

АСИММЕТРИЯ СЕЧЕНИЙ ИНКЛЮЗИВНЫХ РЕАКЦИЙ (γ, p) И (γ, π) НА ЯДРАХ ГЕЛИЯ-3 И ГЕЛИЯ-4

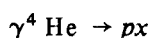
В.Б.Ганенко, В.А.Гущин, Ю.В.Жебровский, Л.Я.Колесников,
А.Л.Рубашкин, П.В.Сорокин

На пучке линейно-поляризованных монохроматических фотонов измерена асимметрия сечений инклюзивных процессов $\gamma^{3,4}\text{He} \rightarrow px$, $\gamma^3\text{He} \rightarrow \pi^\pm x$, $\gamma^4\text{He} \rightarrow \pi^\mp x$ для угла вылета частиц 90° в лаб. системе при энергиях фотонов 60, 140, 350 МэВ для (γ, p) и 350 МэВ для (γ, π) реакций. Она оказалась близка к асимметрии элементарных процессов $\gamma d \rightarrow pn$ и $\gamma N \rightarrow N\pi$.

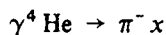
В последнее время на многих электронных ускорителях созданы интенсивные пучки монохроматических фотонов в промежуточной области энергий, обладающие хорошим энергетическим разрешением ($\sim 1 - 2\%$). Это обусловило дальнейший прогресс в исследованиях фотоядерных реакций и, в частности, возродило интерес к исследованию инклюзивных процессов^{1, 2}, поскольку такие пучки дают возможность более четко определять механизмы поглощения фотонов атомными ядрами, получить новые сведения о структуре ядер, состоянии нуклонов и их ассоциаций и т. д.

Имеющаяся в настоящее время информация указывает на то, что в промежуточной области энергий возможны два механизма поглощения: в интервале энергий фотонов от гигантского дипольного резонанса до порога фотообразования пионов выход протонов и протон-нейтронных пар можно объяснить на основе модели Левинжера³, в которой предполагается, что фотоны поглощаются связанными (p, n) парами; в области энергий выше порога фотообразования пионов основной механизм фотопоглощения связан с процессами квазисвободного рождения пионов на нуклонах ядра. Кинематические критерии указывая на определенный механизм поглощения не определяют, как правило, квантовое состояние нуклона или нуклонной корреляции, которые, вообще говоря, могут быть различными. Чувствительным и новым методом определения механизма поглощения фотонов ядрами, позволяющим кроме того изучать и состояние нуклонов и нуклонных ассоциаций, может служить асимметрия сечений инклюзивного процесса $\Sigma = (\sigma_{\parallel} - \sigma_{\perp}) / (\sigma_{\parallel} + \sigma_{\perp})$, где $\sigma_{\parallel(\perp)} = \frac{d\sigma_{\parallel(\perp)}(\theta, P, E_{\gamma})}{d\Omega dp}$ — дифференциальное сечение реакции, обусловленное линейно-поляризованными фотонами с вектором поляризации направленным параллельно (перпендикулярно) плоскости реакции. P и θ — импульс и угол вылета регистрируемой частицы. Ранее такие исследования не проводились.

В настоящей статье представлены результаты измерений асимметрии сечений реакций



на линейно-поляризованном монохроматическом пучке фотонов Харьковского линейного ускорителя электронов ЛУ-2000 при энергиях фотонов $E_{\gamma} = 60, 140$ и 350 МэВ, и асимметрии сечений реакций



для энергии фотонов 350 МэВ. Угол регистрации частиц был равен $\theta = 90^\circ$ в лаб. системе. Исследуемый кинематический диапазон включал области, соответствующих выходу протонов от реакции фоторасщепления дейтрона $\gamma d \rightarrow pn$ для процессов (1) и выходу пионов от реакции $\gamma N \rightarrow \pi N$ для процессов (2). Монохроматический пучок фотонов получался при когерентном тормозном излучении (КТИ) электронов в монокристалле алмаза, толщиной

0,3 мм. Условия эксперимента, методика получения данных были такие же как и в ⁴. Детектирование пионов осуществлялось после магнитного анализа телескопом сцинтилляционных счетчиков по их пробегу.

