

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИИ СЕЧЕНИЙ В ФОТОРАСЩЕПЛЕНИИ ЯДРА ГЕЛИЯ-4 ЛИНЕЙНО ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ γ -КВАНТАМИ

*В.Б.Ганенко, В.А.Гетьман, В.А.Гущин, Ю.В.Жебровский, А.А.Заяц,
В.А.Золенко, Ю.А.Касаткин, Л.Я.Колесников, С.И.Нагорный,
В.Д.Овчинник, А.Л.Рубашкин, П.В.Сорокин*

Впервые на пучке линейно поляризованных фотонов измерены угловые распределения асимметрии сечений в реакции $\gamma^4\text{He} \rightarrow p^3\text{T}$ в области энергий 120 – 250 МэВ. Результаты сравниваются с расчетами, выполненными в ковариантном градиентно-инвариантном подходе.

В последние годы в исследовании процессов фоторасщепления легчайших ядер помимо традиционных задач ядерной физики приобретают актуальность такие проблемы, как мезонные обменные токи, изобарные конфигурации в ядрах, кварковые степени свободы и т.д. Исследование этих явлений в фотоядерных реакциях требует развития релятивистских теор-

ретических подходов, которые удовлетворяют фундаментальным требованиям ковариантности и калибровочной инвариантности и согласованным образом учитывают внутреннюю структуру атомных ядер. В экспериментальном плане важную роль в решении этих задач играют измерения различного рода поляризационных характеристик процессов с использованием пучков поляризованных фотонов, поляризованных мишеней и измерения поляризации продуктов реакций.

В настоящей работе приведены результаты исследования асимметрии сечений

$$\Sigma = (d\sigma^{\parallel} - d\sigma^{\perp}) / (d\sigma^{\parallel} + d\sigma^{\perp}) \quad (1)$$

в реакции $\gamma^4\text{He} \rightarrow p^3\text{T}$ в интервале энергий 120 – 250 МэВ и углов вылета протонов 60 – 14 в СЦИ на пучке линейно поляризованных фотонов Харьковского линейного ускорителя электронов 2 ГэВ. Ранее Σ -асимметрия сечений в (γ, p) - и (γ, n) -процессах фоторасщепления ядер гелия-4 изучалась с помощью магнитного спектрометра со стримерной камерой только при энергии линейно поляризованных фотонов 40 МэВ¹.

Экспериментальное оборудование, состоящее из систем формирования и контроля параметров электронного и фотонного пучков, гониометрической установки с монокристаллом алмаза, жидкогелиевой мишени и детектирующей аппаратуры, ранее использовалось при исследовании поляризационных параметров в процессах фоторасщепления ядер дейтерия и гелия-3¹⁻³.

Пучок квазимонохроматических линейно поляризованных фотонов получался в результате когерентного тормозного излучения электронов с энергией 1,2 ГэВ в монокристалле алмаза толщиной 1 мм. Системой коллиматоров и очищающих магнитов фотонный пучок формировался на жидкогелиевую мишень, аппендикс которой выполнен из нержавеющей стали толщиной 90 мкм в виде цилиндра диаметром 25 мм и длиной вдоль оси пучка 130 мм.

Выделение исследуемого канала реакции $\gamma^4\text{He} \rightarrow p^3\text{T}$ производилось с помощью регистрации $(p, ^3\text{T})$ -совпадений. Протоны и тритоны, вылетающие из жидкогелиевой мишени, анализировались по импульсам двумя магнитными спектрометрами и детектировались телескопами сцинтилляционных счетчиков. Энергетическое разрешение эксперимента определялось угловыми и импульсными захватами магнитных спектрометров и с учетом потерь энергии частиц в мишени и в фольгах конструкций изменялось в исследуемом диапазоне энергий от $\Delta E_{\gamma} / E_{\gamma} = 0,08$ до 0,14.

Регистрация $(p, ^3\text{T})$ -совпадений осуществлялось с помощью время-амплитудных конверторов с разрешением 0,8 нс. Эксперимент выполнялся на линии с ЭВМ М-6000 и заключался в наборе информации при двух направлениях векторов поляризации фотона: параллельно (C^{\parallel}) и перпендикулярно (C^{\perp}) плоскости реакции.

