

~~SU7600975~~ SU7600955

ԵՐԵՎԱՆԻ ԶԻՉՐԿԱՅԻՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՄ ՆԱՍԻՆԵ ՏՈՅԵՐԻՆԵ

ЕФИ-87(74)

В.А.Вартанян, С.Р.Геворкян

УЧЕТ ДВУКРАТНЫХ ПЕРЕРАССЕЯНИЙ В

ПРОЦЕССЕ $\gamma\text{He}^+ \rightarrow \pi^+\text{He}^+$



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение БФМ -87 (74)

В.А.ВАРТАНЯН, С.Р.ГЕВОРКЯН

УЧЕТ ДВУКРАТНЫХ ПЕРЕРАССЕЯНИЙ В
ПРОЦЕССЕ $\gamma\text{He}^+ \rightarrow \pi^+\text{He}^+$

Ереван 1974

В.А.ВАРТАНЯН, С.Р.ГЕВОРКЯН

УЧЕТ ДВУКРАТНЫХ ПЕРЕРАССЕЯНИЙ В
ПРОЦЕССЕ $\gamma \text{He}^4 \rightarrow \pi^0 \text{He}^4$

Проведен учет двукратных перерассеяний π^0 -мезонов в реакции $\gamma + \text{He}^4 \rightarrow \pi^0 + \text{He}^4$ с учетом спиновой структуры элементарных амплитуд. Учет перерассеяний приводит к поправкам, уменьшающим дифференциальные сечения на 20% и более в зависимости от переданного импульса. Спиновые эффекты приводят к поправкам, не превышающим 1%.

Ереванский физический институт
Ереван 1974.

Scientific Report ЕФИ-87(74)

V.A.VARTANIAN, S.R.GEVORKIAN

ACCOUNT OF DOUBLE RESCATTERING IN THE
REACTION $\gamma \text{He}^4 \rightarrow \pi^0 \text{He}^4$

The double re-scattering of π^0 mesons in the reaction $\gamma + \text{He}^4 \rightarrow \pi^0 + \text{He}^4$ are considered with the account of the spin structure of amplitudes on single nucleon.

The account of these re-scatterings leads to corrections which reduce the differential cross sections on 20% and higher in the dependence of momentum transfer. The corrections due to the spin effects are smaller than 1%.

Yerevan Physics Institute

Yerevan, 1974

© Ереванский физический институт, 1974

В работе [1] была предложена физическая программа по измерению сечения фоторождения π^0 -мезонов на ядрах гелия.

В настоящее время на ускорителе "АРУС" планируется экспериментальное осуществление этого проекта, ввиду чего определенный интерес представляет анализ приближений делаемых авторами [1] при рассмотрении процесса $\gamma + He^4 \rightarrow \pi^0 + He^4$ (I). Одним из приближений, используемых в работе [1] (см. также [2]), является пренебрежение поправками на перерассеяние π^0 -мезона в ядре (импульсное приближение). Целью настоящей работы является последовательный учет поправок на перерассеяние и оценка влияния этого эффекта на величину дифференциального сечения процесса (I).

Амплитуду интересующего нас процесса представим в виде суммы $F = F^K \pm F^Я$, где F^K есть амплитуда фоторождения π^0 -мезона в кулоновском поле ядра (эффект Примакова), а $F^Я$ соответствует ядерной части полной амплитуды. Выражение для кулоновской части амплитуды хорошо известно, и поэтому в дальнейшем мы будем интересоваться лишь ядерной частью $F^Я$. Для вычисления этой величины воспользуемся аппаратом теории многократных перерассеяний, которая оправдана в области энергий и углов при которых планируется проведение эксперимента ($E_\gamma = 2-4$ Гэв, $\theta \lesssim 10^\circ$). Ограничиваясь двукратными перерассеяниями π^0 -мезонов, ядерную часть амплитуды когерентного процесса $\gamma + He^4 \rightarrow \pi^0 + He^4$ можно пред-

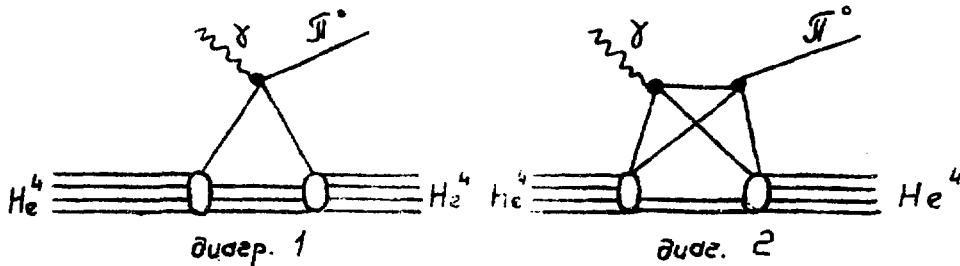
стандартном виде.

