

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

5155/82

25/10-82

P15-82-518

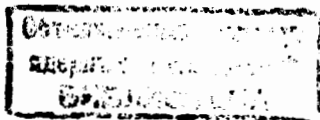
Ю.В.Кангрополь, М.Мадея, Г.М.Осетинский,  
А.Туровецки

СПИН-ФЛИП В РЕАКЦИИ  $^{26}\text{Mg}(p, p'\gamma)^{26}\text{Mg}$   
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ  $3,0 \div 3,2$  МэВ

1982

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является продолжением исследований угловых и энергетических зависимостей сечения и вероятности процесса спин-флипа в реакциях  $X(p, p' \gamma) X$  при энергиях налетающих протонов 1-4 МэВ с целью получения спектроскопической информации о состояниях составных ядер, образующихся в этих реакциях<sup>/1-5/</sup>. Как показано в работе<sup>/3/</sup>, для правильного описания энергетической зависимости вероятности процесса спин-флипа при резонансном рассеянии необходимо учитывать вклад фонового неупругого рассеяния. Природу этого фона определяют два механизма взаимодействия: один из них можно отнести к прямому механизму, второй - к влиянию резонансов, расположенных в прилегающих к исследуемой областях энергии. Это влияние зависит от отношения средней ширины резонансов к среднему расстоянию между ними при данной энергии. При малом значении этого отношения весь фон может быть отнесен к прямому механизму взаимодействия<sup>/3/</sup>. Однако описание фонового процесса указанными выше механизмами взаимодействия в рамках существующих теорий не всегда возможно. Это связано с тем, что описание прямого механизма в рамках борновского приближения искаженных волн или связанных каналов при малых энергиях протонов теоретически не обосновано, а при описании, основывающемся на влиянии ряда близлежащих резонансов, необходимо располагать подробной спектроскопической информацией об этих резонансах, что не всегда возможно. В этой связи единственной возможностью для правильного вычисления фона остается его аппроксимация функцией от энергии и угла. Такой подход использовался в настоящей работе, где исследуются угловая и энергетическая зависимости сечения неупругого рассеяния и вероятности спин-флипа в реакции  $^{26}\text{Mg}(p, p' \gamma)^{26}\text{Mg}$  в интервале энергий  $3,0 \div 3,2$  МэВ и где фоновое рассеяние аппроксимируется разложением по косинусам кратных углов не зависящей от энергии амплитуды рассеяния. Коэффициенты этого разложения наряду с параметрами исследуемых резонансов находились в результате сравнения экспериментальных энергетических и угловых зависимостей сечения и вероятности процесса спин-флипа с теоретическим описанием по методу наименьших квадратов. Аналогичное описание проведено и для реакции  $^{24}\text{Mg}(p, p' \gamma)^{24}\text{Mg}$ , экспериментальные данные по которой опубликованы ранее<sup>/2/</sup>. Для этой реакции не удалось получить удовлетворительного согласия экспериментальных данных с расчетными из-за неучета фонового неупругого рассеяния.



## 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

В случае рассеяния протонов на четно-четном ядре с возбуждением состояния  $2_1^+$  в системе координат с осью Z, направленной перпендикулярно плоскости реакции, амплитуда процесса имеет вид /12/:

$$F^{m_a m_b M_B} = -\frac{2\pi i}{k_a} \sum \langle l_a m_{l_a} 1/2 m_a | JM \times l_b m_{l_b} | j_b m_{j_b} \rangle \langle 2, M_B, j_b, m_{j_b} | JM \rangle \times Y_{l_a m_{l_a}}^* \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) Y_{l_b m_{l_b}} \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) S_{l_a J, l_b, j_b} \quad /1/$$

