

А-ЗАВИСИМОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ФОТОРОЖДЕНИЯ π^0 -МЕЗОНОВ НА ЯДРАХ ПОД МАЛЫМИ УГЛАМИ В ОБЛАСТИ R_{33} -РЕЗОНАНСА

А.С. Белоусов, Я.А. Ваздик, Е.И. Малиновский, С.В. Русаков, П.А. Смирнов, Ю.В. Соловьев, А.П. Усик,
А.Р. Теркулов, А.М. Фоменко

Приведены данные о А-зависимости дифференциального сечения фоторождения π^0 -мезонов на ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{27}\text{Al}$, Cu , Cd (Cu , Cd – естественная смесь изотопов) для среднего угла вылета мезонов $\sim 10^\circ$ в с.ц.м. в диапазоне энергий $\sim 300 \div 500$ МэВ. Показано, что показатель А-зависимости существенно меняется при учете различия в измеренных точках форм-факторов ядер и углов вылета мезонов.

Измерение зависимости сечения фоторождения π^0 -мезонов на ядрах от атомного номера (А-зависимости) может дать информацию о взаимодействии π^0 -мезонов с ядром в конечном состоянии. В [1] были измерены инклюзивные сечения фоторождения π^0 -мезонов на ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{27}\text{Al}$, Cu , Cd (Cu , Cd – естественная смесь изотопов) в диапазоне энергий $\sim 300 \div 500$ МэВ для среднего угла вылета мезонов $\sim 10^\circ$ в с.ц.м. В этом случае переданные ядру импульсы малы ($\sim 0,3$ Фм $^{-1}$) и в сечении должен доминировать процесс упругого когерентного фоторождения. При этом когерентно складываются амплитуды фоторождения на отдельных нуклонах ядра, и сечение пропорционально квадрату числа нуклонов, участвующих в процессе фоторождения ($\sim A^2$). Простая модель когерентного фоторождения π^0 -мезонов на ядрах со спином ноль и с равным числом протонов и нейтронов дает для сечения в рамках импульсного приближения с плоскими волнами следующее выражение [2]:

$$d\sigma/d\Omega_K = A^2 |F_2^\dagger|^2 |F(p)|^2 \sin^2 \theta, \quad (1)$$

где А – атомный номер; F_2^\dagger – спин-независимая изовекторная амплитуда фоторождения π^0 -мезонов на нуклоне; $F(p)$ – форм-фактор ядра; p – переданный ядру импульс; θ – угол вылета мезона в с.ц.м.

Выражение (1) не учитывает взаимодействие π^0 -мезонов с ядром в конечном состоянии. Учет взаимодействия π^0 -мезонов с ядром должен изменить характер А-зависимости. В предельном случае сильного поглощения, когда длина свободного пробега π^0 -мезонов в ядерном веществе много меньше размеров ядра, в процессе фоторождения могут эффективно участвовать лишь поверхностные нуклоны, и зависимость от атомного номера была бы близка к $\propto A^{4/3}$. При неполном поглощении должен реализоваться промежуточный вариант А-зависимости. В предположении, что сечение на ядре $d\sigma/d\Omega_A$ связано с сечением на водороде $d\sigma/d\Omega_H$ соотношением

$$d\sigma/d\Omega_A = A^a d\sigma/d\Omega_H, \quad (2)$$

была построена для измеренных сечений зависимость показателя a от энергии γ -квантов. Она показана на рис. 1 сплошной линией. (Там же приведено значение показателя a для энергии ~ 300 МэВ, полученное ранее [3] с использованием лишь выходов реакций.) Как видно из рисунка, a мало отличается от единицы и слабо растет с энергией. Следует иметь в виду, что в измеренных сечениях присутствует вклад от неупругих некогерентных процессов. В случае некогерентных процессов складываются сечения фоторождения на отдельных нуклонах, и суммарное сечение пропорционально числу нуклонов А, участвующих в процессе фоторождения. В случае сильного поглощения и поверхностного рождения следует ожидать для неупругого сечения зависимость от числа нуклонов, близкую к $\sim A^{2/3}$. Оценить вклад неупругих процессов в измеренное сечение можно, используя теорему полноты. Пренебрегая различием в сечениях фоторождения на протоне и нейтроне, некогерентное сечение можно записать в виде [4]:

$$d\sigma/d\Omega_{\text{HK}} = A [1 - F(p)] d\sigma/d\Omega_p, \quad (3)$$

где $d\sigma/d\Omega_p$ – сечение фоторождения на протоне.