$$T_{\gamma N \rightarrow \pi^0 N} = \frac{K}{2\pi^2} \int d^3 \vec{z} e^{i \vec{q} \cdot \vec{z}} d^2 \vec{b} |\phi(\vec{z}_1, \dots, \vec{z}_n)|^2 d\vec{z}_1 \dots d\vec{z}_n e^{i \Delta z_j} \cdot$$

$$\Gamma(\vec{b} - \vec{s}_0) \left(1 - \sum_j \Gamma_{\pi^0 \pi^0}(\vec{b} - \vec{s}_j) \theta(z_j - z_j) \right). \quad (I)$$

В этом выражении $\phi(\vec{z}_1, \dots, \vec{z}_n)$ есть волновая функция основного состояния ядра He^4 , $\Delta = \frac{m_{\pi^0}}{2k}$ — минимальная продольная передача импульса в реакции $\gamma + N \rightarrow \pi^0 + N$, а $\Gamma(\vec{b} - \vec{s}) = \frac{1}{2\pi i k} \int f(\Delta) e^{i \vec{\Delta}(\vec{b} - \vec{s})} d^2 \Delta$ функции профиля, представляющие собой двумерные Фурье-образы амплитуд рассеяний $f(\Delta)$, соответствующие процессам $\gamma + N \rightarrow \pi^0 + N$ и $\pi^0 + N \rightarrow \pi^0 + N$.

В рассматриваемой области энергий $\Delta \ell \ll 1$ ($\ell = \frac{1}{6\beta_0}$ — длина свободного пробега π^0 -мезона), и поэтому с хорошей точностью можно считать, что $\Delta = 0$. Слагаемым в (2) соответствуют диаграммы 1 и 2



Кроме диаграммы 2, в принципе возможны вклады от таких процессов, когда фотон рождает некоторый мезон, который на втором нуклоне образует π^0 -мезон. Таким процессом могло бы быть рождение ρ^0 -мезонов, которые интенсивно образуются в рассматриваемой области энергий, однако их вклад сильно подавлен ввиду большой массы ρ^0 -мезонов. (Продольная передача, необходимая для их рождения $\Delta_{\parallel \rho} = \frac{m_{\rho}^2}{2k}$, велика, что приведет к развалу ядра и наруше-

нии когерентности). Что касается процессов типа перезарядки, например, $\gamma N \rightarrow \pi^{\pm} N \rightarrow \pi^{\circ} N$, то их вклад в амплитуду рассматриваемого процесса подавлен из-за малости соответствующих амплитуд. Как известно, ядро гелия представляет собой систему из двух протонов в S -состоянии и двух нейтронов в S -состоянии. Волновую функцию такого ядра можно записать в виде

$$\begin{aligned} \phi(\vec{z}_1, \dots, \vec{z}_4) &= \Psi(\vec{z}_1, \dots, \vec{z}_4) \chi_p(0) \chi_n(0) \\ \Psi(\vec{z}_1, \dots, \vec{z}_4) &= N e^{-\frac{\sum z_i^2}{2R^2}} \end{aligned} \quad (2)$$

$R^2 = \frac{2}{3} \langle z_{e.m} \rangle^2$, $\langle z_{e.m} \rangle \approx 1.6 f$, а N — определяемая из условия нормировки $\int |\Psi(\vec{z}_1, \dots, \vec{z}_4)|^2 d^3z_1 \dots d^3z_4 = 1$.

