

**О РАЗЛИЧИЯХ
В ИЗОТОПИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ЗАРЯДОВЫХ РАДИУСОВ ЯДЕР
В ОБЛАСТИ $50 \leq (N, Z) \leq 82$**

*Г.Д.Алхазов, А.Е.Барзах, Н.Б.Буянов¹⁾, В.П.Денисов,
В.С.Иванов, В.С.Летохов¹⁾, В.И.Мишин¹⁾, С.К.Секацкий¹⁾,
В.Н.Федосеев¹⁾, И.Я.Чубуков*

На лазерной установке масс-сепаратора ИРИС ЛИЯФ АН СССР измерены изотопические сдвиги и сверхтонкое расщепление оптических линий для изотопов европия, самария и неодима с числом нейтронов $N < 82$. Обнаружена резкая зависимость изотопического поведения зарядовых радиусов ядер от числа протонов.

Исследование основных состояний атомных ядер лазерными методами – интенсивно развивающаяся область ядерной физики. Измеряя изотопические сдвиги (ИС) и сверхтонкое расщепление (СТР) оптических линий, можно получить информацию об изотопических изменениях средних квадратов зарядовых радиусов (СКЗР), спинах, магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментах ядер. С помощью различных лазерных методик обнаружен целый ряд явлений, еще не получивших исчерпывающего теоретического объяснения (см. ¹⁾).

¹⁾ Институт спектроскопии АН СССР.

К таким новым, неожиданным явлениям можно также отнести резкую Z -зависимость изотопического поведения зарядовых радиусов при $N < 82$, о наблюдении которой сообщается в настоящей работе.

Измерения проводились на лазерной установке, созданной на масс-сепараторе ИРИС ЛИЯФ АН СССР совместно с Институтом спектроскопии АН СССР. Методика эксперимента изложена в работах ^{2,3}. ИС и СТР измерялись для переходов с длинами волн 588,8 нм в неодиме, 600,4 нм в самарии и 576,5 нм в европии. Для изотопов ¹⁴¹⁻¹⁵¹Eu ИС были измерены нами ранее. В настоящей работе эти данные дополнены результатами измерения ИС для ¹³⁸⁻¹⁴⁰Eu. Параметры, необходимые для определения изменений СКЗР $\Delta\langle r^2 \rangle_{A,A'} = \langle r^2 \rangle_{A'} - \langle r^2 \rangle_A$ для двух изотопов с атомными номерами A и A' в Nd и Sm, получены с помощью стандартной процедуры графиков Кинга ⁴, причем были использованы данные об ИС для стабильных изотопов этих элементов на других оптических переходах ^{5,6}. Методика вычисления $\Delta\langle r^2 \rangle$ для Eu была подробно описана ранее ^{2,3}.

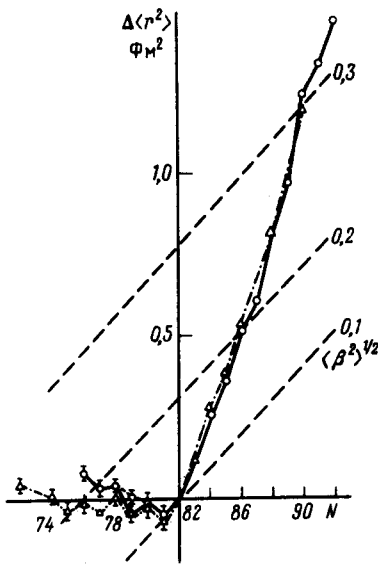


Рис. 1. Изотопические зависимости СКЗР для ядер Sm — ○, Nd — △

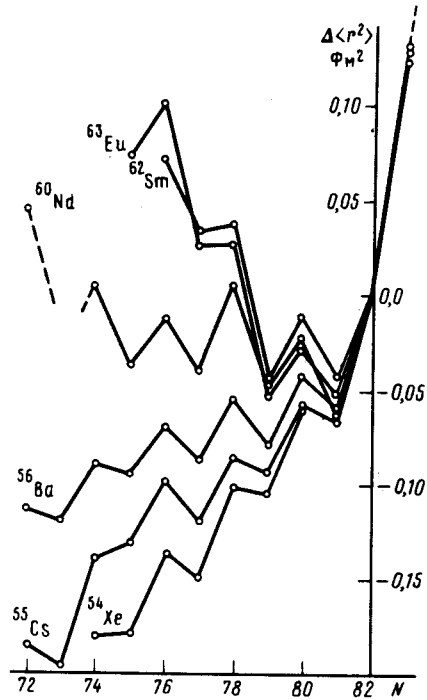


Рис. 2. Изотопические зависимости СКЗР при $N < 82$ для ядер ⁶³Eu, ⁶²Sm; ⁶⁰Nd, ⁵⁶Ba, ⁵⁵Cs, ⁵⁴Xe

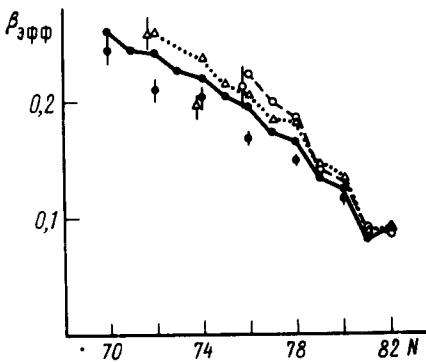


Рис. 3. Эффективная деформация для ядер ⁶²Sm — ●, ⁶⁰Nd — △, ⁵⁶Ba — ○ (см. формулу (1)). Точки с погрешностями — $\beta_{3\phi\phi}$, полученные для четно-четных ядер по данным ○ $B(E2)$