суммирование проводится по J,  $l_a$ ,  $j_b$ ,  $m_{l_a}$  и  $m_{l_b}$ , где  $k_a$  - волновое число для налетающей частицы;  $l_a m_{l_a} l_b m_{l_b}$  - орбитальные моменты и их проекции на ось Z налетающей и рассеянной частиц соответственно;  $j_b m_{j_b}$  - полный момент рассеянной частицы и его проекция;  $m_a m_b M_B$  - проекция спинов налетающей частицы, рассеянной частицы и конечного ядра-мишени; J, M - полный момент составной системы и его проекция;  $S_{l_a J, l_b, j_b}$  - матрица рассеяния;  $\theta$  - угол в плоскости реакции между направлениями налетающей и рассеянной частиц. При наличии фонового и резонансного рассеяния S-матрицу можно представить в виде суммы S-матрицы фонового процесса  $\Phi_S$  и  $R_S$ -матрицы резонансного рассеяния /в виде формулы Брейта-Вигнера/ /6/:

$$S^J = \Phi_S^J + R_S^J \quad /2/$$

$$R_S^J = \frac{e^{i\phi_{l_b j_b}} (\Gamma_{p_0} \Gamma_{R J_R} \cdot \Gamma_{p'} \Gamma_{l_b j_b})^{1/2}}{E - E_R + i \Gamma_R / 2} \quad /3/$$

Здесь  $E_R$  - энергия резонанса;  $\Gamma_R$  - полная ширина;  $\Gamma_{p_0} \Gamma_{R J_R}$  - ширина образования составного ядра;  $\Gamma_{p'} \Gamma_{l_b j_b}$  - парциальная ширина распада резонанса в выходной канал;  $J_R l_R$  - спин и орбитальный момент резонанса. Подставляя S-матрицу в виде суммы фонового и резонансного рассеяния в выражение для амплитуд /1/, получаем

$$F^{M_B m_a m_b} = \Phi_F^{M_B m_a m_b} + R_F^{M_B m_a m_b} \quad /4/$$

$$= \Phi_F^{M_B m_a m_b} - \frac{2\pi i}{k_a} \sum_{J_R l_R} \langle l_R m_{l_R} 1/2 m_a | J_R M_R \rangle \langle l_b m_{l_b} 1/2 m_b | j_b m_{j_b} \rangle \langle 2, M_B, j_b, m_{j_b} | J_R M_R \rangle Y_{l_R m_{l_R}}^* \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) Y_{l_b m_{l_b}} \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) R_S^{J_R l_R l_b j_b} \quad /5/$$

$$= -\frac{2\pi i}{k_a} \sum_{J l_a l_b j_b m_{l_a} m_{l_b}} \langle l_a m_{l_a} 1/2 m_a | JM \rangle \langle l_b m_{l_b} 1/2 m_b | j_b m_{j_b} \rangle \langle 2, M_B, j_b, m_{j_b} | JM \rangle Y_{l_a m_{l_a}}^* \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) Y_{l_b m_{l_b}} \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) \Phi_S^{J l_a l_b j_b} \quad /6/$$

$$= -\frac{2\pi i}{k_a} \sum_{J l_a l_b j_b m_{l_a} m_{l_b}} \langle l_a m_{l_a} 1/2 m_a | JM \rangle \langle l_b m_{l_b} 1/2 m_b | j_b m_{j_b} \rangle \langle 2, M_B, j_b, m_{j_b} | JM \rangle Y_{l_a m_{l_a}}^* \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) Y_{l_b m_{l_b}} \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) \Phi_S^{J l_a l_b j_b} \quad /7/$$

$$= -\frac{2\pi i}{k_a} \sum_{J l_a l_b j_b m_{l_a} m_{l_b}} \langle l_a m_{l_a} 1/2 m_a | JM \rangle \langle l_b m_{l_b} 1/2 m_b | j_b m_{j_b} \rangle \langle 2, M_B, j_b, m_{j_b} | JM \rangle Y_{l_a m_{l_a}}^* \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) Y_{l_b m_{l_b}} \left(\frac{\pi}{2}, 0\right) \Phi_S^{J l_a l_b j_b} \quad /8/$$

Разложение фоновой амплитуды  $\Phi_F$  по косинусам кратных углов с учетом только первых двух членов имеет следующий вид:

$$\Phi_F^{M_B m_a m_b} \approx \frac{2\pi}{k_a} (A^{M_B m_a m_b} + B^{M_B m_a m_b} \cos \theta),$$

