

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



P4 - 12057

B-754

23/11-79

В.В.Воронов, В.Г.Соловьев, Чан Зуй Кхыонг

1519 / 2-79

ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ

В РАДИАЦИОННЫХ СИЛОВЫХ ФУНКЦИЯХ

$^{117}\text{Sn}$  и  $^{119}\text{Sn}$

**1978**

P4 - 12057

В.В.Воронов, В.Г.Соловьев, Чан Зуй Кхыонг

ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ  
В РАДИАЦИОННЫХ СИЛОВЫХ ФУНКЦИЯХ  
 $^{117}\text{Sn}$  И  $^{119}\text{Sn}$

Направлено в *Journ. of Phys. G. Letters to the Editor*

Описание структуры в радиационных силовых функциях  $^{117}\text{Sn}$  и  $^{119}\text{Sn}$ 

В рамках квазичастично-фононной модели ядра рассчитано полное сечение дипольного (E1 и M1) фотопоглощения в  $^{117}\text{Sn}$  и  $^{119}\text{Sn}$ . Показано, что сечение при энергии около 8 МэВ имеет подструктуру, связанную с E1-переходами  $3s_{1/2} \rightarrow 2p_{1/2}$ ,  $2p_{3/2}$  и с нахождением в районе 8 МэВ пика гигантского M1-резонанса, что находится в согласии с экспериментальными данными.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Description of Structure in Radiative Strength Functions of  $^{117}\text{Sn}$  and  $^{119}\text{Sn}$ 

The total E1 and M1 photoabsorption cross section in  $^{117}\text{Sn}$  and  $^{119}\text{Sn}$  is calculated within the quasiparticle-phonon nuclear model. It is shown that at an energy of about 8 MeV the cross section has a substructure caused by the E1-transitions  $3s_{1/2} \rightarrow 2p_{1/2}$ ,  $3s_{1/2} \rightarrow 2p_{3/2}$  and a peak of the giant M1-resonance in the region of 8 MeV. Thus we have explained the substructure observed by Winhold et al.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

Экспериментальное изучение<sup>1,2/</sup> энергетической зависимости сечений фотопоглощения  $\sigma_{\gamma t}$  в околопороговой области /т.е. при энергиях возбуждения  $\eta$ , близких к энергиям связи нейтрона  $B_n$  для натурального Sn,  $^{90}\text{Zr}$ ,  $^{138}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{Ce}$  показало, что поведение  $\sigma_{\gamma t}$  существенно отличается от лоренцевской экстраполяции гигантского дипольного резонанса /ГДР/ в низкоэнергетическую область. В энергетической зависимости  $\sigma_{\gamma t}$  наблюдаются подструктуры. В<sup>3/</sup> измерены сечения  $(\gamma, n)$  реакции для ядер  $^{117,119}\text{Sn}$  в интервале энергий 7,0-9,0 МэВ. В районе энергии возбуждения 8 МэВ наблюдается структура в  $\sigma(\gamma, n)$  шириной в несколько сотен кэВ, и поведение сечения  $\sigma(\gamma, n)$  заметно отличается от предсказаний лоренцевской экстраполяции ГДР.

Расчеты  $\sigma_{\gamma t}$  в рамках квазичастично-фононной модели<sup>4/</sup>, проведенные в<sup>5,6/</sup> для ряда четно-четных ядер, продемонстрировали, что нерегулярное поведение  $\sigma_{\gamma t}$  обусловлено фрагментацией  $1^-$  состояний, расположенных в околопороговой области. С ростом энергии возбуждения зависимость  $\sigma_{\gamma t}$  от  $\eta$  приближается к лоренцевской. В целях выяснения природы наблюдаемой в  $^{117,119}\text{Sn}$  подструктуры мы рассчитали средние сечения фотопоглощения для E1- и M1-переходов.

Гамильтониан модели включает в себя потенциал среднего поля Саксона-Вудса, спаривательное взаимодействие и факторизованные мультипольные и спин-мультипольные силы, генерирующие в четно-четных ядрах фононные состояния, с соответствующими значениями спина и четности. Большая часть параметров гамильтониана фиксирована по экспериментальным данным и выбрана как в<sup>7/</sup>. В наших расчетах мы используем значения гиромагнитных факто-

ров  $g_s = 0,8 g_s^{\text{free}}$ , где  $g_s^{\text{free}}$  - значения для свободных нуклонов. Такие значения  $g_s$  позволяют правильно описать M1-радиационные силовые функции /8,9/.

