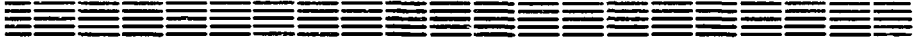




AM9900003

Թրաքիատ 1419(6)94

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



EFI--1419-6-94

Լ. Ա. ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Դ. Մ. ԷՆԲԱԿՅԱՆ

Ա
АСИМЕТРИЯ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ФОТОРОЖДЕНИЯ
ОДИНОЧНЫХ П-МЕЗОНОВ НА ЯДРЕ ${}^4\text{He}$ В ОБЛАСТИ
ЭНЕРГИИ 500 - 1200 МэВ

30 - 07

R

ԵՐԵՎԱՆ

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.

GRIGORIAN L.G., ELBAKIAN G.M

THE CROSS-SECTION ASYMMETRY OF SINGLE π -MESONPHOTOPRODUCTION REACTIONS ON ${}^4\text{He}$ NUCLEUS IN THE 500-1200MeV ENERGY REGION

In the pulsed approximation the cross-section asymmetry of single π -meson photoproduction reactions is considered, without registration of fragment nucleus in the "second" and "third" resonance region. High sensibility of asymmetry towards the amplitude structure $\gamma N - \pi N$ is shown. Polarized experiments on ${}^4\text{He}$ nucleus as an additional source of information in case of multipoled analysis' conducting are suggested.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1994

Երևանի 1419(6)94

Լ.Ա.Գրիգորյան, Գ.Մ.Էլբակյան

${}^4\text{He}$ միջուկների վրա միայնակ π -մեզոնների ֆոտոծնման կտրվածքի ոչ սիմետրիկությունը 500-1200 ՄեՎ էներգիաների տիրույթում:

Իմպուլսային մոտարկման մեջ հաշվարկված է միայնակ π -մեզոնների ֆոտոծնման ռեակցիայի կտրվածքի ոչ սիմետրիկությունը ${}^4\text{He}$ միջուկների վրա, առանձ վերջնական վիճակում «երկրորդ» և «երրորդ» ռեզոնանսների տիրույթում միջուկի ֆրագմենտի գրանցման: Ցույց է տրված ոչ սիմետրիկության բարձր զգայունակությունը $\gamma N - \pi N$ ամպլիտուդայի կառուցվածքի նկատմամբ:

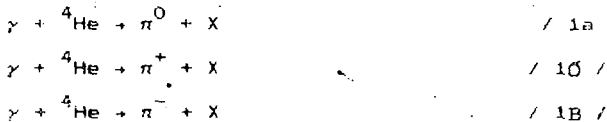
Առաջարկվում է ${}^4\text{He}$ միջուկի վրա մուլտիբոնոային անալիզների ժամանակ իբրև ինֆորմացիայի լրացուցիչ աղբյուր օգտագործել բեռեացման գիտափորձերը:

Երևանի Ֆիզիկայի Ինստիտուտ
Երևան 1994

Исследование фоторождения одиночных π -мезонов на ядрах позволяет получить важную информацию как об амплитуде реакции фоторождения на нуклонах, так и о структуре ядра. Наиболее подходящими объектами изучения являются легкие и легкие ядра (d , ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$) используемые в качестве мишени. Это обусловлено тем, что, во-первых, малонуклонные системы лучше изучены теоретически и, во-вторых, взаимодействие в конечном состоянии в данном случае меньше, т. е. в достаточно широкой области углов применимо импульсное приближение.

Среди легких ядер наиболее исследованным, с теоретической точки зрения и подходящим, в качестве мишени, является ядро ${}^4\text{He}$, структура которого в основном установлена и представляет из себя конфигурацию из четырех нуклонов в $1S$ состоянии (с малыми добавками в виде многокварковых конфигураций и т.д.). В настоящее время область "первого" резонанса исследована наиболее полно, как в теоретическом, так и в экспериментальном плане (можно сказать, что в последние десятилетия в физике высоких энергий возникло новое направление - "физика Δ -резонанса"), в то время как область "второго" и "третьего" резонансов практически не исследована.

Целью данной работы было проведение расчета угловой и энергетической зависимости асимметрии сечения фоторождения π -мезонов на ядре ${}^4\text{He}$ следующих реакций:



(отметим, что при этом регистрируемое состояние не содержит π -мезонов) в области энергии фотона $E_\gamma = 500 - 1200$ МэВ и углов вылета π -мезона в с.ц.к. $\pi + N \theta^* < 90^\circ$.

