.

Данная работа представляет собой первый шаг в теоретическом изучении свойств некоторых нейтроноизбыточных изотопов ксенона, бария и церия. Мы рассматриваем форму четно-четных изотопов этих ядер в основном состоянии, вычисляя равновесные значения β_{20} , β_{40} , Q_{20} и Q_{40} .

Методика расчетов равновесных значений деформаций основных состояний четно-четных ядер хорошо известна^{1/}, поэтому мы не будем здесь подробно ее рассматривать. Приведем только несколько основных формул.

Эти значения параметров были выбраны при обсуждении соответствующих экспериментальных данных и расчетов одночастичных схем ядер редкоземельной области.

При проведении расчетов оболочечной поправки была исследована зависимость величины нейтронной и протонной оболочечной поправки от параметра усреднения γ . Было показано, что при $\gamma = 8$ оболочечная поправка для ядер этой области выходит на плато.

Параметры парного взаимодействия были выбраны следующими:

$$G_N = \frac{23}{A}, \quad G_Z = \frac{27}{A}.$$

в/ Прежде чем перейти к обсуждению результатов, опишем обозначения на рисунках. Типичная зависимость энергии основного состояния четно-четного ядра $\mathcal{E}(\beta_{20}, \beta_{40})$ от параметра деформации β_{20} при фиксированном значении β_{40} приведена на рис. 1. Функция $\mathcal{E}(\beta_{20}, \beta_{40})$ имеет два минимума: при положительной деформации β_{20}^+ и при отрицательной β_{20}^- . Соответствующие этим минимумам энергии деформации обозначим $\mathcal{E}_{\text{def}}^+$ и $\mathcal{E}_{\text{def}}^-$. Энергия деформации определяется выражением $\mathcal{E}_{\text{def}}^{\pm} = \mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_0(\beta_{20}^{\pm})$. Разность энергий деформации обозначим $\Delta \mathcal{E}_{\text{def}}$, причем

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{def}} = \mathcal{E}_{\text{def}}^+ - \mathcal{E}_{\text{def}}^- = \mathcal{E}_0(\beta_{20}^-) - \mathcal{E}_0(\beta_{20}^+).$$

Если минимум при β_{20}^+ является более глубоким, то $\Delta \mathcal{E}_{\text{def}} > 0$, в противном случае $\Delta \mathcal{E}_{\text{def}} < 0$.

Наши расчеты были проведены в интервалах по β_{20} от $-0,30$ до $+0,30$ с шагом $\Delta \beta_{20} = 0,05$ и по β_{40} от $-0,06$ до $+0,16$ с шагом $\Delta \beta_{40} = 0,02$.

Результаты вычислений некоторых значений равновесных деформаций β_{20} , β_{40} , квадрупольных и гексадекапольных моментов и энергий деформации представлены в табл. 2 и на рис. 2, 3.

Ядра можно считать деформированными, если получающаяся в результате расчета энергия деформации больше энергии нулевых колебаний, т.е. если

$$\mathcal{E}_{\text{def}} = [\mathcal{E}(0) - \mathcal{E}(\beta_{20}^{\text{равн.}})] > 1,5 - 2 \text{ МэВ}.$$