Антисимметризованная спиновая часть волновой функции

$$\chi_{p(n)}(0) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\alpha_1 \beta_2 - \beta_1 \alpha_2), \quad \alpha = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \beta = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Амплитуда процесса $\gamma + N \rightarrow \pi^{\circ} N$ в системе центра инерции

имеет вид

$$\begin{aligned} f(\gamma N \rightarrow \pi^{\circ} N) &= a_1(\Delta) \vec{\Delta} (\vec{E} \times \vec{K}) + i a_2(\Delta) (\vec{E} \vec{E}) + \\ &+ i a_3(\Delta) (\vec{E} \vec{K}) (\vec{E} \vec{\Delta}) + i a_4(\Delta) (\vec{E} \vec{\Delta}) (\vec{E} \vec{\Delta}), \end{aligned} \quad (3)$$

где \vec{E} и \vec{K} — векторы поляризации и импульса фотона, а $\vec{\Delta}$ — переданный нуклону импульс. Мы не делаем различия между фоторождением на нейтроне и протоне, так как нас интересует область малых переданных импульсов. Для амплитуды процесса $\pi N \rightarrow \pi N$ имеет место аналогичное разложение:

$$f(\pi N \rightarrow \pi N) = b_1(\Delta) + i (\vec{E} \vec{\pi}) b_2(\Delta) \quad (4)$$

$\vec{n} = \vec{p} \times \vec{\Delta}$ — вектор перпендикулярный плоскости реакции. Подставляя выражения (2-4) в исходную формулу (1), после несложных, но громоздких вычислений можно получить:

$$F^{\text{Я}} = F^{\circ} - \delta F \quad (5)$$

$$F^{\circ} = 4a_1(q) [\vec{\epsilon} \times \vec{k}] \vec{q} e^{-\frac{q^2 R^2}{4}}$$

$$\delta F = \frac{[\vec{\epsilon} \times \vec{k}] \vec{q}}{4KR^2} e^{-\frac{q^2 R^2}{8}} \left[3a_1(q) b_1(q) - \right.$$

$$\left. - \frac{2}{R^2} \left(\frac{2}{R^2} + \frac{q^2}{8} \right) b_2(q) a_1(0) \right].$$

Из результатов работы [3,4] следует, что в модели редже (с обменом) $a_1(q) = \frac{1}{4\pi} a_4^{\omega} \zeta_{\alpha\omega}$; $a_3(q) = ta(q) = \frac{ta_1^{\omega} \zeta_{\alpha\omega}}{4\pi (W+M)}$
 $\zeta_{\alpha\omega} = \alpha(\alpha+1) \cdot (\alpha+2) \frac{1 - e^{-i\pi\alpha}}{\sin \pi\alpha} \left(\frac{2E}{M} \right)^{\alpha-1}$
 W — полная энергия \sqrt{N} в с.п.и.

Величина F° представляет собой ядерную часть амплитуды процесса $\gamma + He^4 \rightarrow \pi^0 + He^4$ в импульсном приближении (см. также работу [1]). Поправка δF , возникшая в результате учета двукратных перерассеяний, состоит из двух слагаемых, имеющих простой физический смысл. Первое слагаемое в (7) соответствует процессу рождения, в результате которого не происходит переворота спина у нуклонов, на которых идет π^0 -мезон, и его упругое рассеяние. Второе слагаемое обусловлено фоторождением π^0 -мезона с последующим упругим перерассеянием, причем у обоих нуклонов переворачивается спин. Это происходит последовательно на двух протонах, либо двух нейтронах, иначе нарушится условие когерентности. Если воспользоваться реджевской параметризацией амплитуд $b_1(q)$ и $b_2(q)$ из работы [5], то нетрудно видеть, что второе слагаемое в (7) даёт вклад в δF , не превышающий 5%, что позволяет пренебрегать им при численных оценках. Полная поправка δF уменьшает ядерную

часть амплитуды на 10% (20% в сечении), причем с ростом переданного импульса её относительный вклад в сечение растёт. На рис. 1, 2, 3 приведены значения дифференциальных сечений процесса $\chi\text{He}^4 \rightarrow \pi^0\text{He}^4$ с учетом кулоновской части и поправок на перерассеяние δF . Как видно из приведенных кривых (пунктиром дается значения для сечений в импульсном приближении $\delta F = 0$), учет поправок на перерассеяние π^0 -мезона заметно меняет величину сечения как в области ядерного максимума ($\theta_{\text{max}} \sim \frac{1}{ER}$), так и в области интерференции кулоновской и ядерной амплитуд. С другой стороны, учет поправок на перерассеяние не приводит к перекрыванию кривых для сечений с разными знаками, что существенно для определения знака амплитуды распада $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$.

В заключение отметим, что на наш взгляд эксперимент необходимо проводить в два этапа. Во-первых, необходимо измерить дифференциальное сечение в области ядерного максимума, что позволит определить величину вычета, обусловленного ω -обменом, после чего измерения в области интерференции позволят получить интересную информацию о знаке амплитуды процесса $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ и времени жизни π^0 -мезона.