где коэффициент  $B^{M_B m_a m_b}$ , не нарушая общности, можно считать вещественным. На основе выражения /5/ можно показать, что коэффициенты  $A^{M_B m_a m_b}$  и  $B^{M_B m_a m_b}$  для различных значений  $M_B$ ,  $m_a$  и  $m_b$  не являются независимыми, а удовлетворяют соотношениям

$$A^{M_B m_a m_b} = A^{-M_B -m_a -m_b}, \quad /9/$$

$$B^{M_B m_a m_b} = B^{-M_B -m_a -m_b}.$$

Таким образом, если считать, что вся зависимость фоновой амплитуды от энергии заключена в множителе  $1/k_a$ , то для аппроксимации фонового рассеяния достаточно пяти комплексных коэффициентов  $A^{M_B m_a m_b}$  и пяти вещественных коэффициентов  $B^{M_B m_a m_b}$ . Сечение  $d\sigma/d\Omega$  и вероятность процесса спин-флипа  $S(\theta)$  при выбранном нами направлении оси Z выражаются через амплитуды  $F^{M_B m_a m_b}$  следующим образом:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2} \sum_{m_b m_a M_B} |F^{M_B m_a m_b}|^2,$$

$$S(\theta) = \frac{\sum_{m_a M_B} |F^{M_B m_a -m_b}|^2}{d\sigma/d\Omega} \quad /10/$$

Из сравнения по методу наименьших квадратов экспериментальных результатов с теоретическими расчетами по формулам /1/-/7/ с параметризацией парциальных ширин, полных ширин, фаз, коэффициентов  $A^{M_B m_a m_b}$  и  $B^{M_B m_a m_b}$ , а также энергии резонанса  $E_R$  можно получить значения произведений  $X_{l_b j_b}^R = \Gamma_{p_0} \Gamma_{R J_R} \Gamma_{p'} \Gamma_{l_b j_b}$ .

Если предположить, что распад резонансов происходит только во входном и исследуемом каналах реакции, то парциальные ширины распада удовлетворяют уравнению

$$\Gamma_R = \Gamma_{p_0} \Gamma_{R J_R} + \sum_{j_b l_b} \Gamma_{p'} \Gamma_{l_b j_b} \quad /11/$$

Отсюда, исходя из значений  $X_{l_b j_b}^R$ , можно получить два набора ширин

$$\Gamma_{p'} \Gamma_{l_b j_b} = \frac{X_{l_b j_b}^R}{\Gamma_{p_0} \Gamma_{R J_R}}, \quad /12/$$

где  $\Gamma_{p_0 j_R l_R}$  является одним из решений уравнения

$$\Gamma_{p_0 j_R l_R} (\Gamma - \Gamma_{p_0 j_R l_R}) = \sum_{j_b l_b} X_{j_b l_b}^R \quad /10/$$

### 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Метод измерения угловой и энергетической зависимостей вероятности процесса спин-флипа хорошо известен и подробно описан в работе /7/. Он основан на измерении числа совпадений неупруго рассеянных протонов с возбуждением первого состояния  $2^+$  с квантами  $E_2$ -перехода  $2^+ \rightarrow 0^+$ , испускаемыми перпендикулярно плоскости реакции. Работа проводилась на электростатическом ускорителе ЭГ-5 ОИЯИ. Мишени получались путем напыления изотопов  $^{24}\text{Mg}$  с обогащением 99,1% и  $^{26}\text{Mg}$ /87% на тонкие / ~15 мкг/см<sup>2</sup>/ пленки углерода. Потери энергии протонов в мишенях составляли около 4 кэВ. Разброс по энергии пучка после прохождения мишени - 2 кэВ. Число частиц, падающих на мишень, определялось посредством измерения заряда с помощью цилиндра Фарадея, установленного за мишенью. Рассеянные протоны регистрировались одновременно под тремя углами поверхностно-барьерными кремниевыми детекторами с разрешением ~30 кэВ /для частиц с энергией 5,49 МэВ/;  $\gamma$ -кванты регистрировались фотоумножителем ФЭУ-30 с кристаллом NaJ размером 50x60 мм. Энергетическое разрешение детектора для  $E_\gamma = 1,27$  МэВ от  $\gamma$ -линии  $^{22}\text{Na}$  составляло ~10%. Эффективность регистрации  $\gamma$  детектором определялась экспериментально /2/. Электронная блок-схема быстромедленных совпадений, с помощью которой измерялись  $d\sigma/d\Omega$  и  $S(\theta)$ , описана ранее /2/. Временное разрешение схемы составляло 6 нс. Поправки на вклады подсосостояний с  $M=0, \pm 2$  учитывались так же, как в работах /2-4/. Наблюдаемая вероятность процесса спин-флипа определялась по формуле

$$S(\theta, E) = \frac{2}{5} \frac{N_{\text{совп.}}^{\text{ист.}}}{N_p \epsilon} \quad /11/$$