Асимметрия сечений в соответствии с (1) рассчитывалась следующим образом:

$$\Sigma = \frac{1}{\overline{P}_{\gamma}} \frac{C^{\parallel} - C^{\perp}}{C^{\parallel} + C^{\perp}}, \quad (2)$$

где \overline{P}_{γ} – эффективная поляризация фотонного пучка, получаемая непосредственно из выходов $(p, ^3\text{T})$ -совпадений $C^{\parallel}(\perp)$ с помощью методики, описанной в⁴.

На рис. 1 полученные экспериментальные данные сравниваются с результатами расчета Σ -асимметрии в процессах $^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{T}$ и $^4\text{He}(\gamma, n)^3\text{He}$, выполненного нами в ковариантном градиентно-инвариантном подходе. Калибровочная инвариантность полных амплитуд рассматриваемых процессов при учете внутренней структуры ядер была обеспечена точным согласованием полюсных и регулярных частей с помощью обобщенных тождеств Уорда – Джакаши.

В двухчастичных процессах $\gamma^4\text{He} \rightarrow NT$ ($N = p, n$; $T = ^3\text{T}, ^3\text{He}$) основу получения амплитуды составляет⁵ выделение в связанной четырехточечной функции Грина одночастично –

приводимых (полюсных) вкладов, содержащих известные сильносвязанные трехточечные функции Грина – вершины γNN , γTT , ${}^4\text{He} \rightarrow NT$ – и одночастично – неприводимых четыреххвосток (контактных блоков) (рис. 2).

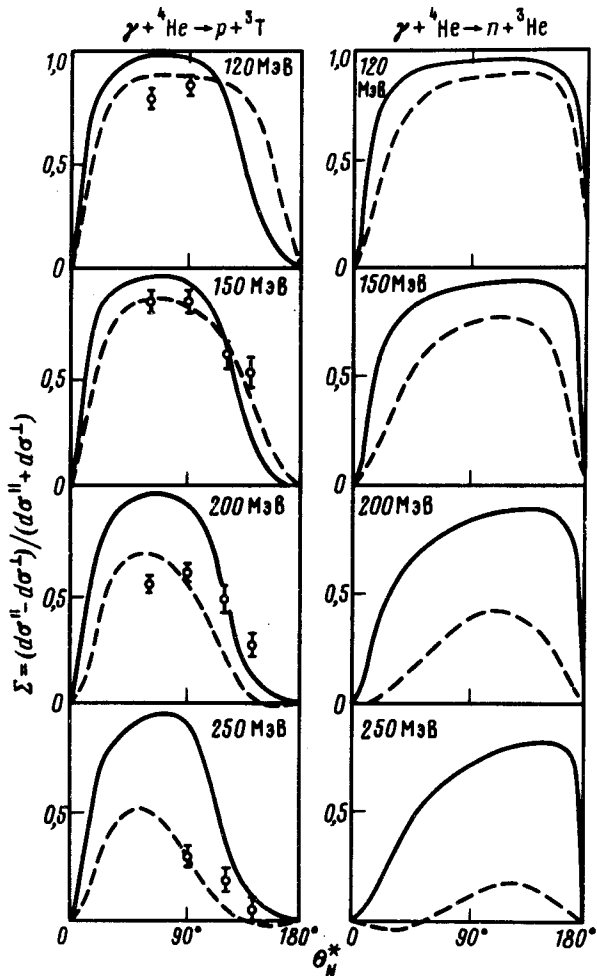


Рис. 1. Угловые распределения асимметрии сечений. Сплошная (пунктирная) кривая – расчет без учета (с учетом) резонанса Ропера