Выбирая в качестве наблюдаемой дифференциальные сечения реакций / 1а - 1в / с неполяризованными фотонами, мы бы пришли к необходимости учета всевозможных поправок, которые с одной стороны усложняют расчеты, а с другой стороны делают их модельно зависимыми. Если же в качестве наблюдаемой выбрать асимметрию сечения этих реакций с линейно-поляризованными фотонами и ограничиться областью углов вылета π -мезона $\theta^C < 90^\circ$, то теоретические расчеты выполненные в импульсном приближении будут достаточно точны. Отметим, что и с экспериментальной точки зрения измерение асимметрии более предпочтительно, так как приводит к сокращению некоторых систематических ошибок.

В настоящее время экспериментальных данных по реакциям / 1а - 1в / в области энергий $E_\gamma = 500 - 1200$ МэВ нет, а в области "первого" резонанса измерена одна точка по реакции 1в [1]. Результаты этого эксперимента указывают на то, что процесс фотообразования происходит путем квазисвободного рождения π -мезонов на нуклонах ядра, при этом эффекты обусловленные связанным состоянием нуклонов в ядре или взаимодействием в конечном состоянии невелики или же существенно сокращаются при измерении асимметрии.

Выражения для дифференциальных сечений реакций / 1а - 1в /, в рамках импульсного приближения, полученные в приближении теоремы полноты и в пренебрежении эффектами отдачи имеют вид [2,3,4]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} (\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + \chi) = 16 |L^{(+)}|^2 F_{4\text{He}}(\Delta) + 4 [|K^{(+)}|^2 + |K^{(0)}|^2 + |L^{(+)}|^2 + |L^{(0)}|^2] (1 - F_{4\text{He}}(\Delta)) \quad /2а/$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} (\gamma + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^+ + \chi) = 2 |K_p|^2 (1 - F_{4\text{He}}(\Delta)) + 2 |L_p|^2 (1 + F_{4\text{He}}(\Delta)) \quad /2б/$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} (\gamma \text{ } ^4\text{He} + \pi^- \text{X}) = 2 |K_n^+|^2 (1 - F_{4\text{He}}(\Delta)) + 2 |L_n^+|^2 (1 + F_{4\text{He}}(\Delta)) / 2B/$$

где $\Delta = k - q$; k и q - импульсы фотона и π -мезона; $K^+(\pm, 0)$, $L^+(\pm, 0)$ изовекторные (+) и изоскалярные (0) части зависящей и независящей от спина амплитуды фоторождения π^0 -мезона на нуклоне; K_p^+ , L_p^+ и K_n^+ , L_n^+ - зависящая и не зависящая от спина части амплитуды реакции $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ и $\gamma n \rightarrow \pi^- p$, соответственно.

Для линейно-поляризованного γ - кванта имеем [5]:

$$|L|^2 = 0.5(1 - \cos 2\varphi) \sin^2 \theta^C |F_2|^2$$

$$|K|^2 = |F_1|^2 - 2 \cos \theta^C \operatorname{Re}(F_1 F_2^*) + \cos^2 \theta^C |F_2|^2 + 0.5 \sin^2 \theta^C (1 + \cos 2\varphi) [|F_2|^2 + |F_3|^2 + |F_4|^2 + 2 \operatorname{Re}(F_1 F_4^* + F_2 F_3^* + \cos \theta^C F_3 F_4^*)]$$

где θ^C - угол между импульсом фотона и π - мезона в с.ц.и. системы $\pi + N$; φ - угол между плоскостью реакции и вектором поляризации фотона; F_i - амплитуда реакции $\gamma N \rightarrow \pi N$ [6]; $F_{4\text{He}}(\Delta)$ - формфактор ядра ^4He .

В данной работе, в качестве ядерных формфакторов мы использовали выражения, связанные с зарядовыми формфакторами, полученными из экспериментов по упругому рассеянию электронов на ядре ^4He , соотношением $F_{4\text{He}}(\Delta) = F_{ch}(\Delta) / F_p(\Delta)$, где $F_p(\Delta)$ - зарядовый формфактор протона.

Для проверки чувствительности величины асимметрии от вида формфактора мы провели расчеты для трех наиболее употребляемых, по литературным данным, формфакторов.

$$F_{4\text{He}}(\Delta) = \exp(tR^2/\delta) (1 - t/0.71)^2 \quad / 4 /$$

$$F_{4\text{He}}(\Delta) = |1 - (a^2 t)^6| \exp(b^2 t) (1 - t/0.71)^2 \quad / 5 /$$

$F_{4, He}(\Delta) = |\sin(cq)/5.02q| [1 + (q^2/d)^2]^{-2}; \quad q^2 = |t| \quad / 6 /$
 где $t = (q - k)^2$, а значения параметров равны: $\kappa^2 = 66.6$
 $(\text{ГэВ/с})^{-2}$ [7]; $a^2 = 2.58(\text{ГэВ/с})^{-2}$, $b^2 = 11.92(\text{ГэВ/с})^{-2}$ [8]; $c =$
 $5.02(\text{ГэВ/с})^{-1}$ и $d = 1.26 \text{ ГэВ/с}$ [9].