где  $N_{\text{совп.}}^{\text{ист.}}$  - число истинных совпадений в пике неупругого рассеяния;  $N_p$  - число неупруго рассеянных протонов;  $\epsilon$  - эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов в фотопике.

### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБСУЖДЕНИЯ

#### А. Реакция $^{24}\text{Mg} (p, p' \gamma) ^{24}\text{Mg}$

Угловая и энергетическая зависимости сечения неупругого рассеяния и вероятности спин-флипа указанной реакции изучались в работе /2/, где отмечалось, что при учете прямого процесса взаимодействия сравнение экспериментальных данных  $d\sigma_p/d\Omega$  и  $S(\theta)$  с расчетными значениями не приводит к удовлетворительному результату. Хорошее описание угловых и энергетических зависи-

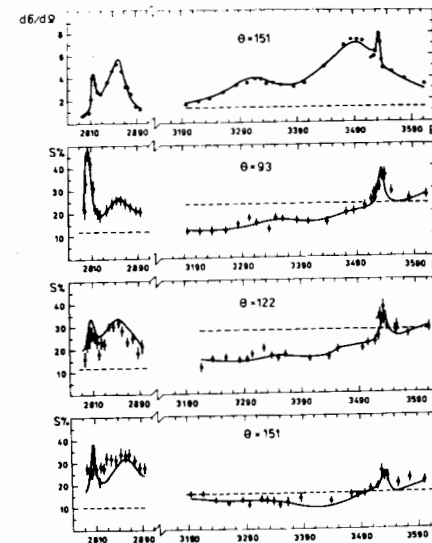
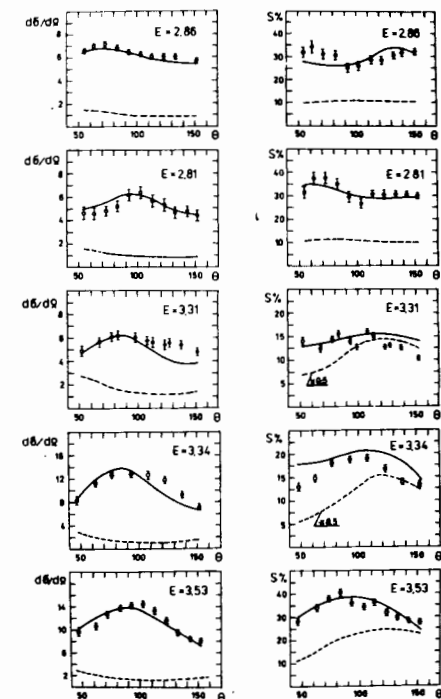


Рис.1. Энергетическая зависимость  $\frac{d\sigma_p}{d\Omega}$  /в мб/ср/ реакции  $^{24}\text{Mg} (p, p' \gamma) ^{24}\text{Mg}$ , измеренная под углом  $151^\circ$  в системе центра масс /верхний график/. Последующие графики - энергетические зависимости  $S(\theta)$  в %, измеренные под углами  $93^\circ, 122^\circ$  и  $151^\circ$  в этой же системе. Сплошная кривая на графике - расчетные значения; пунктирная - расчетные значения фонового процесса,  $E_p$  представлены в системе центра масс.

Рис.2. Угловые распределения  $\frac{d\sigma_p}{d\Omega}$  в мб/ср /левая часть графика/ и  $S(\theta)$  в % /правая часть графика/ реакции  $^{24}\text{Mg} (p, p' \gamma) ^{24}\text{Mg}$ , измеренные в резонансах при  $E_p$  равной 2,86; 2,91; 3,31; 3,34; 3,53 МэВ в системе центра масс. Углы по оси абсцисс - в той же системе. Сплошная кривая на графике - расчетные значения, пунктирная - расчетные значения фонового процесса.



