



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P6-86-404

М.П.Авотина*, Т.И.Крацикова

**ВЗАИМОСВЯЗЬ КВАДРУПОЛЬНЫХ
И ДИПОЛЬНЫХ МОМЕНТОВ ЯДЕР**

* ЛИАФ АН СССР, Гатчина

1986

В последние годы в ряде работ^{/1-3/} было показано, что существует корреляция между величинами электрических квадрупольных (Q^{exp}) и магнитных дипольных /g-факторов/ моментов. В частности, было отмечено, что осцилляция значений Q^{exp} подобна осцилляциям g-факторов при монотонном изменении их вдоль цепочек изотопов, а внутренние квадрупольные моменты по своим значениям группируются по трем областям: вокруг величины +5,6 для сильнодеформированных ядер, вокруг величины +0,88 для круглых и переходных легких и среднетяжелых ядер и в области от +0,88 до -3,8 для круглых и переходных тяжелых ядер. При этом ядра с малыми Q^{exp} /круглые/ и с большими Q^{exp} /сильнодеформированные/ имеют свои характерные значения величины

$$g_{\text{av}}^{\text{free}} = g_p \frac{Z}{A} + g_n \frac{N}{A},$$

где $g_{\text{av}}^{\text{free}}$ - усредненный g-фактор ядра, состоящего из свободных нуклонов, а $g_{p(n)}$ - g-фактор свободного протона /нейтрона/; $g_p = 5,58569$ и $g_n = -3,82630$.

Оказалось^{/4/}, что для немагических ядер указанная корреляция может быть описана следующим образом:

$$eQ_{\text{rot}}^{\text{calc}} = \frac{Q_{\text{rot}}}{e} = \frac{\mu_d^2}{e} \cdot \frac{g_{\text{av}}^{\text{eff}}}{(g_p + g_n)/2 - g_d} \cdot \frac{K^{\text{eff}}}{(j_p + \delta_p) + (j_n + \delta_n) - j_d} \cdot \frac{Z}{A} \quad /1/$$

для сильнодеформированных ядер и

$$eQ^{\text{calc}} = \frac{Q}{e} = \frac{\mu_d^2}{e} \cdot \frac{g_{\text{av}}^{\text{eff}}}{g_{\text{av}}^{\text{free}}} \cdot \frac{K^{\text{eff}}}{(j_p + \delta_p) + (j_n + \delta_n)} \cdot \frac{Z}{Z^{\text{mid}}} \quad /2/$$

для остальных ядер. В этих формулах

$$g_{\text{av}}^{\text{eff}} = \frac{\sum_i (g_p^{\text{sch}} \cdot k_p)_i + \sum_j (g_n^{\text{sch}} \cdot k_n)_j}{A},$$

e - заряд электрона, $g_{p(n)}^{\text{sch}}$ - g-факторы протонов /нейтронов/, рассчитанные по модели Шмидта^{/5/}; $k_{p(n)}$ - число протонов /нейтронов/ на данной оболочке $i(j)$, соответствующей подоболочкам $s, p, d, f \dots$. Величина $g_{\text{av}}^{\text{eff}}$ имеет смысл среднего гиромагнитно-

го отношения, приходящегося на один нуклон; μ_d - магнитный момент дейтрона, $\mu_d = g_d \cdot j_d = +0,8574382$ я.м., g_d - g-фактор дейтрона, $j_d = 1$ - спин дейтрона и

$$Z^{mid} = Z_{mag}^{min} + \frac{Z_{mag}^{max} - Z_{mag}^{min}}{2} = \frac{Z_{mag}^{min} + Z_{mag}^{max}}{2},$$

где Z_{mag}^{min} , Z_{mag}^{max} - ближайшие магические числа, в интервал между которыми попадает данное Z ; $j_{p(n)}$ - спины последних заполненных протонных /нейтронных/ подоболочек;

$$K^{eff} = \begin{cases} K - 2 & \text{при } K = 0, K \neq J \\ K & \text{при } K \neq 0 \\ K + 1 & \text{при } K = 1/2, \end{cases}$$

где K - проекция спина ядра J на ось симметрии ^{16/}, а

$$\delta_{p(n)} = \begin{cases} 0 & \text{для } j_{p(n)} = \ell + 1/2 \\ 1 & \text{для } j_{p(n)} = \ell - 1/2. \end{cases}$$

Размерности в /1/ и /2/ таковы, что величины G и Q^{exp} совпадают с точностью до зарядового множителя.

В левой части выражений /1/ и /2/ стоит электрический квадрупольный момент, являющийся, по определению, мерой деформированности ядра или мерой отклонения распределения зарядов от однородного сферически-симметричного распределения. Отношение магнитных дипольных моментов в правой части /1/ и /2/ также зависит от распределения зарядов, причем для легких ядер отношение $g_{av}^{eff}/g_{av}^{free}$ близко к единице.