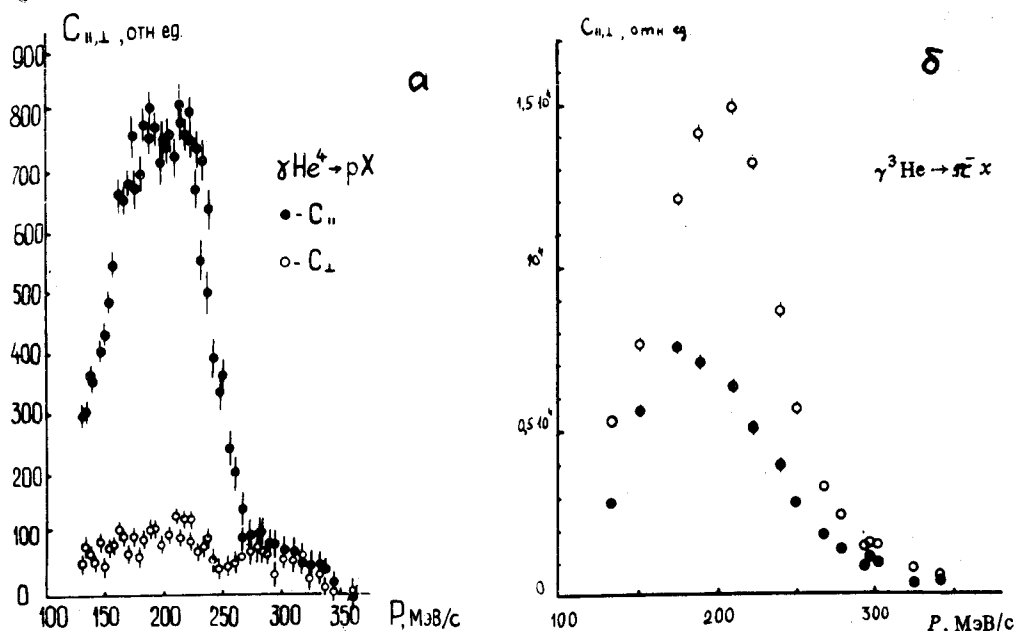


Рис. 1. а – Спектры протонов из реакции $\gamma^4 \text{He} \rightarrow pX$ для $E_\gamma = 60$ МэВ, полученные в результате вычитания спектров для ориентированного и разориентированного кристалла, \bullet – вектор поляризации пучка параллелен плоскости реакции; \circ – вектор поляризации пучка перпендикулярен плоскости реакции. б – Спектры пионов из реакции $\gamma^3 \text{He} \rightarrow \pi^- X$ для $E_\gamma = 350$ МэВ, обозначения те же

В эксперименте измерялись выходы частиц $(p, \pi) C_{||, \perp, 0}(\theta, P, E_\gamma)$ в зависимости от импульса из мишени ⁵, заполненной жидким гелием-3 или гелием-4, для трех ориентаций кристалла, когда вектор поляризации пучка направлен параллельно (перпендикулярно) плоскости реакции и для разориентированного кристалла (аналог аморфной мишени той же толщины). Спектры частиц, обусловленные монохроматическими фотонами получались в результате вычитания спектральных распределений, полученных при ориентированном $C_{||, \perp}$ и разориентированном C_0 кристалле. В качестве примера на рис. 1 приведены полученные в результате такого вычитания спектры протонов из реакции $\gamma^4 \text{He} \rightarrow pX$ для $E_\gamma = 60$ МэВ и π^+ -мезонов из реакции $\gamma^3 \text{He} \rightarrow \pi^+ X$ для $E_\gamma = 350$ МэВ. Видно, что выходы реакций существенно зависят от направления вектора поляризации.

Величина асимметрии определялась так же как и в ⁴ через значения выходов $\bar{C}_{||, \perp}(\theta, E_\gamma)$, получаемых после интегрирования спектров протонов и пионов (рис. 1) по импульсам

$$\Sigma(\theta, E_\gamma) = \frac{1}{\mathcal{P}} \frac{\bar{C}_{||}(\theta, E_\gamma) - \bar{C}_{\perp}(\theta, E_\gamma)}{\bar{C}_{||}(\theta, E_\gamma) + \bar{C}_{\perp}(\theta, E_\gamma)},$$

где \mathcal{P} – среднее значение поляризации интерференционной части КТИ получаемое усреднением расчетного спектрального распределения поляризации. Значения асимметрии реакций ⁽¹⁾ приведены на рис. 2 вместе с асимметрией реакций $\gamma d \rightarrow pn$ и $\gamma^6 \text{Li} \rightarrow pX$, измеренной в ⁴ в этих же самых кинематических условиях. Видно, что асимметрии инклюзивных реак-

ций с выходом протонов имеют энергетическое поведение совпадающее с энергетической зависимостью асимметрии реакции $\gamma d \rightarrow pn$, что по-видимому, указывает на то, что механизм генерации протонов в данных условиях обусловлен поглощением фотонов нуклонными парами, волновая функция которых близка к волновой функции реального дейтрона. Этот механизм доминирует и при энергиях выше порога рождения пионов в той кинематической области, где выход от процессов фоторождения пионов запрещен кинематически (углы $\theta \geq 90^\circ$).