остей  $d\sigma/d\Omega$  приводит к неудовлетворительному описанию спин-флипа и наоборот. Учитывая это, в настоящей работе приведено новое описание данных работы /2/ методом, описанным в разделе 2 настоящей работы. Причем, так же как и в работе /2/, критерием оптимального согласия расчетных значений с экспериментальными данными являлась близость к единице  $\frac{\chi^2}{n-1}$ , где  $n$  - число точек,

Таблица 1

№ пп	$E_p$ , МэВ	$J^\pi$	$\Gamma$ , кэВ	$\Gamma_{p_0}$ , кэВ	$\Gamma_{p' l_b j_b}$
1	2,86 <sup>[8]</sup>	3/2 <sup>+</sup> [8]	6,7±0,2	0,2±0,01	$\Gamma_{0,1/2}=3,36\pm0,34$ $\Gamma_{2,3/2}=2,85\pm0,30$ $\Gamma_{2,5/2}=0,11\pm0,08$ $\Gamma_{4,7/2}=0,16\pm0,01$
2	2,91 <sup>[8]</sup>	5/2 <sup>+</sup> [8]	30,8±5	0,8±0,3	$\Gamma_{0,1/2}=0, \pm 0,08$ $\Gamma_{2,3/2}=1,45\pm0,2$ $\Gamma_{2,5/2}=21,9\pm 6$ $\Gamma_{2,7/2}=6,61\pm0,4$ $\Gamma_{4,9/2}=0, \pm 0,2$
3	3,31 <sup>[8]</sup>	5/2 <sup>+</sup> [8]	107±9	0,84±0,10	$\Gamma_{0,1/2}=23,4\pm 7$ $\Gamma_{2,3/2}=2,95\pm 1,5$ $\Gamma_{2,5/2}=65,3\pm 9$ $\Gamma_{4,7/2}=14,0\pm 4,8$ $\Gamma_{4,9/2}=0,64\pm 0,71$
4	3,34 <sup>[8]</sup>	3/2 <sup>+</sup> [8]	142±4	12,4±0,6	$\Gamma_{0,1/2}=55\pm 3$ $\Gamma_{2,3/2}=54\pm 6$ $\Gamma_{2,5/2}=17\pm 3$ $\Gamma_{4,7/2}=2\pm 3$
5	3,53 <sup>[8]</sup>	3/2 <sup>+</sup> [8]	6 ± 0,5	1,3±0,3	$\Gamma_{0,1/2}=2,2\pm 0,3$ $\Gamma_{2,3/2}=2,3\pm 0,3$ $\Gamma_{2,5/2}=0,14\pm 0,3$ $\Gamma_{4,7/2}= 0$

$E_p$  - энергия налетающих протонов в системе центра масс,  $\Gamma$  - полная ширина,  $\Gamma_{p_0}$   $\Gamma_{p' l_b j_b}$  - ширина распада в упругий канал и парциальные ширины распада резонансного состояния  $^{25}\text{Al}$  на уровень 2<sup>+</sup> ядра  $^{24}\text{Mg}$  соответственно.

$n$  - число параметров. Некоторые результаты расчета для иллюстрации представлены на рис.1 и 2 /сплошные кривые на рисунках/. Пунктирной кривой представлены расчетные значения фонового

рассеяния /для  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  и  $S(\theta)$ , которые получены по формуле /5/.

На этих же рисунках представлены экспериментальные значения  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  и  $S(\theta)$ , взятые из работы /2/. Энергии и углы, при которых проводились измерения, представлены в системе центра масс. Как видно из рисунков, согласие расчетных значений с экспериментальными вполне удовлетворительное. Заметим, что полученные нами энергии резонансов /в системе центра масс/ в среднем на ±1,5 кэВ отличаются от имеющих в литературе /10,11/, что находится в пределах ошибок определения энергий электростатического ускорителя ЭГ-5 ОИЯИ. В табл.1 приведены значения параметров  $\Gamma$ ,  $\Gamma_{p_0}$ ,  $\Gamma_{p' l_b j_b}$ ,  $E_p$ . Некоторые из приведенных параметров взяты из литературы и приведены с указанием ссылок на оригинальные работы. Данные без ссылок определены в настоящей работе. Полученные нами значения парциальных ширин значительно отличаются от данных работы /2/, что, по-видимому, и является результатом неучета в нем прямого процесса взаимодействия, о котором упоминалось ранее. При проведении расчета разброс по энергии протонов в мишени не учитывался.