Волновые функции имеют следующий вид:

$$\Psi_\nu(JM) = \{ C_{J\nu} a_{JM}^+ + \sum_{\lambda ij} D_{ij}^{\lambda i}(J\nu) [a_{jm}^+ Q_{\lambda\mu i}^+] \}_{JM} \Psi_0, \quad /1/$$

где  $a^+(Q^+)$  - оператор рождения квазичастицы /фона-на/,  $\Psi_0$  - основное состояние четно-четного ядра. Уравнения для нахождения энергий  $\eta_\nu$  состояний  $\Psi_\nu(JM)$  и выражения для коэффициентов  $C_{J\nu}$  и  $D_{ij}^{\lambda i}$  приведены в /4/. Зная коэффициенты  $C_{J\nu}$  и  $D_{ij}^{\lambda i}$ , легко вычислить вероятности  $B(E1^\uparrow)$  и  $B(M1^\uparrow)$  дипольных переходов из основного состояния в возбужденные. Очень эффективным для расчета средних характеристик оказывается метод силовых функций /подробное описание и ссылки см. в /4/ /. Силовые функции для дипольных переходов имеют вид:

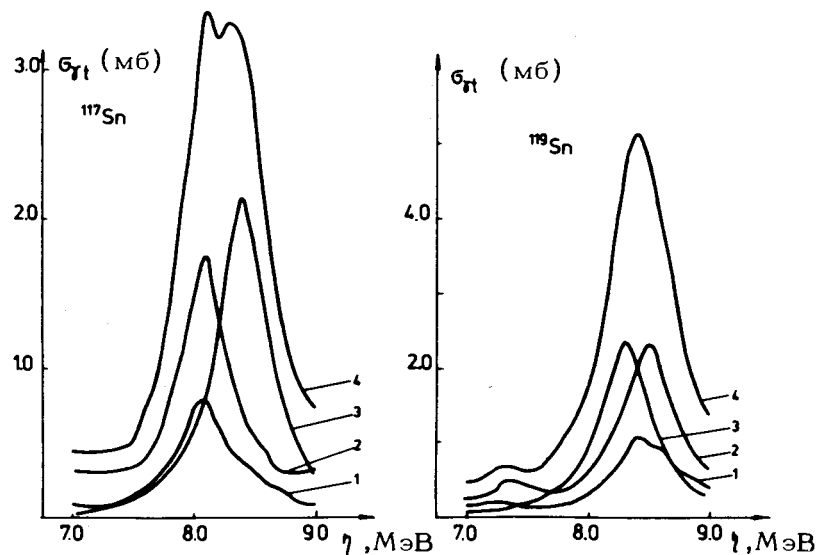
$$b(\lambda = 1^\uparrow, \eta) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\nu} \frac{\Delta}{(\eta - \eta_\nu)^2 + \Delta^2/4} B(\lambda 1; J_{g.s.}^\pi \rightarrow J_\nu). \quad /2/$$

Они связаны с усредненными по энергии сечениями фотопоглощения следующим образом:

$$\sigma_{\gamma t}(E1, \eta_\gamma) = 4,025 \eta_\gamma b(E1^\uparrow, \eta_\gamma) \text{ мб} \quad /3/$$

$$\sigma_{\gamma t}(M1, \eta_\gamma) = 4,4 \cdot 10^{-2} \eta_\gamma b(M1^\uparrow, \eta_\gamma) \text{ мб}, \quad /4/$$

где  $\eta_\gamma$  берется в МэВ,  $b(E1)$  - в  $\text{Фм}^2 \cdot \text{МэВ}^{-1}$ ,  $b(M1)$  - в  $\mu_0^2 \text{МэВ}^{-1}$ .  $\sigma_{\gamma t}$  E1- и M1- переходов из основного состояния  $1/2^+$  на возбужденные уровни с  $J^\pi = 1/2^+ 3/2^+$ , лежащие в интервале энергий 7-9 МэВ в  $^{117,119}\text{Sn}$ , даны на рисунке. Расчеты выполнены при  $\Delta = 0,5 \text{ МэВ}$ . Изменение  $\Delta$  влияет на высоту пиков в  $\sigma_{\gamma t}$ , но слабо отражается на интегральной величине  $\sigma_{\gamma t}$ . Как видно из рисунка, в сечении фотопоглощения имеется ярко выраженный пик в районе 8 МэВ, что согласуется с экспериментальными данными /3/. Причина существования пиков в  $\sigma_{\gamma t}$  двойная. Во-первых, в районе 8 МэВ локализовано от 40 до 50%



