

О ВЛИЯНИИ СРЕДНЕГО ПОЛЯ
НА ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЯДЕР

Э.Е. Берлович

Форма ядер переходных областей определяется конкуренцией многих факторов: свойствами самосогласованного поля, а также спаривательными и квадрупольными силами. Точный учет всех этих факторов представляет сложную задачу [1]. Некоторые особенности однако, могут быть качественно поняты, исходя из свойств уровней самосогласованного поля. Так, например, наблюдающийся скачкообразный переход формы ядра от сферической к вытянутой в области чисел нейтронов 88-90, по-видимому, отражает перестройку протонных уровней вблизи поверхности ферми, связанную с включением спадающих нильссоновских орбиталей $1/2^-$ [550], $3/2^-$ [541] и $5/2^-$ [532], выходящих из узла $h_{11/2}$. Все нейтронные орбитали вблизи $N = 90$ оказываются спадающими и поэтому добавление любой пары нейтронов способствует смещению минимума полной энергии в сторону больших деформаций. Однако спаривательные силы (особенно у четно-четных ядер) могут скомпенсировать этот эффект и ядро остается сферическим до тех пор пока число нейтронов достигнет критического значения, соответствующего такому сдвигу минимума, при котором включаются указанные спадающие протонные орбитали. Так как при добавлении последней пары нейтронов число нуклонов на спадающих орбиталях возрастает одновременно на большое число (2 нейтрона и 6 протонов), результирующее смещение минимума энергии должно быть также значи-

тельным, что и соответствует скачкообразному возрастанию деформации.

Возможно, что три спадающие протонные орбитали оказываются ниже поверхности Ферми не одновременно, а в два этапа: при $N = 88$ ниже поверхности Ферми опускаются орбитали $1/2^-$ [550] и $3/2^-$ [541], а при $N = 90$ к ним добавляется и орбиталь $5/2^-$ [532]. В этом случае у четно-четных ядер деформация возникает не при $N = 90$, а уже при $N = 88$. Согласно расчетам Беранже и Кумара [2] ядро Sm^{150} считавшееся ранее сферическим, обладает деформацией $\delta = 0,16$. Это совпадает со значением, вычисленным из величины приведенной вероятности кулоновского возбуждения первого уровня 2^+ . Второй скачок деформации возникает при $N = 90$ (Sm^{152}), когда деформация достигает значения $\delta = 0,26$.

В работе [3] нами проведен анализ экспериментальных данных о квадрупольных моментах четно-четных и нечетных деформированных ядер. Показано, что изменение внутреннего квадрупольного момента при переходе от четно-четного ядра к нечетному существенно определяется квантовыми характеристиками той орбиты, которую заселяет добавляемый нуклон: спадающей орбитали на диаграмме Нильссона соответствует увеличение внутреннего квадрупольного момента, восходящей орбитали - уменьшение, а горизонтальной - его постоянство. Среднее изменение внутреннего квадрупольного момента в случае наклонных орбиталей различной крутизны составляет примерно 0,6 - 0,7 барна.

Отсюда следует, что при добавлении к сферическому ядру Sm^{148} шести нуклонов на спадающие орбитали (2 нейтрона и 4 протона) внутренний квадрупольный момент должен возрасти примерно на 3,5 - 4 барна. Это согласуется со значением $Q_0 = 3,5$ барна у Sm^{150} ($\delta = 0,16$). Скачок внутреннего квадрупольного момента при переходе от Sm^{150} к Sm^{152} ($Q_0 = 6,1$ барна) отвечает добавлению на спадающие орбитали еще четырех нуклонов (2 нейтрона и 2 протона). Эти оценки носят сугубо качественный характер. Однако, они показывают, что происхождение скачкообразного (и притом, по-видимому, двухступенчатого) изменения формы четно-четных ядер при $N < 90$ тесно связано со свойствами среднего поля.

В переходной области, примыкающей к деформированным ядрам редкоземельной группы со стороны больших массовых чисел, и протонные и нейтронные орбитали оказываются восходящими; поэтому добавление нуклонов обеих групп может способствовать только постепенному уменьшению деформации. Это согласуется с хорошо известным фактом плавного уменьшения деформации с ростом A у ядер этой области. Таким образом, и в этой области ядер характер изменения формы ядра отражает свойства уровней среднего поля.

Наконец, хорошо известно, что вблизи границ новой области деформации ($Z = N = 50-82$) свойства ядер (например, энергии уровней 2^+ и 4^+ в четно-четных изотопах бария) изменяются очень плавно [4].

Обобщая, можно сказать, что характер изменения формы ядра в значительной степени определяется свойствами уровней среднего поля.

Согласно рассмотрениям, проведенным Беляевым [5], изменение формы ядра представляет фазовый переход первого рода и, значит, форма ядра должна изменяться скачком. Это означает, что слишком малые деформации ядра не должны реализоваться. Однако в работе не приводится никаких количественных оценок "малости" деформации. В силу этого для получения ответа на вопрос о возможных в природе малых деформациях целесообразно обратиться к данным опыта.

В принципе, изменение формы ядра при изменении числа нуклонов всегда происходит скачкообразно. Но это обусловлено просто дискретностью ядерного вещества в силу которой и энергия деформации $E_{\text{деф}}$ и энергия спаривания $E_{\text{парн}}$ всегда изменяются на конечную величину. При некотором числе нуклонов разность $E_{\text{деф}} - E_{\text{парн}}$ должна изменить знак и численно измениться на конечную величину, что и соответствует скачкообразному изменению формы.

Заметим, что в ряде случаев существование относительно малых деформаций можно считать надежно установленным. Так, у четно-четного ядра O_2^{190} с хорошо выраженной вращательной структурой уровней параметр деформации $\delta = 0,15$. У нечетных ядер I_2^{191} и I_2^{193} деформации составляют соответственно 0,14 и 0,12. Как мы думаем, у нечетных изотопов золота, а также у нечетных изотопов европия и

прометия, относящихся к другой переходной области, деформации могут быть еще меньшими [6,7].

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

12 июля 1966 г.

Литература

- [1] M.Baranger, K.Kumar. Nucl. Phys., 62, 113, 1965.
- [2] M.Baranger, K.Kumar. Доклад на Гордоновской конференции 1965 г. в США (частное сообщение В.Г.Соловьева).
- [3] Э.Е.Берлович, Д.А.Новиков. Изв. АН СССР, сер. физ. 31, 1967 (в печати).
- [4] A.K.Kerman. Comptes Rendus du Congres Intern de Phys. Nucl. 1, 184, 1964.
- [5] S.T.Belyaev. Selected topics in Nucl. Theory. Intern. Atom. Energy Agency. Vienna, 1963, p.291.
- [6] Э.Е.Берлович. ЯФ, 1967 (в печати).
- [7] Э.Е.Берлович. Изв. АН СССР, сер. физ., 29, 2177, 1965.