Сравнение с экспериментом показало, что выражение /1/ приводит к хорошему согласию /в пределах 15% при относительной погрешности $\Delta Q^{exp}/Q^{exp} \leq 15\%$ для сильнодеформированных и тяжелых ядер, имеющих энергию первого возбужденного уровня $E_1 < 0,320$ МэВ и $-0,110 \leq g_{av}^{free} \leq 0,095$. Что касается выражения /2/, то сравнение рассчитанных значений квадрупольных моментов с экспериментальными показало, что оно качественно описывает общие закономерности изменения электрических и магнитных моментов для круглых ядер и ядер первой переходной области. Гиромагнитные отношения g_{av}^{free} для этих ядер удовлетворяют условиям: $g_{av}^{free} \geq 0,007$ и $g_{av}^{free} \leq -0,130$. Выражение /2/, взятое с обратным знаком, описывает также ядра с энергией первого возбужденного состояния $E_1 > 0,320$ МэВ и g-фактором в пределах $-0,119 \leq g_{av}^{free} \leq -0,023$ /тяжелые, недеформированные ядра и ядра второй переходной области/. Погрешность в определении моментов этих ядер, $15\% \leq \Delta Q^{exp}/Q^{exp} \leq 50\%$, в основном больше экспериментальных погрешностей моментов сильнодеформированных ядер, поэтому количественно величина G совпадает с экспериментальными данными хуже $0,15 \leq Q^{exp}/G \leq 1,5/$, чем величина G_{rot} . Кроме того, для слабо-

деформированных ядер в выражении /2/ необходимо учитывать влияние нечетного нуклона.

Интересно, что для ядер с протонными подоболочками $\nu 3s_{1/2}$ и $\pi 1h_{11/2}$ и /или/ с нейтронными подоболочками $\nu 3p_{3/2}$ и $\nu 1i_{13/2}$, энергетически близкими друг к другу и находящимися вблизи поверхности Ферми, порядок их заполнения может меняться, а парные корреляции сверхпроводящего типа ^{17/} могут смешивать эти уровни. Учет этого эффекта приводит в соответствие рассчитанные и наблюдаемые квадрупольные моменты. Например, в ядре $^{168}_{70}Yb$ для уровня $\pi 1h_{11/2}^2$ величина $G = -1,32$, а для $\pi 3s_{1/2}^2$ $G = -3,96$. При заполнении этих состояний одновременно получается величина $G = -2,04$, которая согласуется с экспериментальным значением $Q^{exp}/2^{+} = -2,11/5/$. В таблице приведено еще несколько примеров для ядер с четными и нечетными массовыми числами.

Таблица

Ядро	J^π	eQ^{exp} (e · b)	Конфигурация	$G/e, G_{rot}/e$ (e ⁻¹ · b)	Q^{exp}/G
$^{180}_{72}Hf$	8 ⁻	+4,4/5/	$\nu 3p_{3/2}^2$ $1i_{13/2}^0$	+7,35	0,60/7/
			$\nu 3p_{3/2}^0$ $1i_{13/2}^2$	+4,11	1,07/12/
$^{175}_{71}Lu$	7/2 ⁺	+3,36/6/	$\pi 3s_{1/2}^2$ $1h_{11/2}^1$	+2,52	1,33/2/
			$\pi 3s_{1/2}^1$ $1h_{11/2}^2$	+3,00	1,12/2/
$^{177}_{72}Hf$	7/2 ⁻	+3,18/5/	$\pi 3s_{1/2}^2$ $1h_{11/2}^2$	+2,56	1,24/2/
			$\pi 3s_{1/2}^1$ $1h_{11/2}^3$	+2,87	1,11/2/
			$\pi 3h_{11/2}^2$ $3s_{1/2}^2$	+3,72	0,85/1/
$^{184}_{77}Ir$	5	+2,2/4/	$\nu 3p_{3/2}^1$ $1i_{13/2}^0$	+5,22	0,41/8/
			$\nu 3p_{3/2}^0$ $1i_{13/2}^1$	+1,65	1,3/2/

ЛИТЕРАТУРА

1. Авотина М.П., Крацикова Т.И. ОИЯИ, 6-84-241, Дубна, 1984.
2. Авотина М.П., Крацикова Т.И., ОИЯИ, Р6-85-500, Дубна, 1985.
3. Zikendraht W., Ann. Phys. /Leipzig/, 1985, 42, p. 113.
4. Авотина М.П. Материалы VI Семинара по точным измерениям в ядерной спектроскопии. ИФ АН ЛитССР, Вильнюс, 1986, с.112.

5. Eisenberg J.N., Greiner W. Nuclear Models. North-Holland, Amsterdam, 1970.
6. Гамма-лучи. Под ред. Л.А.Слива, "Наука", Л., 1961.
7. Соловьев В.Г. Теория сложных ядер. "Наука", М., 1971; Теория атомного ядра. Энергоиздат, М., 1981.

Авотина М.П., Крацикова Т.И. P6-86-404
Взаимосвязь квадрупольных и дипольных моментов ядер

Обсуждается формула для определения электрических квадрупольных моментов ядер, которые описываются через магнитные моменты свободных и связанных нуклонов. Формула позволяет оценивать смешивание состояний и изменение порядка заполнения подболочек. Сравнение расчетных значений квадрупольных моментов с экспериментальными показало, что моменты сильнодеформированных и тяжелых ядер описываются с точностью в пределах 15%, а моменты остальных ядер - в пределах 50%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Avotina M.P., Kraciková T.I. P6-86-404
Relation between Quadrupole and Dipole Nuclear Moments

A formula for calculation of the electric quadrupole moments of nuclei is discussed. Quadrupole moment is described by magnetic dipole moments of free and bounded nucleons. A comparison of the calculated values of quadrupole moments with experimental ones shows that the moments of strongly deformed and heavy nuclei agree within 15% and for the others within 50%.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986

Рукопись поступила в издательский отдел
23 июня 1986 года.