#### Б. Реакция $^{26}\text{Mg}(p,p'\gamma)^{26}\text{Mg}$

Исследования угловой и энергетической зависимости сечения неупругого рассеяния и вероятности спин-флипа для реакции  $^{26}\text{Mg}(p,p'\gamma)^{26}\text{Mg}$  проводились в районе резонансов составного ядра  $^{27}\text{Al}$  при  $E_p=3,047$ ;  $E_p=3,053$ ;  $E_p=3,066$ ;  $E_p=3,085$  и  $E_p=3,151$  МэВ в системе центра масс. На рис.3 и 4 представлены экспериментальные результаты по этим зависимостям /кривые возбуждения  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  измеренные под углами 151° и 123°, так же как и результаты для резонанса при  $E_p=3,047$ , не показаны/. Величины спин-флипа рассчитывались по формуле /11/. Сечение неупругого рассеяния в мб/ср определялось по формуле вида

$$\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega} = \frac{S_{p'}}{N_I N_A G_A} \quad /12/$$

где  $S_{p'}$  - площадь пика энергетического спектра неупругого рассеяния протонов;  $N_I$  - число частиц, падающих на мишень, определяемое интегралом тока;  $N_A$  - число атомов мишени;  $G_A$  - геометрический фактор детектора;  $n=1,2,3$ . Величины  $S_{p'} N_I$  определялись из эксперимента. Величина произведения  $N_A G_A$  определялась по измерению выхода упруго рассеянных протонов в той же геометрии и на той же мишени, на которой определялась величина  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$ . Причем измерения проводились для тех же значений энергий, где сечения упругого рассеяния известны, и имеют плавный нерезонансный характер /9/. Тогда  $N_A G_A = \frac{S_{p_0}}{N_I^{p_0} \frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}}$ ,

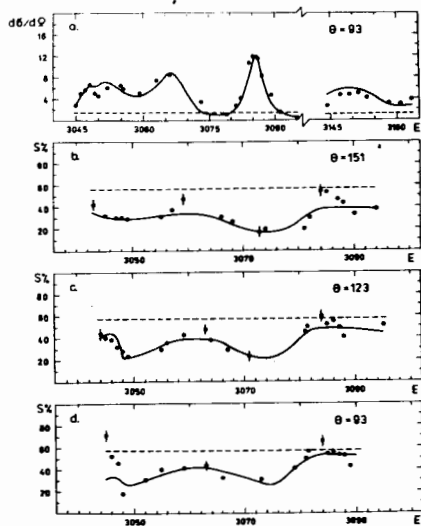


Рис.3. Энергетическая зависимость  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  /в мб/ср/ реакции  $^{26}\text{Mg}(p, p'\gamma)^{26}\text{Mg}$ , измеренная под углом  $93^\circ$  в системе центра масс /верхняя кривая/. Последующие графики - энергетические зависимости  $S(\theta)$ , измеренные под углами  $93^\circ, 123^\circ, 151^\circ$  в этой же системе. Сплошная кривая на графике - расчетные значения, пунктирная - расчетные значения фонового процесса.  $E_p$  представлены в системе центра масс.

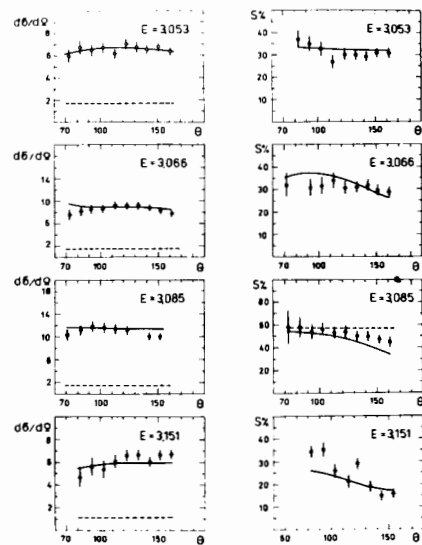


Рис.4. Угловые распределения  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  в мб/ср /левая часть графика/ и  $S(\theta)$  в % /правая часть/, измеренные в резонансах при энергиях 3,053; 3,066; 3,085; 3,151 МэВ. Сплошная кривая на графиках - расчетные значения. Данные представлены в системе центра масс.