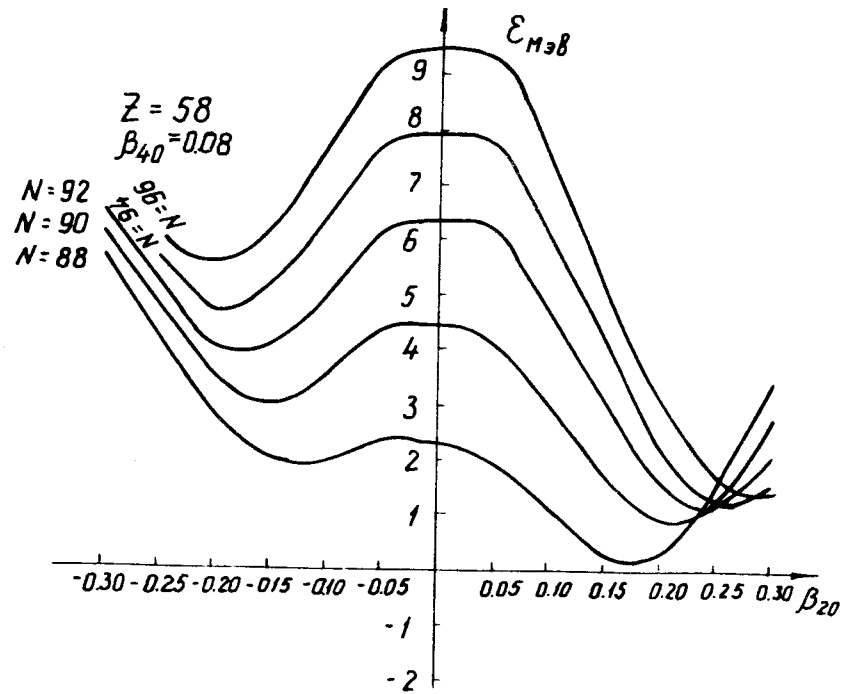


Рис. 2. Зависимость энергии деформации от β_{20} при $\beta_{40} = 0,08$ для изотопов церия.

В остальных случаях точность наших расчетов не позволяет сделать заключение о форме рассматриваемого ядра.

Из приведенной таблицы следует, что изотопы церия являются хорошо деформированными, для изотопов бария энергия деформации меньше, однако по мере увеличения числа нейтронов значение равновесной деформации увеличивается. Изотопы ксенона практически отнести к деформированным нельзя.

Все рассмотренные ядра имеют энергию деформации, слабо зависящую от β_{40} . На рис. 3 продемонстрирована