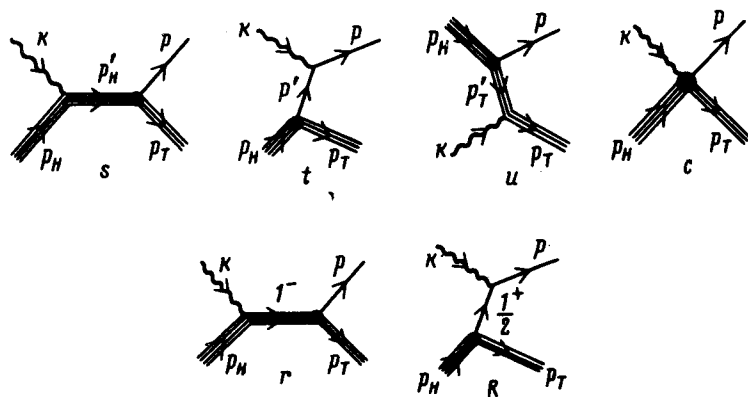


Рис. 2. Ковариантные диаграммы, используемые в расчетах

Для вершинной функции G_λ ($\lambda = s, t, u$) использовалась следующая параметризация:

$$G(-k_\lambda^2) = (\alpha_1^2 - k_\lambda^2) \sum_{i=1}^4 c_i (\alpha_i^2 - k_\lambda^2)$$

(3)

$$\alpha_1^2 = m m_T - \eta_1 \eta_2 M_H^2; \quad \sum_{i=1}^4 c_i = 0,$$

где m, m_T, M_H — массы частиц $N, T, {}^4\text{He}$; $\eta_1 = m_T / (m + m_T)$, $\eta_2 = m / (m + m_T)$.

Аргумент ковариантной вершинной функции $G(-k_\lambda^2)$ виртуального развала ${}^4\text{He} \rightarrow N, T$ определяется следующим образом: $k_s = \eta_1 p - \eta_2 p_T$, $k_T = \bar{k}_s - (\eta_{12}/m)k$, $k_u = k_s + (\eta_{12}/m_T)k$, где $\eta_{12} = m m_T / (m + m_T)$, а k, p, p_T — импульсы фотона и частиц N, T , соответственно. Параметры α_i и c_i ($i = 2, 3, 4$) были определены из подгонки дифференциальных сечений $d\sigma/d\Omega^*$ к экспериментальным энергетическим зависимостям ⁶ при $\theta_N^* = 90^\circ$ и $E_\gamma = 30 \div 120$ МэВ.

Из рис. 1 видно, что с ростом энергии γ -квантов для процесса ${}^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{T}$ угловые распределения Σ -асимметрии становятся несимметричными относительно $\theta_p^* = 90^\circ$, в отличие от ¹ при низких энергиях. Отметим также, что вклад резонанса Γ (рис. 2, r) в асимметрию сечений мал.

Учет резонанса Ропера $N^*(\frac{1}{2}^+, 1440)$ (рис. 2, R) в расчетах Σ -асимметрии при $E_\gamma > 150$ МэВ улучшает согласие с экспериментальными данными (рис. 1, пунктирные кривые). Это указывает на то обстоятельство, что исследование поляризационных явлений в реакциях ${}^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{T}$ и ${}^4\text{He}(\gamma, n)^3\text{He}$ может служить источником информации о ненуклонных степенях свободы в ядрах.

Литература

1. Беллев А.А., Винокуров Е.А., Волощук В.И. и др. ВАНТ, сер. общая и яд. физика, 1986, 34, 69.
2. Горбенко В.Г., Жебровский Ю.В., Зеленчер А.С. и др. Препринт 78-18, ХФТИ АН УССР, Харьков, 1978.
3. Gorbenko V.G., Zhebrovskij Yu.V., Kolesnikov L.Ya. et al. Nucl. Phys. A, 1982, 381, 330.
4. Горбенко В.Г., Деркач Л.М., Жебровский Ю.В. и др. ЯФ, 1978, 17, 793.
5. Нагорный С.И., Касаткин Ю.А., Иношин Е.В. ВАНТ, сер. общая и яд. физика, 1988, 41, 37.
6. Аркатов Ю.М., Вацет П.И., Волощук В.И. и др. Письма в ЖЭТФ, 1976, 28, 710.