

РАССЕЯНИЕ ФОТОНОВ НА ПЕРЕХОДНЫХ ЯДРАХ

Б. А. Тукупов

Исследование поглощения γ -квантов ядрами переходного типа позволяет определять многие важные характеристики низколежащих коллективных состояний этих ядер, представляющие интерес для проверки моделей ядер. Однако, благодаря специфиче структуры сечений поглощения ряд существенных особенностей коллективных состояний в реакциях фотопоглощения проявляется слабо.

С целью более полного изучения свойств этих состояний и их влияния на структуру спектра дипольных возбуждений были изучены реакции рассеяния фотонов на переходном ядре Sm^{152} и четно-четных изотопах W , Os и Pt .

Сечение рассеяния фотонов на четно-четном ядре с возбуждением уровня с квантовыми числами mL (L - полный момент) рассчитывалось с помощью соотношений

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)^{(mL)} = 2 \frac{\omega\omega'^3}{c^4} |C_L(\omega, \omega')|^2 F_L(\cos\theta),$$

где ω , ω' - частоты падающего и рассеянного γ -квантов соответственно, θ - угол рассеяния,

$$F_L(\cos\theta) = \begin{cases} \frac{1 + \cos^2\theta}{12} & L = 0 \\ \frac{13 + \cos^2\theta}{120} & L = 2, \end{cases}$$

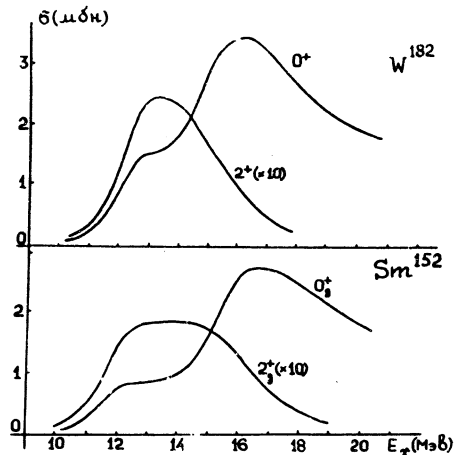
а амплитуды $C_L(\omega, \omega')$ определяются выражением

$$C_L(\omega, \omega') = \sqrt{\frac{3}{2L+1}} \frac{e^2 \hbar^2}{2Mc_d} \frac{NZ}{A} \sum_n \langle n | mL \rangle \langle n | 0 \rangle \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{E_n - \hbar\omega - i\Gamma_n/2} + \frac{1}{E_n + \hbar\omega' + i\Gamma_n/2} \right\} - \delta_{0L} \delta_{0m} \frac{\sqrt{3} e^2 Z^2}{AM\omega^2}$$

(n - квантовые числа состояний спектра дипольных возбуждений).

Амплитуды $\langle n | \mathbf{M} | 1 \rangle$ и спектр дипольных состояний определялись путем решения системы уравнений, получающейся при диагонализации гамильтониана модели квадруполь-дипольного взаимодействия по методу, описанному в работе /1/.



Р и с. 1. Сечения упругого рассеяния и неупругого рассеяния фотонов на ядрах Sm^{152} и W^{182} с возбуждением первого уровня 2^+ .

Для всех рассмотренных ядер оказалось, что сечения упругого рассеяния и неупругого рассеяния с возбуждением первого уровня 2^+ в такой же степени зависят от величины матричных элементов E2-переходов между коллективными состояниями и структуры гамильтониана модели квадруполь-дипольного взаимодействия, как и сечения фотопоглощения.

Заслуживает быть отмеченным следующий результат, относящийся к величине сечения неупругого рассеяния. Согласно расчетам, отношение взятых под углом 90° сечений неупругого рассеяния фотонов на ядрах Sm^{152} и W^{182} *) равно 0,28 и 0,21 соответственно (рис. 1). Как известно, многие свойства низколежащих кол-

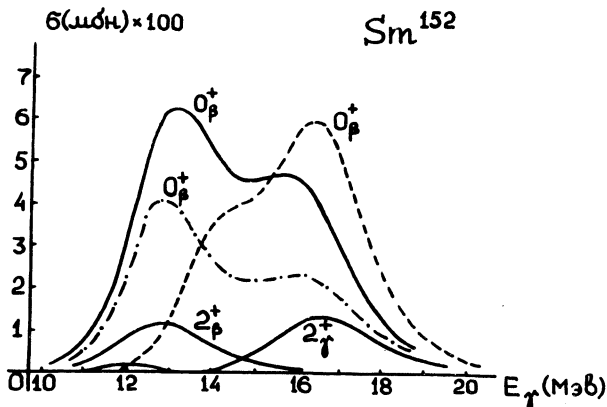
*) Из рассмотренных ядер эти ядра являются наиболее деформированными.

лективных состояний ядер Sm^{152} и W^{182} (квадрупольный момент первого состояния 2^+ , относительное расположение уровней в основной вращательной полосе и т.д.) хорошо описываются ротационной моделью. Если предположить, что эта модель полностью описывает все свойства низколежащего коллективного спектра указанных ядер, то согласно расчетам I_2/I_0 величина рассматриваемого отношения должна быть больше единицы. Можно, по-видимому, сделать вывод, что на самом деле ряд свойств коллективных спектров этих ядер, деформация которых достаточно велика, существенно отличается от предсказаний ротационной модели.