Асимметрия сечения фоторождения π - мезонов поляризованными фотонами определялась как

$$\Sigma = \frac{d\sigma_{\perp} - d\sigma_{\parallel}}{d\sigma_{\perp} + d\sigma_{\parallel}} \quad / 7 /$$

где $d\sigma_{\perp}$ ($d\sigma_{\parallel}$) - дифференциальные сечения рассматриваемой реакции, когда вектор поляризации фотона перпендикулярен (параллелен) плоскости реакции. При вычислении асимметрии были использованы результаты феноменологических мультипольных анализов [10,11]. Отметим, что эти анализы выполнены в одной и той же модели и дают близкие результаты для дифференциальных сечений фоторождения π - мезонов на нуклонах. Однако анализ [11] является более современным, т.к. использует большее количество экспериментальных данных и описывает более широкую энергетическую область. Тем не менее мы использовали оба анализа, чтобы проверить также и чувствительность ядерных мишеней к структуре амплитуд фоторождения пионов на нуклоне.

Результаты расчетов угловой и энергетической зависимости асимметрии сечения реакций $\gamma + N \rightarrow \pi + N'$ приведены на рис. 1 - 3, для четырех энергия фотона $E_{\gamma} = 500, 800, 1000$ и 1200 МэВ и двух углов рождения π - мезона в с.ц.и., $\theta^C = 20$ и 80° . Кривые 1,2,3 соответствуют результатам расчетов с анализом [10] и формфакторами /4-6/. Кривые 4,5,6 соответствуют результатам расчетов с анализом [11] с теми же формфакторами. При этом, следует отметить, что мы не претендуем на количественное описание в области углов $\theta^C > 90^{\circ}$, т.к.

отклонения от импульсного приближения здесь будут существенными. В работе [2] также был проведен расчет асимметрии сечения реакции /1а/, в аналогичной области энергий, с использованием анализа [10] и формфактора /4/, результаты которого хорошо согласуются с кривой 1 на рис 1.

Из рис.1 - 3 видно, что: 1) асимметрия сечения реакции /1б/ и /1в/ слабо зависит от ядерного формфактора, это же наблюдается и для реакции /1а/ в области энергий $E_\gamma > 1000$ МэВ; 2) асимметрия сечения всех трех рассмотренных реакций, в особенности при $E_\gamma > 1000$ МэВ очень чувствительна к структуре амплитуды фоторождения π -мезона на нуклоне. Этот результат является следствием структуры выражений /2а - 2в/. Так в выражении /2а/ элементы амплитуды реакции $\gamma N \rightarrow \pi N$ комбинируются иначе, чем на свободном нуклоне, к этому же добавляется разная зависимость от ядерного формфактора. Для выражений /2б/ и /2в/ структура амплитуды на ядре совпадает со структурой соответствующих реакций на нуклоне, однако ядерные формфакторы ослабляют спиновозависящую часть и усиливают спинонезависимую.

Таким образом, из настоящей работы видно, что поляризационные эксперименты на ядре ${}^4\text{He}$ могут быть использованы, как дополнительный источник информации при проведении мультипольных анализов процессов фоторождения π -мезонов на нуклонах. Отметим также, что рассматриваемые нами реакции не требуют регистрации в конечном состоянии ядра или его фрагментов, однако нерегистрируемое состояние не должно содержать π -мезонов. Такое требование необходимо, т.к. в области энергий $E_\gamma \approx 500 - 1200$ МэВ рождение двух или трех π -мезонов в конечном состоянии возможно и сечения их рождения сравнимы с сечениями рассматриваемых реакций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганенко В.Б., Гушин В.А., Жебровский Ю.В. и др. // Письма в ЖЭТФ, 1988, т.47, с.438.
2. Гах Г.И. // Изв.АН СССР, сер. физ. 1979, т.43, с.1014
3. Благовещенский В.В., Лебедев А.И. // ВАНТ, сер. физика высоких энергий и ат.ядра, вып.2(4), ХФТИ 73-10, Харьков, 1973, с.51.
4. Trefil I.S. // Phys.Rev., 1969, v.180, p.1366
5. Гах Г.И. // Укр.физ.ж., 1974, т.19, с.1914
6. Chew G.F., Goldberger M.L., Low F.E., Nambu Y. // Phys.Rev., 1957, v.106, p.1345.
7. Hofstadter R. // Rev.of Mod.Phys., 1956, v.28, p.214
8. Frosch R.F., McCarty J.S., Rand R.E., Yearian M.R. // Phys. Rev., 1967, v.160, p.874.
9. Vincignerra D., Stovall T. // Preprint L.A.L. - 1205, Dec.1968
10. Walker R.L. // Phys.Rev., 1969, v.182, p.1729.
11. Metcalf W.I., Walker R.L. // Nucl.Phys., 1974, v.B76, p.253.