Авторы выражают глубокую благодарность С.Г.Матиняну за неоднократные обсуждения и ценные замечания, а также И.Г.Азнаурян, Г.В.Григоряну и А.Н.Заславскому за обсуждения.

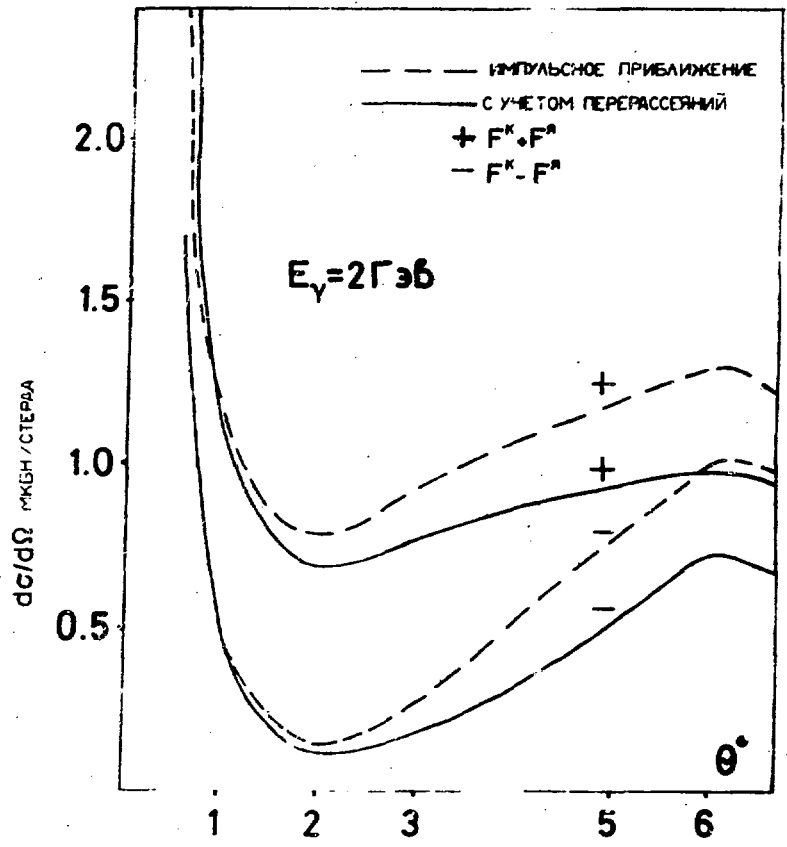


Рис.1.