где символы  $p_0, S_{p_0}$  относятся к измерениям упругого рассеяния протонов. С учетом вышеизложенного величина  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega} = \frac{S_{p'}}{S_{p_0}} \frac{N_I^{p_0}}{N_I} \frac{d\sigma_{p_0}}{d\Omega}$ , где  $\frac{d\sigma_{p_0}}{d\Omega}$  взято из графика работы /9/. Средняя квадратичная ошибка в определении  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  не превышает ~12%. Она складывается из: 1/ квадратичной ошибки в определении выхода упруго и неупруго рассеянных протонов - соответственно 1% и 1%; 2/ ошибки в определении числа частиц, падающих на мишень в обоих измерениях ~1,5%; 3/ ошибки определения  $\frac{d\sigma_{p_0}}{d\Omega}$ , взятой из работы /9/, - не >10%. На рис.3 и 4 представлены расчетные значения угловой

Таблица 2

№ п/п	$E_p$ , МэВ	$J^\pi$	$\Gamma$ , кэВ	$\Gamma_{p_0}$ , кэВ	$\Gamma_{p'} l_i j_i$
I	3,047(II)	$7/2^+$ (II)	$2,1 \pm 0,4$	$0,006 \pm 0,002$	$\Gamma_{2,3/2} = 0,2 \pm 0,2$ $\Gamma_{2,5/2} = 1,6 \pm 0,4$ $\Gamma_{4,7/2} = 0,4 \pm 0,3$ $\Gamma_{4,9/2} = 0$ $\Gamma_{6,11/2} = 0$
2	3,053(II)	$3/2^-$	$11,1 \pm 0,4$	$3,9 \pm 0,2$	$\Gamma_{1,1/2} = 9,4 \pm 1,0$ $\Gamma_{1,3/2} = 1,3 \pm 1,0$ $\Gamma_{3,5/2} = 0$ $\Gamma_{3,7/2} = 0$
3	3,066(II)	$3/2^-$	$6,3 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$	$\Gamma_{1,1/2} = 5,2 \pm 0,3$ $\Gamma_{1,3/2} = 0,8 \pm 0,3$ $\Gamma_{3,5/2} = 0$ $\Gamma_{3,7/2} = 0$
4	3,085(II)	$5/2^+$	$3,8 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$\Gamma_{0,1/2} = 0,6 \pm 0,1$ $\Gamma_{2,3/2} = 2,3 \pm 0,2$ $\Gamma_{2,5/2} = 0,8 \pm 0,1$ $\Gamma_{4,7/2} = 0 \pm 0,1$ $\Gamma_{4,9/2} = 0$
5	3,151(II)	$3/2^+$ (II)	$17,3 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	$\Gamma_{1,1/2} = 16,6 \pm 1,5$ $\Gamma_{1,3/2} = 0,15 \pm 0,2$ $\Gamma_{3,5/2} = 0$ $\Gamma_{3,7/2} = 0$

$E_p$  - энергия протонов в системе центра масс.

и энергетической зависимости  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  и  $S$ . Расчеты проводились по формулам /4/ и /5/. В табл.2 приведены значения  $J^\pi, \Gamma_{p_0}, \Gamma_{p'}$ , полученные в результате оптимальной подгонки расчетных значений

к экспериментальным. Данные в таблице, взятые из литературы, отмечены ссылками. Остальные величины получены в настоящей работе. При проведении подгонок использовались литературные данные для трех из пяти исследуемых нами резонансов  $3/2^-$ ,  $7/2^+$ ,  $3/2^-$ ;  $5/2^-$ ,  $7/2^+$  для  $E_p=3,047$ ;  $3,085$  и  $3,151$  МэВ соответственно, а также ряд других, отличающихся от указанных в табл.2, значений  $J^\pi$ :  $3/2^-$  для  $E_p=3,047$  МэВ,  $3/2^+$  для  $E_p=3,053$  МэВ,  $5/2^-$ ,  $7/2^-$ ;  $5/2^+$  для  $E_p=3,066$  МэВ,  $5/2^-$ ,  $7/2^+$  для  $E_p=3,151$  МэВ. Однако наиболее оптимальными оказались те значения  $J^\pi$ , которые указаны в табл.2. Таким образом, на основании проведенного сравнения теоретических расчетов с экспериментальными данными на примере реакции  $^{24,26}\text{Mg}(p,p'\gamma)^{24,26}\text{Mg}$  можно сделать заключение, что для получения удовлетворительного описания угловых и энергетических зависимостей  $\frac{d\sigma_{p'}}{d\Omega}$  и  $S(\theta)$

