

УДК 539.17

**ОЦЕНКА ВКЛАДА ПРОДОЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ФОТОНОВ ДЛЯ
ЭКСПЕРИМЕНТА «ДЕЙТРОН»**М.Я. Кузин, А.Ю. Логинов

Научный руководитель: д.ф.-м.н. В.В. Гаузштейн

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: myk6@tpu.ru**ESTIMATION OF THE CONTRIBUTION OF THE LONGITUDINAL POLARIZATION OF
PHOTONS FOR THE "DEUTERON" EXPERIMENT**M.Ya. Kuzin, A.Yu. Loginov

Scientific Supervisor: Ph.D V.V. Gauzshtein

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: myk6@tpu.ru

***Annotation.** In this paper, we have estimated the contribution of longitudinally polarized photons to the reaction of single photoproduction of a π^0 -meson on a deuteron in order to assess the possibility of passing to a theoretical consideration from the reaction of pion electroproduction to the photoproduction reaction. The contribution of photons was estimated using the limitations in the 2002 «DEUTERON» experiment at the VEPP-3 BINP SB RAS.*

Введение. Эксперименты по изучению фотореакций на тензорно-поляризованных дейтронах ведутся на в ИЯФ СО РАН уже более 30 лет. Одним из изучаемых каналов реакций в этих экспериментах является реакции фоторождения пионов на дейтронах. В частности, в работе [1] была измерена тензорная асимметрия фоторождения пи-минус мезонов линейно-поляризованными фотонами, в работе [2] измерены компоненты тензорной анализирующей способности фоторождения нейтрального пи-мезона на дейтронах, а в работе [3] измерены компоненты тензорной анализирующей способности фоторождения пи-минус мезона на дейтроне. Постановка этих экспериментов [1-3] не предполагала регистрацию рассеянного электрона и кинематика исследуемых реакций восстанавливалась в предположении рождения одного пи-мезона и полярного угла рассеяния электрона равном 0. Этот подход вполне оправдан, поскольку подавляющая часть событий соответствует такой кинематике. Однако, в отобранной таким методом экспериментальной статистике присутствует доля фотоном с продольной поляризацией. В работах [1-3] была применена грубая оценка таких фотонов, что сказывается на увеличении статистической ошибки.

В представленной работе проведена численная оценка вклада продольной поляризации фотонов в отобранную статистику эксперимента «ДЕЙТРОН» в ИЯФ СО РАН, проведенного в 2002-2003 гг.

Моделирование. Реакцию $ed \rightarrow e'\pi^0np$ в однофотонном приближении можно рассматривать как образование π^0 -мезонов виртуальными фотонами: $\gamma d \rightarrow \pi^0 np$. Тогда связь сечений электро- и фоторождения пионов на дейтроне можно записать как:

$$\frac{d\sigma_e}{dE_1 dE_2 d\Omega_1 d\Omega_2} = J \frac{N_e}{\omega_\gamma} \frac{d\sigma_\gamma}{dE_1 d\Omega_1 d\Omega_2}, \quad (1)$$

где N_e – спектр виртуальных фотонов, J – кинематический множитель, ω_γ – энергия виртуального фотона, $E_{1,2}$ и $\Omega_{1,2}$ – энергия и телесные углы нуклонов. Переход к реакции фоторождения возможен, если вклад в сечение этой реакции от продольных фотонов стремится к нулю.

Кинематика реакции электророждения пиона в приближении однофотонного обмена очень похожа на кинематику реакции фоторождения, если заменить реальный фотон виртуальным с продольной и поперечной поляризацией:

$$\gamma^*(q) + d(p_d) \rightarrow \pi(p_\pi) + N_1(p_1) + N_2(p_2), \quad (2)$$

где переменные означают четырехмерные импульсы участвующих частиц, то есть $q = (q_0, \vec{q})$ четырехмерный импульс виртуального фотона, $p_d = (E_d, \vec{p}_d)$ – дейтрона, $p_\pi = (E_\pi, \vec{p}_\pi)$ – пиона, $p_i = (E_i, \vec{p}_i)$ – нуклонов ($i = 1, 2$), четырехмерный импульс фотона определен передачей четырехмерного импульса электрона в процессе рассеяния, то есть $q = k_e - k_{e'}$, где $k_e = (E_e, \vec{k}_e)$ и $k_{e'} = (E_{e'}, \vec{k}_{e'})$ означают четырехмерные импульсы электрона до и после рассеяния. Кинематика электронов будет рассматриваться в лабораторной системе отсчета, тогда как оценка матрицы реакции будет проводиться в системе центра масс (с.ц.м.) виртуального фотона и дейтрона; то есть все переменные, которые определяют матрицу реакции, относятся к с.ц.м., если не указано иное. В качестве независимых переменных для описания конечного состояния выберем в с.ц.м. импульс пиона $\vec{p}_\pi = (p_\pi, \theta_\pi, \varphi_\pi)$ и сферический угол $\Omega_p = (\theta_p, \varphi_p)$ относительного импульса $\vec{p} = (\vec{p}_1 - \vec{p}_2) / 2 = (p, \Omega_p)$ двух нуклонов с импульсами \vec{p}_1 и \vec{p}_2 соответственно. Значения импульса пиона в с.ц.м. и сферического угла относительного импульса нуклонов разыгрывались согласно закону нормального распределения.