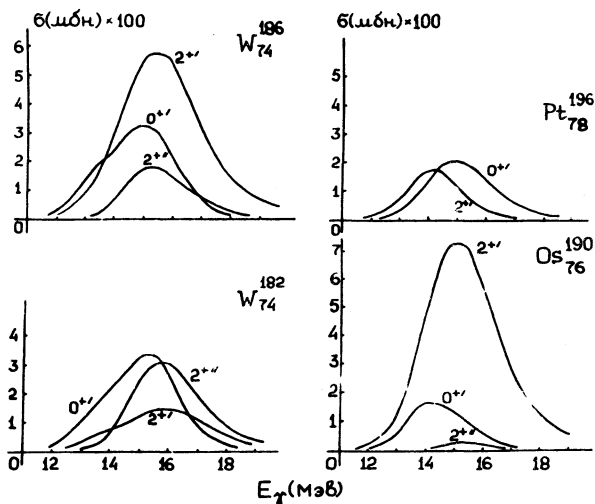
Полученный результат может быть в какой-то степени использован для объяснения расхождения с теорией экспериментальных данных о величине рассмотренного выше отношения для случая ядер Th^{232} и U^{238} /3/. Для указанных ядер теоретическая величина отношения равна $I_2/I_0 = 1,3$, в то время как соответствующие экспериментальные значения равны $0,7$ и $0,8$ соответственно. Поскольку деформация ядер Th^{232} и U^{238} близка к деформации ядер Sm^{152} и W^{182} , это дает основания считать ядра Th^{232} и U^{238} в гораздо большей степени переходными, чем это следует из сравнения имеющихся экспериментальных данных о свойствах их низколежащих коллективных состояний с предсказаниями ротационной модели.

Результаты, относящиеся к неупругому рассеянию фотонов с возбуждением других коллективных уровней, представлены на рис. 2 и 3. Расчеты показывают, что наиболее чувствительны к величине матричных элементов $E2$ -переходов и форме гамильтониана динамической коллективной модели сечения рассеяния с возбуждением уровней 0^+ и уровней 2^+ , являющихся началом аномальной вращательной полосы. Так, например, сечение рассеяния на ядре Sm^{152} с возбуждением уровня 0^+ уменьшается примерно вдвое при использовании в расчетах экспериментальных значений для соответствующих матричных элементов. Это же сечение качественно меняет свой вид при увеличении вклада эффектов, квадратичных по деформации.

В случае переходных ядер с $A \approx 190$ наибольший интерес представляет поведение сечений рассеяния с возбуждением уровней 2^+ и $2^{+''}$. В ядрах W^{182} и W^{184} уровень 2^+ принадлежит к β -полосе, в остальных рассмотренных ядрах - к аномальной вращательной полосе. Из рисунка видно, что по мере увеличения в волновой функции ядра веса компонент, соответствующих неаксиаль-



Р и с. 2. Сечение неупругого рассеяния фотонов на ядре Sm^{152} с возбуждением коллективных состояний. Штрих-пунктирная кривая - расчет с экспериментальными матричными элементами; штриховая кривая - расчет для следующих значений параметров гамильтониана модели квадруполь-дипольного взаимодействия: $B_1 = -1,73$, $B_2 = -0,794$, $B_0 = -1,40$.



Р и с. 3. Сечения неупругого рассеяния фотонов на ядрах $W^{182, 184}$, Os^{190} и Pt^{196} с возбуждением уровней 0^+ , $2^{+''}$ и $2^{+''}$.

ным деформациям (переход от w к $0w$), увеличивается величина сечения рассеяния с возбуждением уровня, соответствующего началу аномальной вращательной полосы. При переходе к изотопам Pt сечение рассеяния с возбуждением уровня 2^{+} снова уменьшается, что связано с уменьшением вклада неаксиальных деформаций. Можно, по-видимому, утверждать следующее: чем больше эффективная неаксиальность ядра, тем больше сечение рассеяния с возбуждением уровня, соответствующего началу аномальной вращательной полосы.

В этой же области ядер сечение рассеяния с возбуждением уровня 2^{+} , относящегося к β -полосе, монотонно уменьшается с ростом A , что обусловлено уменьшением амплитуды β -колебаний^{ж)}. Сечение рассеяния с возбуждением уровня 0^{+} для всех ядер рассматриваемой области имеет примерно одинаковую величину.

Можно заключить, что сечения рассеяния фотонов с возбуждением коллективных состояний оказываются в значительно большей степени зависящими от характера движения ядерной поверхности, чем сечения фотопоглощения. Этим, в частности, объясняется отличие приведенных результатов от результатов аналогичных исследований /4/, выполненных на основе модели Грайнера и др. /5/, в которой вероятности некоторых существенных $E2$ -переходов, по-видимому, очень сильно отличаются от истинных. Поэтому исследование процессов рассеяния может оказаться мощным средством изучения свойств коллективных состояний ядер и механизма их взаимодействия с фотонами.

ж) Сечение рассеяния на ядре Pt^{196} с возбуждением уровня 2^{+} на рисунке не изображено ввиду его малости.

Институт ядерных исследований АН СССР

Поступила в редакцию
21 ноября 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. Б. А. Тудупов. Краткие сообщения по физике, № 6, 8 (1972).
2. H. Arenhövel, W. Greiner. Phys. Letts., 18, 136 (1965).
3. H. E. Jackson, K. J. Wetzel. Phys. Rev. Letts., 28, 513 (1972).
4. H. Arenhövel, G. Gneuss, V. Rezwani. Phys. Letts., 34B, 249 (1971).
5. G. Gneuss, U. Mosel, W. Greiner. Phys. Letts., 30B, 397 (1969); 31B, 269 (1970).