На рис. 1 изображены результаты измерений $\Delta\langle r^2 \rangle$ для ядер Sm и Nd. Для стабильных и долгоживущих изотопов этих элементов использованы данные работ ⁵⁻⁷. Отметим, что anomalously большое значение $\Delta\langle r^2 \rangle_{145, 144}$ для ¹⁴⁵Sm, полученное в ⁸, не подтверждается нашими экспериментами. На рис. 1 отчетливо виден оболочечный эффект, который проявляется в виде разной скорости изменения $\Delta\langle r^2 \rangle$ по обе стороны от магического числа $N=82$. Аналогич-

ный эффект наблюдался ранее для изотопов бария, цезия ¹ и европия ³. Однако, если при $82 < N < 88$ кривые изотопических зависимостей СКЗР для всех этих элементов практически совпадают между собой (см ¹, а также рис. 1), то при $N < 82$ наблюдается резкая Z-зависимость в характере изменения СКЗР при изменении N (см. рис. 2): зарядовые радиусы у ядер ${}_{54}\text{Xe}$, ${}_{55}\text{Cs}$, ${}_{56}\text{Ba}$ медленно убывают при уменьшении N ¹, у ${}_{60}\text{Nd}$ практически постоянны при изменении N от 82 до 74, а у ядер ${}_{62}\text{Sm}$, ${}_{63}\text{Eu}$ растут при $N < 78$.

Обнаруженная резкая Z-зависимость скорости изменения СКЗР при изменении N связана, по-видимому, с разной скоростью изменения деформации соответствующих ядер. Оценим эффективную деформацию исследованных ядер. Изменения СКЗР ядер можно представить в виде суммы ¹:

$$\Delta \langle r^2 \rangle = \Delta \langle r^2 \rangle_0 + \frac{5}{4\pi} \langle r^2 \rangle_0 \Delta \langle \beta^2 \rangle, \quad (1)$$

где $\Delta \langle r^2 \rangle_0$ — изменение СКЗР сферических ядер того же объема, что и у рассматриваемых ядер, $\Delta \langle \beta^2 \rangle$ — изменение средних квадратов деформации этих ядер. С помощью формулы (1) значения эффективной деформации $\beta_{\text{эфф}} = \langle \beta^2 \rangle^{1/2}$ находились по экспериментальным величинам $\Delta \langle r^2 \rangle$ и величинам $\Delta \langle r^2 \rangle_0$, рассчитанным по капельной модели Майерса и Святецкого ⁹. При этом значения эффективной деформации для магических ядер, относительно которых отсчитывались величины $\Delta \langle r^2 \rangle$, находились по известным значениям $B(E2, 2^*_1 \rightarrow 0^+)^{10}$.

На рис. 3 представлены значения $\beta_{\text{эфф}}$, полученные с помощью формулы (1) для ядер Sm, Nd и Ba. На том же рисунке приведены величины $\beta_{\text{эфф}}$, вычисленные по экспериментальным значениям $B(E2)$ для некоторых из этих ядер ¹⁰. Как видно из рис. 3, эти значения $\beta_{\text{эфф}}$ согласуются со значениями, полученными из $\Delta \langle r^2 \rangle$, что подтверждает корректность оценок $\beta_{\text{эфф}}$ с помощью формулы (1). Характер изотопических зависимостей $\beta_{\text{эфф}}$ при $N \leq 78$ в основном воспроизводится в рамках макроскопически-микроскопического подхода ¹¹. Поскольку в расчетах этого типа учитывается только статическая деформация, указанное соответствие теории и эксперимента свидетельствует, по-видимому, о заметной статической деформации у ядер с $N < 78$. Этот вывод подтверждается нашими измерениями квадрупольного момента ${}^{135}_{60}\text{Nd}_{75}$. Используя стандартные формулы, по измеренному квадрупольному моменту $Q_s = 2,05(41)$ барн, можно оценить параметр статической деформации этого ядра: $\beta_{\text{ст}} = 0,20(5)$. Полученная оценка согласуется с оценкой $\beta_{\text{эфф}}$ для ${}^{135}\text{Nd}$ с помощью формулы (1).

Важно отметить высокую чувствительность величины $\Delta \langle r^2 \rangle$ к небольшим относительным изменениям деформации ядер, что позволило установить различный характер этих изменений при $N < 82$ и при $N > 82$ (наличие или отсутствие Z-зависимости).

Литература

1. Otten E.W. In: International school-seminar on heavy ion physics. Dubna 1983, p. 158.
2. Жерихин А.Н., Компанец О.Н., Летохов В.С. и др. ЖЭТФ, 1984, 86, 1249.
3. Алхазов Г.Д., Барзах А.Е., Денисов В.П. и др. Препринт ЛИЯФ-1161, 1986, Л., 39 с.
4. Heilig K., Steudel A. ADNDT, 1974, 14, 613.
5. King W.H., Steudel A., Wilson M. Z. Phys., 1973, 265, 207.
6. Brand H., Seibert B., Steudel A. Z.Phys., 1980, A296, 281.
7. Алхазов Г.Д. Изв. АН СССР, сер. физ., 1985, 49, 24.
8. Eastham D.A. et al. In: Atomic masses and fundamental constants 7, ed. O.Klepper, Darmstadt 1984, p. 322.
9. Myers W.D., Swiatecki W.J. Nucl. Phys., 1980, A336, 267.
10. Raman S., Malarkey C.H., Milner W.T. et. al. ADNDT, 1987, 36, 1.
11. Leander G.A., Möller P. Phys. Lett., 1983, 110B, 17.