Сечения дипольного фотопоглощения  $\sigma_{\gamma t}$  для  $^{117}\text{Sn}$  и  $^{119}\text{Sn}$

1 -  $\sigma_{\gamma t}(E1)$  для переходов  $3s_{1/2} \rightarrow 2p_{1/2}$ ;

2 -  $\sigma_{\gamma t}(E1)$  для переходов  $3s_{1/2} \rightarrow 2p_{3/2}$ ;

3 -  $\sigma_{\gamma t}(M1)$ ;

$$\sigma_{\gamma t} = \sigma_{\gamma t}(E1) + \sigma_{\gamma t}(M1).$$

силы глубоко лежащих дырочных состояний  $2p_{1/2}$  и  $2p_{3/2}$ , на которые идут E1-переходы из основного состояния  $3s_{1/2}$ . Фрагментация таких состояний исследована в /7/, где получено согласие с экспериментальными данными. Основная сила частичных уровней  $3p_{1/2}$ ,  $3p_{3/2}$  сосредоточена при более низких энергиях и поэтому они дают вклад в  $\sigma_{\gamma t}$  около 20-30%. Во-вторых, в  $^{117,119}\text{Sn}$  при энергии  $\sim 8,3 \text{ МэВ}$  расположен M1-гигантский резонанс, исчерпывающий  $\sim 50\%$  полной силы M1-переходов. Поэтому при этих энергиях  $\sigma_{\gamma t}(M1)$  имеет сравнимую с  $\sigma_{\gamma t}(E1)$  величину и приводит к дополнительному увеличению пика в полном сечении  $\sigma_{\gamma t}$ . Исследование M1 гигантских резонансов в соседних четно-четных изотопах олова с волновой функцией, содержащей однофоновые и двухфоновые компоненты, показывает, что M1-резонанс имеет ширину порядка 1 МэВ, а интегральная сила главных пиков в  $^{118}\text{Sn}$  близка к силе,

получаемой без учета двухфононных примесей. Поэтому следует ожидать, что учет более сложных конфигураций в /1/ не приведет к существенному изменению полученных нами результатов. При энергиях возбуждения, больших 10 МэВ, на энергетическое поведение  $\sigma_{\gamma t}$  существенное влияние начинает оказывать ГДР.

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что структура в  $\sigma_{\gamma t}$  в околопороговой области для  $^{117,119}\text{Sn}$  связана с проявлением фрагментации глубоко лежащих дырочных  $2p$  уровней и локализацией в этой области  $M1$ -гигантского резонанса. Следует отметить, что подструктуры должны проявляться в области 6-10 МэВ и в дублях нечетных изотопов олова.

В заключение авторы выражают благодарность за полезные обсуждения А.И.Вдовину и Ч.Стоянову.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Axel P., Min K.K., Sutton D.C. *Phys.Rev.Lett.*, 1963, 10, p. 299; *Phys.Rev.*, 1970, C2, p. 689.
2. *Nuclear Physics Research with Electrons from MUSL-2 and MUSL-3 (Dep. of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1977).*
3. Winhold E.I. et al. *Phys.Lett.*, 1970, 32B, p. 607.
4. Соловьев В.Г. ЭЧАЯ, 1978, 9, с. 580; *JINR, E4-11012 Dubna, 1978.*
5. Воронов В.В., Соловьев В.Г. *Материалы IУ всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 1977, ч. 1, с. 41;*
6. Soloviev V.G., Stoyanov Ch., Voronov V.V. *Nucl.Phys.*, 1978, A304, p. 503.
7. Vdovin A.I., Stoyanov Ch., Chan Zuy Khuong, *JINR, E4-12012, Dubna, 1978;* Soloviev V.G., Stoyanov Ch., Vdovin A.I. *Nucl.Phys.*, 1977, A288, p. 376.
8. Вдовин А.И., Стоянов Ч., Юдин И.П. *Изв. АН СССР, 1978, сер. физ. 42, с. 2004.*
9. Воронов В.В., Соловьев В.Г., Стоянов Ч. *ОИЯИ, P4-11591, Дубна, 1978;*
10. Vdovin A.I. et al. *JINR, E4-12093, Dubna, 1978.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
1 декабря 1978 года.