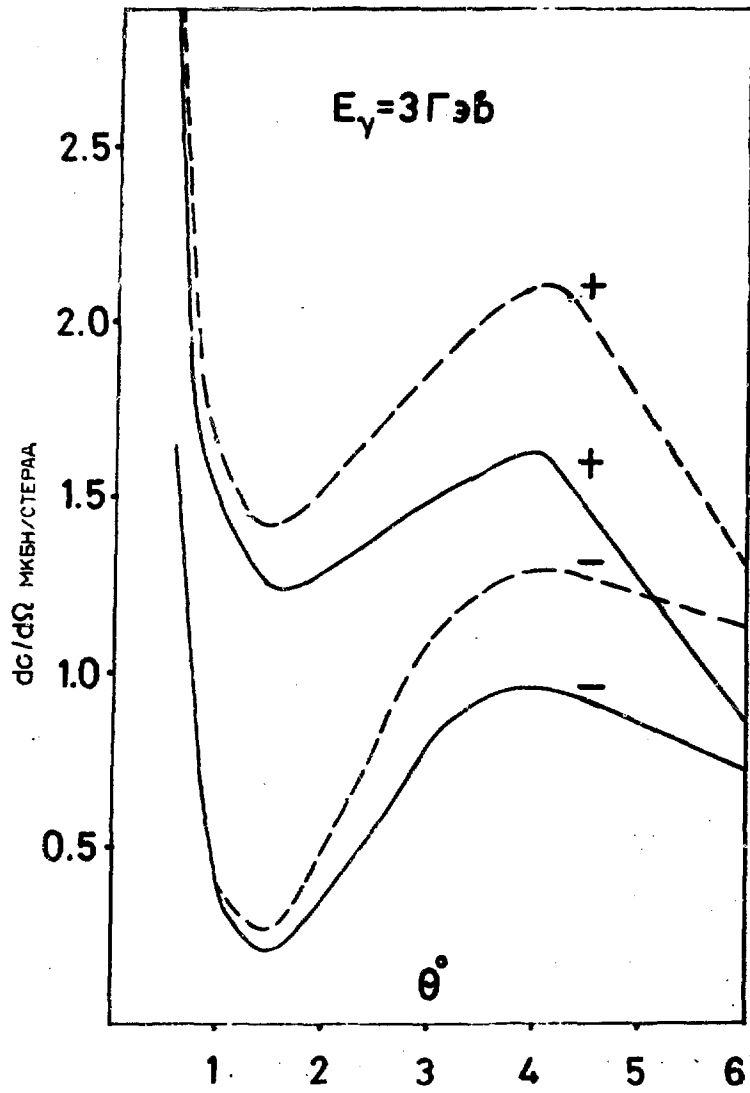


Рис.2.

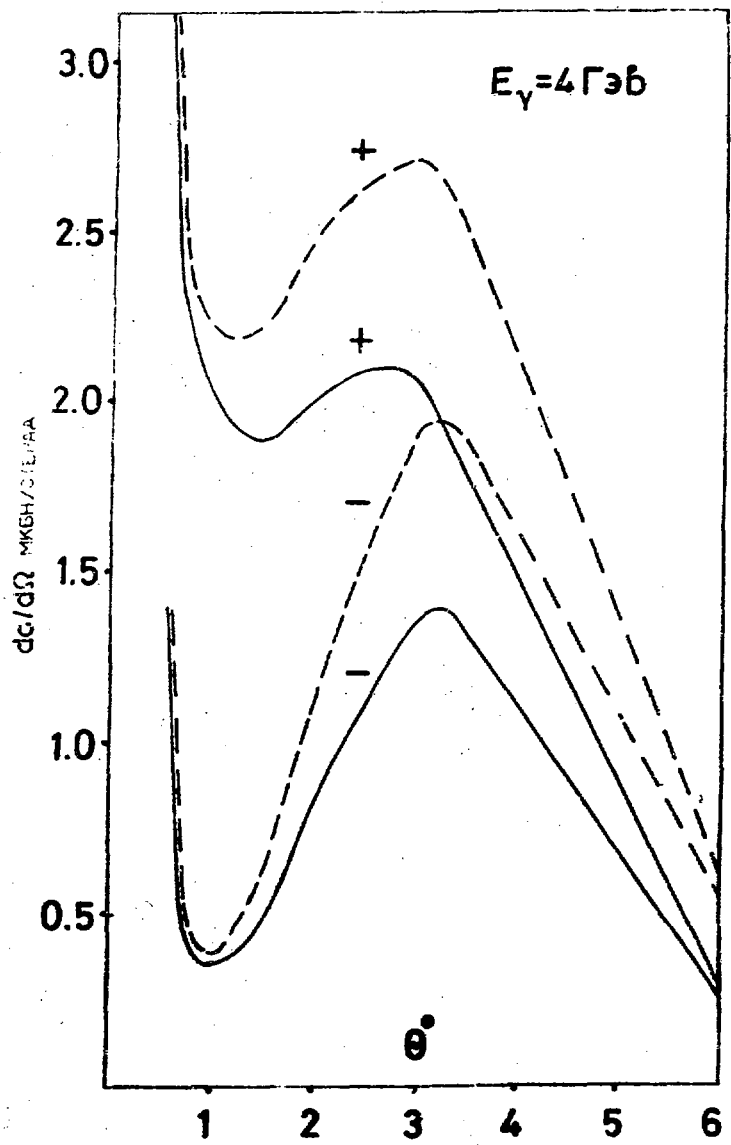


Рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Царев, М.И.Дайон, Ю.А.Раков. Препринт ФИАН 170, (1971).
2. Л.А.Григорян, В.А.Шахбазян. НС-ЕФИ-63(74).
3. J.P.Ader, M.Carpdeville, Ph.Salin Preprint CERN TH.803 (1967).
4. В.А.Царев. ЯФ 5 ,167, (1967).
5. В.Ю.Глебов, К.А.Тер-Мартirosян и др. Препринт ИТЭФ 699, ЯФ 10, 1065(1969).

Рукопись поступила 26-го июля 1974 г.



Редактор Л.П.Мукеян

Заказ 0909

ВФ-03408

Тираж 300

Подписано к печати I/XI-74г. Формат издания 30 x 40

0,8 уч.изд.л. Ц.5 к.

Отпечатано на ротепринтере
Ереванского физического института, Ереван 36, пер.Маркаряна 2