

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



M-197

10/5-77
P4 - 10454

1744/2-77

Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОКРУПОЛЬНЫЕ РЕЗОНАНСЫ
В ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДРАХ

1977

P4 - 10454

Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОКТУПОЛЬНЫЕ РЕЗОНАНСЫ
В ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДРАХ

Направлено в "Journal of Physics"



Малов Л.А., Нестеренко В.О., Соловьев В.Г.

P4 - 10454

Низкоэнергетические октупольные резонансы в деформированных ядрах

В рамках полумикроскопического подхода в RPA исследована область коллективных октупольных состояний, расположенных ниже энергии возбуждения (7-8) МэВ в деформированных ядрах. В результате расчетов показано, что обнаруженные в ядрах от ^{90}Zr до ^{154}Sm в реакциях (α, α') низкоэнергетические октупольные резонансы должны существовать в хорошо деформированных ядрах в областях редких земель и актинидов. Для ^{154}Sm положение низкоэнергетического октупольного резонанса и его вклад в энергетически взвешенное правило сумм согласуются с экспериментальными данными.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Malov L.A., Nesterenko V.O.,
Soloviev V.G.

P4 - 10454

Low-Energy Octupole Resonances in Deformed Nuclei

Within the semimicroscopic approach in RPA, there was studied the region of collective octupole states situated below the excitation energy (7-8) MeV in deformed nuclei. The results of calculation show that the low-energy octupole resonances observed in the nuclei from ^{90}Zr to ^{154}Sm in the reactions (α, α') must exist in the well deformed nuclei in the regions of rare earths and actinides. For ^{154}Sm the position of the low-energy octupole resonance and its contribution to the energy-weighted sum rule agree with experimental data.

The Investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

В последнее время большое внимание в ядерной физике привлекают гигантские мультипольные резонансы^{/1-3/}. Возросшее разнообразие экспериментальных методов привело к обнаружению новых гигантских резонансов. Имеются экспериментальные указания на существование в сферических ядрах изоскалярного ($T=0$) гигантского октупольного резонанса (GOR)^{/2,4/}. Мосс и др.^{/5/} обнаружили резонансно-подобные структуры с $I^\pi = 3^-$ при энергии $\sim 32A^{-1/2}$ МэВ в ряде ядер от ^{90}Zr до ^{154}Sm . Подобные структуры проявились в расчетах GOR в сферических^{/6,7/} и деформированных ядрах.

В настоящей работе приведены результаты расчетов низкоэнергетических октупольных резонансов ($LEOR$) в деформированных ядрах, образующих структуру, подобную гигантскому резонансу.

Расчеты выполнены в рамках полумикроскопического подхода^{/9/} в RPA. Гамильтониан модели включает среднее поле в форме потенциала Саксона-Вудса, спаривательное взаимодействие и мультиполь-мультипольные силы. Параметры взяты такими же, как и в работе^{/8/}. Изовекторная константа октуполь-октупольного взаимодействия $\chi_1^{(3)}$ связана с изоскалярной константой $\chi_0^{(3)}$ соотношением $\chi_1^{(3)} = -1,5 \chi_0^{(3)}$. В этом случае положение GOR с $T=1$ совпадает с гидродинамической оценкой $E \sim 172A^{-1/3}$ МэВ. В рамках этого подхода ранее были произведены исследования гигантских квадрупольных и октупольных резонансов с $T=0$ и $T=1$ ^{/8,10/}.

Рассчитаны силовые функции приведенной вероятности E3-переходов из основного в возбужденные состояния с

$I^\pi = 3^-$ и различными проекциями на ось симметрии ядра $K=0, 1, 2, 3/8, 10/2$:

$$\hat{E}(E3, 0^+ \rightarrow 3^-) = \sum_i M^2(\omega_i) \rho(\omega - \omega_i). \quad (1)$$

Здесь ω_i - энергия однофононного состояния с $I^\pi = 3^-$; $M(\omega_i)$ - матричный элемент E3-перехода из основного в однофононное ω_i состояние;

$$\rho(\omega - \omega_i) = \frac{1}{2\pi} \frac{\Delta}{(\omega - \omega_i)^2 + (\Delta/2)^2} \quad (2)$$

-функция усреднения. Величина Δ взята равной 0,2 МэВ, что много меньше ширины LEOR. Поэтому метод усреднения не искажает результатов расчета. Конфигурационное пространство бра-лось достаточно широким. Модельное энергетически взвешенное правило сумм (EWSR) исчерпывает (80-90)% безмодельного EWSR.