Z = 56

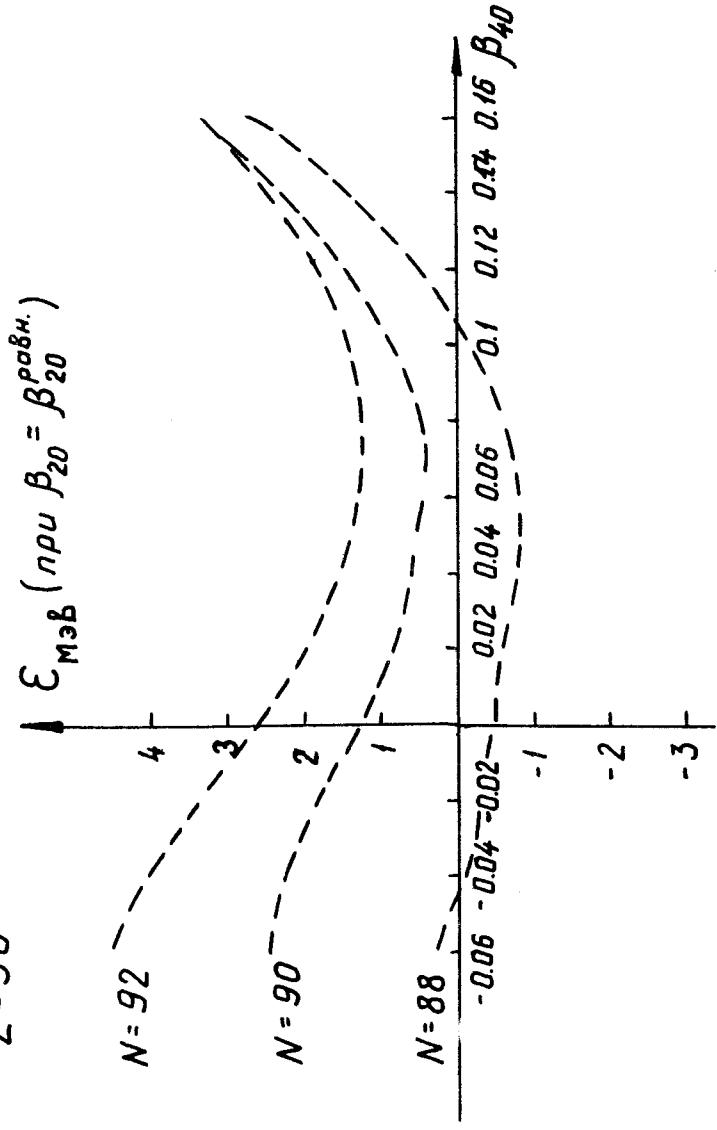
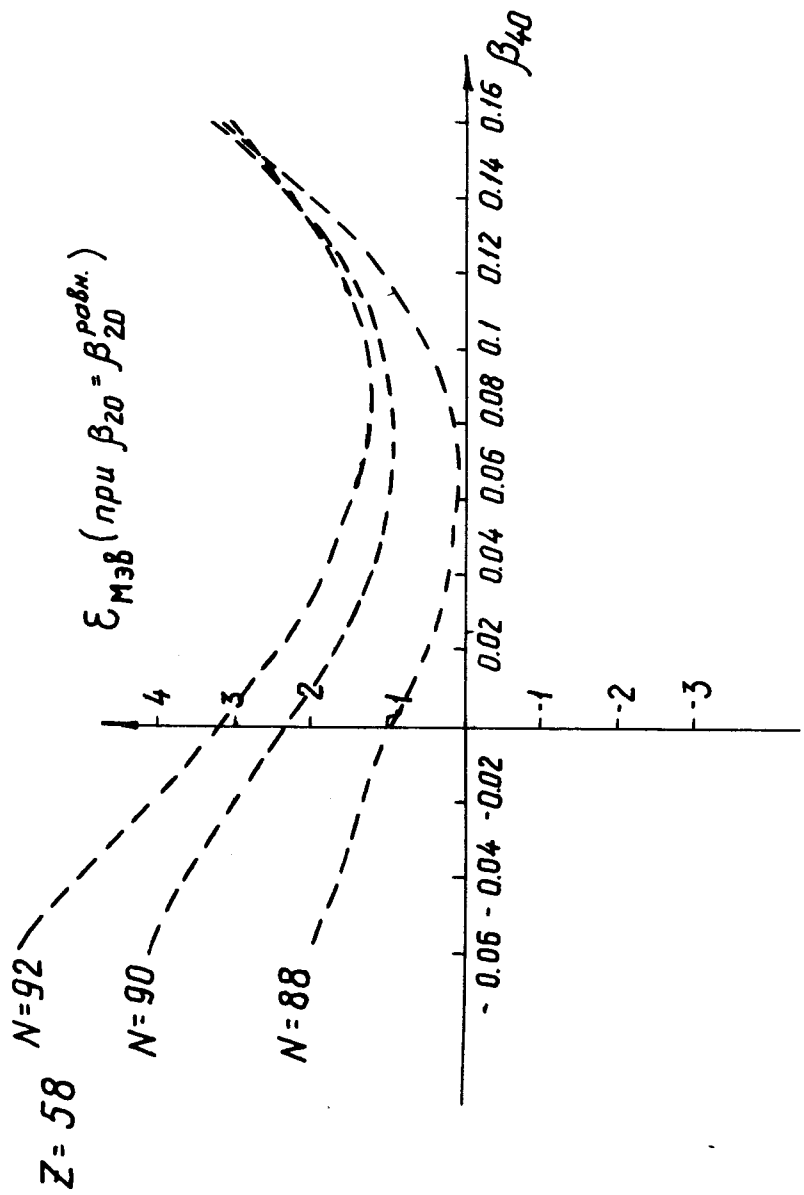


Рис. 3. Зависимость энергии деформации от β_{40} при $\beta_{20} = \beta_{20}^{равн.}$ для изотопов Ва и Се.



зависимость энергии деформации от гексадекапольной деформации для изотопов Ва и Се при β_{20} , равном равновесному значению. Энергия деформации слабо меняется при переходе от $\beta_{40} = 0,06$ к $\beta_{40} = 0,08$.