Рукопись поступила 23 июня 1984 г.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1. Угловая и энергетическая зависимость асимметрии сечения (Σ) реакции $\gamma \text{ } ^4\text{He} \rightarrow \pi^0 \text{ X}$.

Рис.2. Угловая и энергетическая зависимость асимметрии сечения (Σ) реакции $\gamma \text{ } ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ \text{ X}$.

Рис.3. Угловая и энергетическая зависимость асимметрии сечения (Σ) реакции $\gamma \text{ } ^4\text{He} \rightarrow \pi^- \text{ X}$.

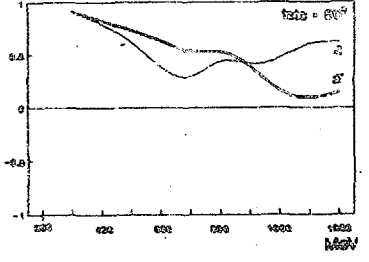
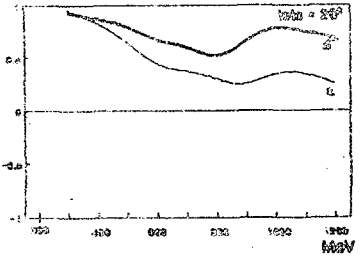
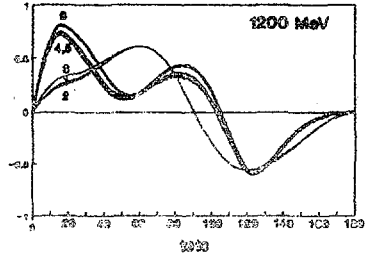
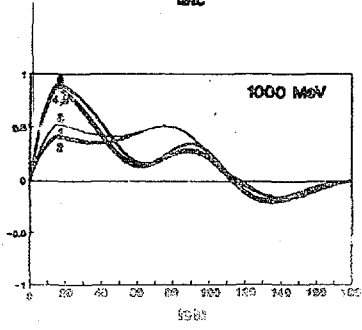
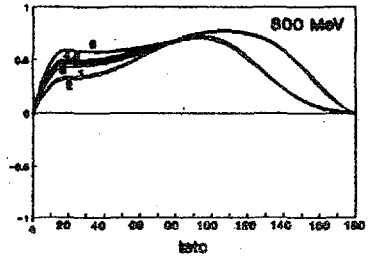
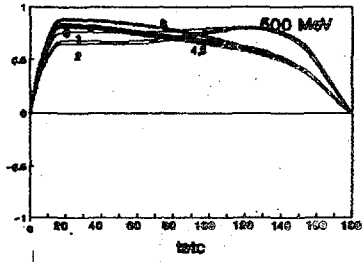