Часть результатов расчетов LEOR представлена на рисунке и в таблице. В таблице приведены: E - положение центра; Γ - ширина области локализации резонанса; $S(T=0, I)$ - вклад LEOR в безмодельное EWSR, включающее члены с $T=0, I/II$,

$$EWSR(T=0, I) = \frac{\hbar^2}{8\pi m} \lambda(2\lambda+1)^2 Z e^2 \langle r^{2\lambda-2} \rangle; \quad (3)$$

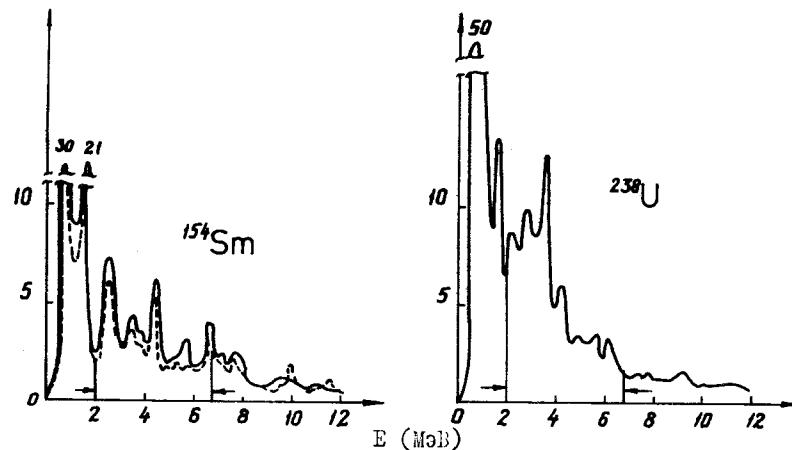
$S(T=0)$ - вклад LEOR в изоскалярное безмодельное EWSR, имеющее вид I/II

$$EWSR(T=0) = \frac{\hbar^2}{8\pi m} \lambda(2\lambda+1)^2 \frac{Z^2}{A} e^2 \langle r^{2\lambda-2} \rangle. \quad (4)$$

В последнем случае использовался изоскалярный мультипольный оператор перехода $I/6$:

$$M(1S) = \frac{Z}{A} e \sum_{i=1}^A r_i^\lambda Y_{\lambda\mu}(\Omega_i), \quad (5)$$

$b(\lambda = 3; 0^+ \rightarrow 3^-)$ (с.п.и. МэВ⁻¹)



Силовые функции приведенной вероятности электрических переходов $\hat{E}(E3, 0^+ \rightarrow 3^-)$ (сплошная линия) и приведенной вероятности изоскалярных переходов $\hat{E}(1S, \lambda = 3, 0^+ \rightarrow 3^-)$ (штриховая линия) в ^{154}Sm и ^{238}U .

Таблица

Характеристики LEOR в деформированных ядрах

Ядро	E (МэВ)	Γ (МэВ)	S(%EWSR)	
			T=0, I	T=0
^{154}Sm	4,4	6,4	8	I6
^{166}Er	4,2	5,6	9	I7
^{232}Th	3,6	4,6	7	I6
^{238}U	3,6	4,8	8	I7

отличающийся от электрического суммированием как по протонным, так и по нейтронным состояниям. Величина $\langle r^{2\lambda-2} \rangle$ оценивалась в приближении однородного распределения заряда.

На рисунке сплошной линией изображена силовая функция приведенной вероятности электрического перехода $\beta(E3, 0^+ \rightarrow 3^-)$ для ^{154}Sm и ^{238}U . Область $LEOR$ выделена стрелками. Для ^{154}Sm штриховой линией изображена силовая функция приведенной вероятности изоскалярного перехода $\beta(IS, \lambda=3, 0^+ \rightarrow 3^-)$, которая непосредственно связана с сечением реакции $(\alpha, \alpha')/I2/$. Поведение этих двух кривых указывает на довольно близкое сходство вышеуказанных вероятностей для низколежащих состояний, что отмечалось, например, в работе ^{/I2/} при сравнении реакций (e, e^*) и (α, α') . Из рисунка видно, что наибольшее сходство наблюдается для коллективных состояний, в то время как для других состояний оно может существенно нарушаться. В эксперименте по (α, α') в ^{154}Sm обнаружены 3^- состояния с энергией 3,7 и 5,7 МэВ^{/5/}, вклад которых в $EWSR(T=0)$ составляет 12,1%. Вклад октупольных состояний в интервале (0-7,5) МэВ составляет 19%. Наши расчеты для интервалов (2,7-7,5) МэВ и (0-7,5) МэВ дают соответственно 12% и 19%, т.е. находятся в хорошем согласии с экспериментом. Для $LEOR$ в ^{154}Sm вклады в $EWSR(T=0, I)$ и $EWSR(T=0)$ составляют соответственно 8% и 16%. Вычисленные положение и ширина $LEOR$ в ^{154}Sm близки к экспериментальным.