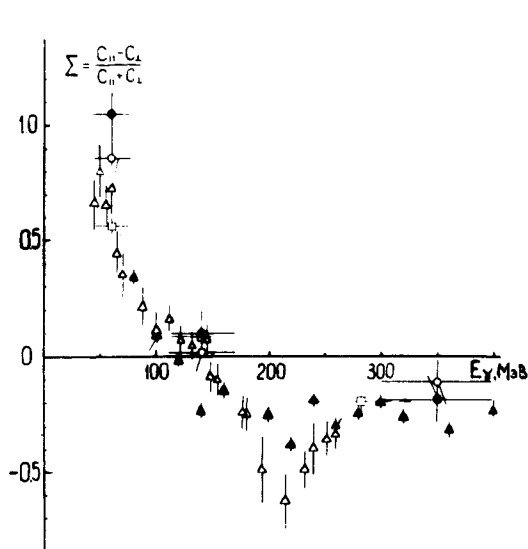


Рис. 2

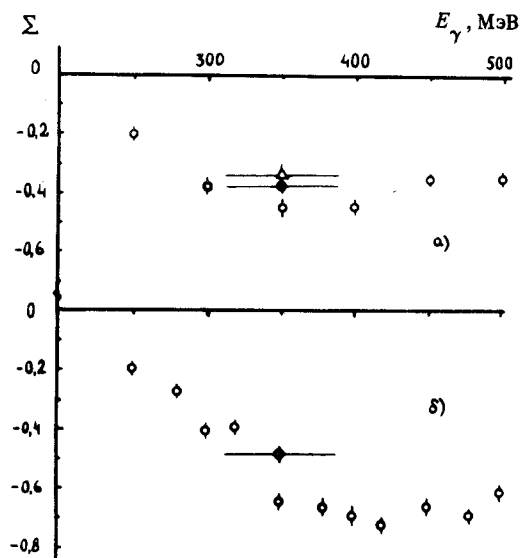


Рис. 3

Рис. 2. Энергетическая зависимость асимметрии реакции (1): \bullet — реакция $\gamma^3\text{He} \rightarrow px$; \circ — реакция $\gamma^4\text{He} \rightarrow px$; \square — реакция $\gamma^6\text{Li} \rightarrow px$; \triangle — реакция $\gamma d \rightarrow pn$; \blacktriangle — реакция $\gamma d \rightarrow pn$, данные ⁸ для $\theta = 105^\circ$ СЦИ

Рис. 3. Асимметрия реакций (2): а — \bullet — реакция $\gamma^3\text{He} \rightarrow \pi^- x$; \triangle — реакция $\gamma^4\text{He} \rightarrow \pi^- x$; \circ — реакция $\gamma n \rightarrow p\pi^-$, данные ⁶; б — \bullet — реакция $\gamma^3\text{He} \rightarrow \pi^+ x$; \circ — реакция $\gamma p \rightarrow n\pi^+$, данные ⁷

Величина асимметрии реакций (2) показана на рис. 3. Там же приведена асимметрия элементарных процессов $\gamma p \rightarrow n\pi^+$ и $\gamma n \rightarrow p\pi^-$, измеренная в ^{6, 7}. Видно, что асимметрия инклюзивных процессов (2) велика и практически совпадает с асимметрией реакций фоторождения пионов на свободных нуклонах. Небольшое отличие обусловлено по-видимому, тем, что значение асимметрии инклюзивных процессов относится к более широкому энергетическому интервалу. Результаты эксперимента указывают на то, что процесс одиночного поглощения фотонов происходит путем квазисвободного рождения пионов на нуклонах ядра, при этом эффекты, обусловленные связью нуклонов или взаимодействием в конечном состоянии невелики, либо существенно сокращаются в такой относительной величине, какой является асимметрия.

Литература

1. Kanazawa M, et al. Phys. Rev., 1987, C35, 1828.
2. Tamas G. Rapport DPh-N/Saclay n° 2377,08/1986.
3. Levinger J.S. Phys. Rev., 1951, 84, 13.
4. Ганенко В.Б., Гушин В.А., Жебровский Ю.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1987, 46, 216.
5. Беллев А.А. и др. ВАНТ. Сер: Общая и ядерная физика, 1986, 34, 69.

6. Ганенко В.Б. и др. ЯФ, 1974, 19, 1245.
7. Ганенко В.Б. и др. ЯФ, 1976, 23, 100.
8. Горбенко В.Г. и др. ЯФ, 1982, 35, 1073.

✶Харьковский физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
14 марта 1988 г.