рис. I

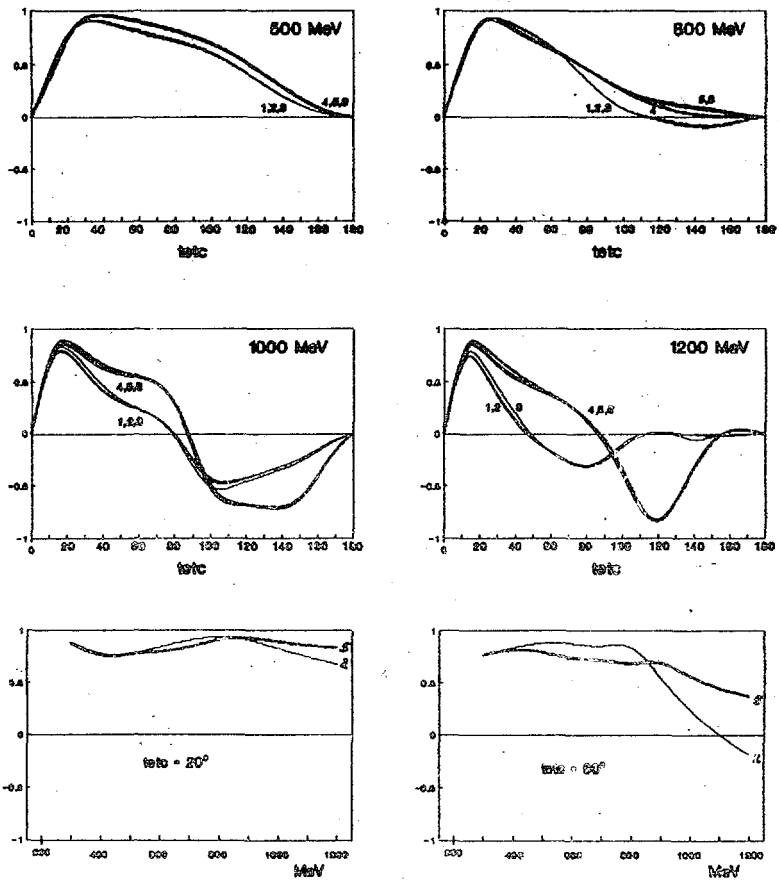


рис. 2

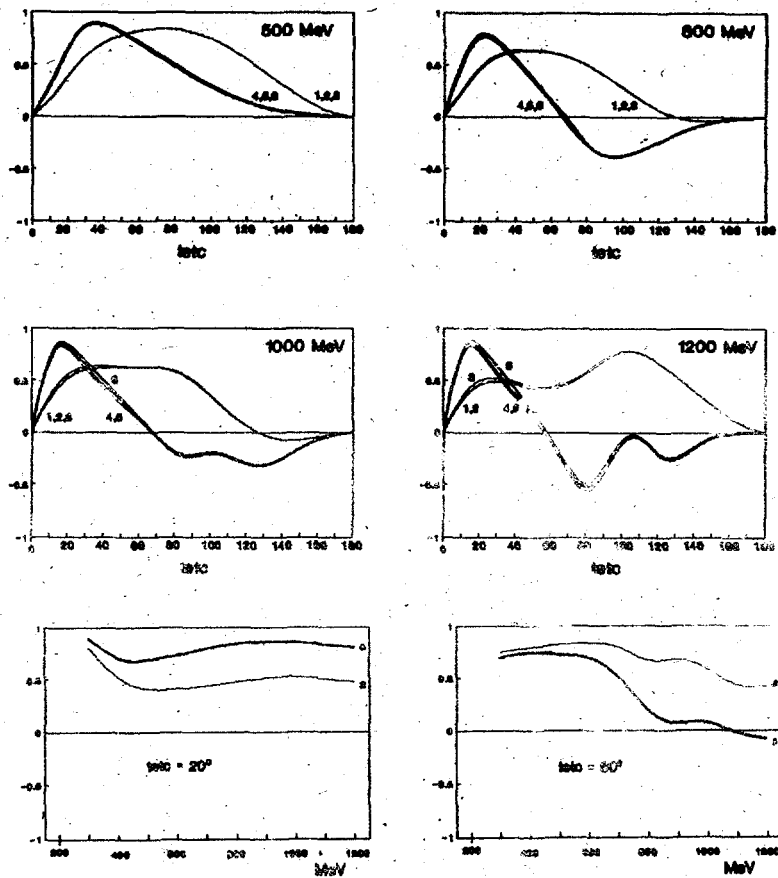


рис. 3

Л. А. ГРИГОРЯН, Г. М. ЭЛБАКЯН

Асимметрия сечения реакции фоторождения одиночных
П-мезонов на ядре ${}^4\text{He}$ в области энергии 500-1200 МэВ

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР А. С. АБРАМЯН

Подписано в печать 23/06/94
Офсетная печать Уч. изд. л. 0,5
Зак. тип. N 178

Формат 60x84/16
Тираж 100 экз.
Индекс 3649

Отпечатано в Ереванском Физическом Институте
Ереван 36, ул. Братьев Алиханян, 2

А Н Н О Т А Ц И Я

к статье Л.А. Григоряна и Г.М. Элбакяна "Асимметрия сечения реакции фоторождения одиночных π -мезонов на ядре ${}^4\text{He}$ в области энергии 500 - 1200 МэВ.

В импульсном приближении рассчитана асимметрия сечения реакции фоторождения одиночных π -мезонов на ядре ${}^4\text{He}$, без регистрации фрагментов ядра в конечном состоянии, в области "второго" и "третьего" резонансов. Показана высокая чувствительность асимметрии к структуре амплитуды $\gamma N - \pi N$. Предлагается использовать поляризационные эксперименты на ядре ${}^4\text{He}$ как дополнительный источник информации при проведении мультипольных анализов.