На основании проделанных расчетов можно сделать следующие выводы.

1. Нейтроноизбыточные изотопы бария и церия имеют в основном состоянии положительную деформацию, т.е. равновесной формой является вытянутый эллипсоид. Разница энергий деформации сплюснутой и вытянутой формы достигает величины от 1 до 3 МэВ.

2. Изучение нейтроноизбыточных и нейтронодефицитных изотопов бария и церия позволяет проследить, как

изменяется форма ядра от сплюснутой к вытянутой, так как согласно проделанным расчетам^{/5/} большинство нейтронодефицитных изотопов бария, церия и ксенона в основном состоянии имеет отрицательную деформацию.

3. Изотопы ксенона при переходе от нейтронодефицитных к нейтроноизбыточным меняют свою форму от сплюснутой к сферической.

4. Изучение зависимости энергий деформации от β_{40} показывает, что рассматриваемые изотопы характеризуются большой "мягкостью" по отношению к гексадекапольным деформациям.

Авторы признательны В.Г.Соловьеву, Ю.Ц.Оганесяну, за обсуждения, Н.Ю.Шриковой за помощь при проведении расчетов, В.М.Струтинскому за предоставленную программу расчета оболочечной поправки.

Таблица 2

Равновесные значения β_{20} , β_{40} , квадрупольные и гексадекапольные моменты

Элемент	A	$\beta_{20}^{теор.}$	$\beta_{40}^{теор.}$	$Q_{40}^{теор.}$ $\cdot 10^{-24} \text{ см}^2$	$Q_{20}^{эксп.}$ $\cdot 10^{-24} \text{ см}^2$	$Q_{40}^{теор.}$ $\cdot 10^{-24} \text{ см}^2$	ϵ_{def} МэВ	$\Delta \epsilon_{def}$ МэВ
Хе	142	0	0	-	-	-	-	-
Z=54	144	0.13	0.05	2.6	-	0.4	0.6	0.5
	146	0.17	0.06	3.6	-	0.7	1.6	1.2
Ва	144	0.12	0.05	2.5	-	0.4	0.9	0.7
Z=56	146	0.17	0.06	3.7	3.73 ^{/6/}	0.7	2.0	1.2
	148	0.20	0.07	4.4	-	0.8	3.3	1.8
Се	146	0.17	0.07	3.8	-	0.7	1.9	1.5
Z=58	148	0.21	0.08	4.9	4.48 ^{/6/}	1.1	3.6	2.1
	150	0.24	0.08	5.8	5.76 ^{/6/}	1.2	5.4	2.9

Литература

1. В.М.Струтинский. ЯФ, 3, 614 /1966/;
Nucl.Phys., A95, 420 (1967);
В.М.Струтинский, В.М.Коломиец. Материалы VIII зимней школы ЛИЯФ по физике ядра и элементарных частиц, 1973.
2. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, Б.И.Калинкин. Изв. АН СССР, сер. физическая, 32, 1690 /1968/;
F.A.Gareev, S.P.Ivanova, L.A.Malov, V.G.Soloviev. Nucl. Phys., A171, 134 (1971).
3. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, В.В.Пашкевич. ЯФ, 11, 1200 /1970/.
4. W.I.Swiatecki. Phys.Rev., 10, 651 (1956); 104, 993 (1956);
Л.Уилетс. Теория ядерного деления. Атомиздат, 1967.
5. D.A.Arseniev, A.Sobiczewski, V.G.Soloviev. Nucl.Phys., A139, 269 (1969);
С.П.Иванова. Автореферат кандидатской диссертации. ОИЯИ, 4-5598, Дубна, 1971.
6. R.C.Jaked, H.Nifeneckev, S.G.Thompson. Proc. 3-rd IAEA Symp. of Physics and Chemistry of Fission, Rochester, 1973 (IAEA, Vienna, 1974), vol. 2.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 сентября 1974 года.