С помощью метода обратной функции был реализован алгоритм розыгрыша значения угла рассеяния электрона $\theta_{e'}$ на интервале от 0 до 20 ° таким образом, что вероятность выпадения величины угла была обратно пропорциональна квадрату его значения. Также равномерно разыгрывалось значение энергии электрона после рассеяния от 0 до 2000 МэВ – начальной энергии электрона E_e до рассеяния.

Дифференциальное сечение реакции фоторождения пиона определяется выражением

$$\frac{d^3\sigma}{dE_{e'} d\Omega_{e'}} = \frac{\alpha_{\text{qed}}}{Q^4} \frac{k_{e'}}{k_e} (\rho_L f_L^{00} + \rho_T f_T^{00}), \quad (3)$$

где α_{qed} – постоянная тонкой структуры равная 137,04, f_L^{00} и f_T^{00} – компоненты структурной функции, определяемые двойной интерполяцией, для реакции фоторождения π^0 -мезона, $Q^2 = q_\mu^2$. Данные для структурных функций были взяты из работы [4].

Вклад продольных фотонов для кинематических условий эксперимента ДЕЙТРОН 2002 г. определялся как среднее арифметическое значение отношения

$$\frac{\rho_L f_L^{00}}{\rho_L f_L^{00} + \rho_T f_T^{00}}. \quad (4)$$

В условиях эксперимента «ДЕЙТРОН» 2002 г. нейтроны детектируются в верхнем плече детектора, протоны – в нижнем. Кинетическая энергия нейтронов регистрируется в пределах от 15 до 150 МэВ, полярный угол – от 50 до 90°, азимутальный угол – $0 \pm 30^\circ$. Кинетическая энергия протонов регистрируется в пределах от 50 до 200 МэВ, полярный угол – от 50 до 90°, азимутальный угол – $180 \pm 30^\circ$. Перевод компонентов четырехмерных импульсов нуклонов в лабораторной системе координат производился с помощью преобразований Лоренца. На рисунке 1 представлена общая схема эксперимента «ДЕЙТРОН».

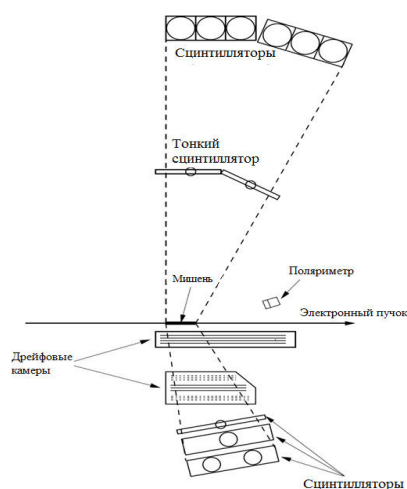


Рис. 1. Общая схема эксперимента

Результаты. Приведённый в данном отчёте алгоритм для вычисления вклада продольных фотонов был реализован на языке программирования C++ для 10^5 итераций. Численное значение вклада продольно поляризованных фотонов в сечение реакции составило 0.058%. Данным значением вклада можно пренебречь, следовательно, допустимо перейти к теоретическому рассмотрению от реакции электророждения к реакции фоторождения пиона на дейтроне.

Полученная методика расчета в дальнейшем позволяет оценивать вклад продольно поляризованных фотонов для других фотореакций на дейтроне и для различных кинематических условий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 22-22-00016.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gauzshtein V.V. et al. Measurement of a double spin asymmetry in the photoproduction of π^- -mesons on deuterons // European Physical Journal A – 2018. – V. 54., № 10. – P. 167.
2. Lukonin S.E. et al. Measurement of tensor analyzing power components for the incoherent π^0 -meson photoproduction on a deuteron // Nuclear Physics A – 2019. – V. 986. – P. 75
3. Gauzshtein V.V. et al. Measurement of tensor analyzing powers of the incoherent pion photoproduction on a deuteron Measurement of tensor analyzing powers of the incoherent pion photoproduction on a deuteron // Nuclear Physics A – 2017. – V. 968. – P. 23
4. Tamman M. et al. Incoherent single pion electroproduction on the deuteron with polarization effects // Physical Review C – 2006. – V. 74. – P. 044001