Вклад неупругого сечения, как видно из сравнения (1) и (3), наиболее существен для легких ядер и приблизительно составляет долю $1/A$ от упругого сечения. Для оценки вклада неупругого фоторождения мы считали, что соотношение упругого и неупругого сечений в измеренном сечении дается выражениями (1) и (3). При этом для ядра углерода, например, вклад неупругого сечения в измеренное сечение составляет $8 \div 18\%$ в диапазоне энергий $313 \div 488$ МэВ. Неупругое сечение было вычтено из суммарного и для полученного таким образом упругого сечения были определены параметры зависимости вида (2). На рис. 1 пунктирной линией показана зависимость показателя a от энергии для этого случая. Как видно, учет вклада неупругих процессов увеличивает показатель a до величины $\sim 1,02 \div 1,12$. Однако, как следует из (1), для определения характера A -зависимости когерентного сечения надо учесть возможные различия в измеренных точках форм-факторов ядер и углов вылета мезонов. Для этого мы предположили, что и в случае взаимодействия π^0 -мезонов с ядром в конечном состоянии когерентное сечение описывается выражением (1), где, однако, показатель у массового числа A отличен от 2. Показатель a можно оценить, используя выражение

$$(d\sigma/d\Omega_{A_2} F_1^2(p_1) \sin^2 \theta_1) / (d\sigma/d\Omega_{A_1} F_2^2(p_2) \sin^2 \theta_2) = (A_2/A_1)^a,$$

связывающее сечения на ядрах с массовыми числами A_2 и A_1 (различием амплитуд F_2^+ в измеренных точках здесь можно пренебречь). Зависимость a от энергии для этого случая показана на рис. 1 штрих-пунктирной линией. Как видно, показатель a здесь увеличивается еще больше и меняется приблизительно от 1,04 до 1,55 с ростом энергии от 313 до 488 МэВ. Этот рост связан, вероятно, с увеличением прозрачности ядерного вещества для π^0 -мезонов с ростом энергии.

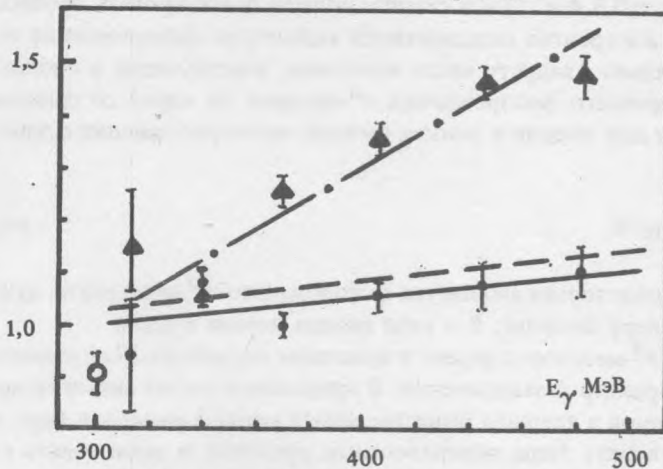


Рис. 1. Зависимость от энергии γ -квантов показателя A -зависимости a дифференциального сечения фоторождения π^0 -мезонов для угла вылета мезонов $\sim 10^\circ$ в с.ц.м. Сплошная кривая – для измеренного инклюзивного сечения фоторождения; пунктирная кривая – для измеренного сечения за вычетом вклада неупругого процесса; штрих-пунктирная кривая – для упругого сечения с учетом различия в измеренных точках форм-факторов ядер и углов вылета мезонов. (Показанное на рис. 1 значение a для энергии 300 МэВ (точка о) получено ранее [3] с использованием лишь выходов реакций.)

Таким образом, из проведенного анализа видно, что определение A -зависимости тесно связано с используемой моделью фоторождения. Более корректный учет вклада неупругого фоторождения и использование более адекватной модели фоторождения, учитывающей взаимодействие π^0 -мезона с ядром в конечном состоянии (в частности, замена упругого форм-фактора на "искаженный" форм-фактор), может изменить значение показателя A -зависимости когерентного сечения фоторождения, полученного таким путем из экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А. С. и др. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Общая и ядерная физика, вып. 2 (35), 12 (1986).
2. Engelbrecht C. A. Phys. Rev., 133, B988 (1964).
3. Белоусов А. С. и др. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Общая и ядерная физика, вып. 1 (11), 6 (1980).
4. Глаубер Р. УФН, 103, 641 (1971).

Поступила в редакцию 11 октября 1986 г.