в этих реакциях необходимо, наряду с учетом резонансного процесса и взаимодействия резонансов между собой, учитывать вклад фонового процесса, как это указано в разделе 2 настоящей работы.

Авторы приносят глубокую благодарность группе эксплуатации электростатического генератора за хорошую бесперебойную его работу при проведении эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев С.Л. и др. ОИЯИ, Р15-7682, Дубна, 1974.
2. Ван Сын Чан и др. ОИЯИ, Р15-10460, Дубна, 1977.
3. Ван Сын Чан и др. ЯФ, 1978, 27, с. 607.
4. Ван Сын Чан и др. Известия АН СССР, серия физическая, 1980, 1, с. 53.
5. Кангрополь Ю.В. и др. ОИЯИ, 15-80-543, Дубна, 1980.
6. Бор О., Миттельсон Б. Структура атомного ядра. "Мир", М., 1971, т. 1.
7. Smidt F.H. et al. Nucl.Phys.. 1964, 52, p. 353.
8. Tomaki Nojiri et al. Journ. of the Phys.Soc. of Japan, 1974, 37, p. 1479.
9. Muhata T. Journ. of the Phys.Soc. of Japan, 1970, 28, p. 1101.
10. Вальтер А.К. и др. Известия АН СССР, серия физическая, 1964, ТХХ 111, №7, с. 1140.
11. Коваль А.А. и др. Известия АН СССР, серия физическая, 1969, ТХХХ 111, №4, с. 704.
12. Isospin in Nuclear Physics, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 июля 1982 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
Д1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д4-80-271	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-385	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979	3 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Кангрополь Ю.В. и др. P15-82-518  
Спин-флип в реакции  $^{26}\text{Mg}(pp'\gamma)^{26}\text{Mg}$  в интервале энергий 3,0 + 3,2 МэВ

Измерены угловая и энергетическая зависимости вероятности спин-флипа и сечения неупругого рассеяния реакции  $^{26}\text{Mg}(pp'\gamma)^{26}\text{Mg}$  в области энергий 3,0 + 3,2 МэВ в системе центра масс. Найдены значения протонных парциальных ширин перехода на уровень  $2^+$  для резонансов  $E_p=3,047$ ;  $E_p=3,053$ ;  $E_p=3,066$ ;  $E_p=3,085$  и  $E_p=3,151$  МэВ в этой же системе. Определена  $J^\pi$  для этих резонансов. Расчеты проводились по программе, учитывающей влияние соседних резонансов и фона. Аппроксимация фона проводилась не зависящим от энергии разложением амплитуд рассеяния по косинусам углов.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Kangropol Yu.V. et al. P15-82-518  
Spin-Flip in the  $^{26}\text{Mg}(pp'\gamma)^{26}\text{Mg}$  Reaction in the 3.0 + 3.2 MeV Energy Range

The angular and energy dependence of the probability of spin-flip and of inelastic scattering cross section in the  $^{26}\text{Mg}(pp'\gamma)^{26}\text{Mg}$  reaction is measured in the energy range from 3.0 to 3.2 MeV in the centre of mass system of reference. The values of proton partial widths were obtained in the same system of reference for the transitions to  $2^+$  levels for the following resonances:  $E_p=3.047$ ,  $E_p=3.053$ ,  $E_p=3.066$ ,  $E_p=3.085$ ,  $E_p=3.151$  MeV. The values of  $J^\pi$  are found for these resonances. The calculation was performed using the program taken into account the effect of neighbour resonances and background. The background was approximated using an energy independent expansion of scattering amplitudes over cosines of angles.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.