Согласно расчетам, с ростом массового числа A центростремительный центр масс $LEOR$ смещается в сторону низких энергий, а его ширина умень-

шается. Как видно из таблицы, вклады $LEOR$ в $EWSR$ слабо флуктуируют. Смещение центра масс $LEOR$ в сторону низких энергий компенсируется увеличением коллективности состояний, входящих в $LEOR$.

Полные вклады (по всей энергетической шкале) состояний с $K=0, 1, 2, 3$ в модельное $EWSR$ составляют для ^{154}Sm соответственно 16%, 33%, 29%, 22%. Соответствующие вклады для $LEOR$ составляют 14%, 42%, 28%, 16%. Для других ядер получены близкие значения.

Полные вклады возбуждений типа частица-дырка с $\Delta N = 1$ и $\Delta N = 3$ (N - главное осцилляторное квантовое число) в модельное $EWSR$ составили, соответственно, ~40% и ~60%. Вклады для области $LEOR$ составили ~60% и ~40%. Доля возбуждений с $\Delta N = 5, 7$ оказалась пренебрежимо мала. Область $LEOR$ исчерпывает 16% возбуждений с $\Delta N = 1$. Таким образом, расчеты показали, что в области $LEOR$ преобладают возбуждения с $\Delta N = 1$.

Выполнены расчеты низкоэнергетических квадрупольных состояний с $I^\pi = 2^+$. Можно утверждать, что область низкоэнергетических изоскалярных квадрупольных состояний содержит меньшую часть квадрупольной силы, резонансы проявляются не так сильно, как $LEOR$. Возбуждения с $\Delta N = 0$ и $\Delta N = 2$ разделены не так четко, как $\Delta N = 1$ и $\Delta N = 3$.

Проведенные расчеты в рамках полумикроскопического подхода в RPA указывают на существование при низких энергиях в деформированных ядрах в областях редких земель и актиноидов структур, подобных гигантскому резонансу и обнаруженных экспериментально в ^{154}Sm .

Л и т е р а т у р а :

1. S.S.Hanna. Int.Conf.on Nucl.Struct. and Spectroscopy (Amsterdam: Scholar's Press), p.249(1974);
S.S.Hanna. Int.Conf.on Selected Topics in Nuclear Structure (Dubna: JINR, D-9920), p.195 (1976).
2. G.R.Satchler. Phys.Rep., 14C, 97 (1974);
G.R.Satchler, private communication (1976).
3. И.Н.Борзов и С.П.Камерджиев. Препринт ФЭИ-580, 1975 .
4. D.Lebrun, G.Perrin, P.Martin, P.De Saintignon, J.Arviex, M.Buenero, H.V.Goramb and K.A.Amos. Nucl.Phys., A265, 291 (1976).
5. J.L.Moss, D.H.Youngblood, C.M.Kozsa, D.R.Brown and I.D.Bronson. Phys.Rev.Lett., 37, 616 (1976).
6. K.F.Liu and G.E.Brown. Nucl.Phys., A265, 385 (1976).
7. V.G.Solov'ev, Ch.Stoianov, A.I.Vdovin, Preprint JINR E4-10397, Dubna (1977).
8. Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. Phys.Lett., 64B, 247 (1976).
9. В.Г.Соловьев. Теория сложных ядер. М., Наука, 1971.
10. G.Korchev, Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев. Preprint JINR E4-9982, Dubna (1976).
11. О.Натан и С.Г.Нильссон. В сб. "Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия". М., Атомиздат, 1969.
12. A.M.Bernstein. Adv.Nucl.Phys., 3, 325 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел
22 февраля 1977 года.