

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ ՆԱՍԿԻՆԵ ՏՈՅԵՇԻՄԵ

ЕФИ-72(74)

*Г.Л.Баятян, Г.С.Вартанян, Н.К.Григорян,
А.Т.Маргарян, А.И.Алиханян, А.М.Фролов
С.Г.Князян,*

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ АДРОННОГО
ФОТОПОГЛОЩЕНИЯ НА УГЛЕРОДЕ ДЛЯ
ЭНЕРГИИ 14-34 ГЭВ

АРՄՍ 
ԵՐԵՎԱՆ 1974 ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение БФМ-72(74)

Г.Л.БАЯТЯН, Г.С.ВАРТАНЯН, Н.К.ГРИГОРЯН
С.Г.КНЯЗЯН, А.Т.МАРГАРЯН, А.И.АЛИХАНЯН,
А.М.ФРОЛОВ

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ АДРОННОГО
ФОТОПОГЛОЩЕНИЯ НА УГЛЕРОДЕ ДЛЯ ЭНЕРГИИ 14+34 ГЭВ

Е р е в а н 1974

Г.Л.БАЯТЯН, Г.С.ВАРТАНЯН, Н.К.ГРИГОРЯН,
С.Г.КНЯЗЯН, А.Т.МАРГАРЯН, А.И.АЛИКНЯН х)
А.М.ПРОЛОВ^{xx)}

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ АДРОННОГО ФОТОПОГЛОЩЕНИЯ
НА УГЛЕРОДЕ ДЛЯ ЭНЕРГИИ 14 + 34 ГЭВ

Приводятся данные по измерению полных сечений адронного фотопоглощения ядрами углерода, полученные традиционным методом меченых гамма-квантов для пяти значений энергий в интервале 14 + 34 Гэв. Наблюдается медленный спад хода сечения с увеличением энергии, что указывает на наличие вклада ρ' -мезона в полное сечение.

Ереванский физический институт
Ереван 1974

Scientific Report ЕФИ-72(74)

G.L.BAYATYAN, N.K.GRIGORYAN, S.G.
KNYAZYAN, A.T.MARGARYAN, G.S.VAR-
TANYAN, A.I.ALIKHANIAN, A.M.FROLOV

MEASUREMENT OF TOTAL HADRONIC PHOTOABSORP-
TION CROSS SECTION ON CARBON FROM 14 to 34 GeV

The data on total cross section of hadronic photoproduction in carbon nuclei as obtained by conventional tagged photon method are given for five values of energy in 14-34 GeV interval. A slight drop of cross section with the increase in energy is observed, indicating the contribution of ρ' -meson to the total cross section.

Yerevan Physics Institute
Yerevan, 1974

х) ФМАН СССР

xx) МФБЭ

© Ереванский физический институт, 1974

Введение

Измерение полного сечения фотообразования адронов дает информацию, необходимую для выяснения природы взаимодействия γ -квантов с веществом. С одной стороны поведение сечения на нуклоне дает возможность выяснить вопросы, связанные с теорией Редже, кварковой модели и т.д., с другой — сечение взаимодействия γ -квантов с ядрами дает информацию о длине взаимодействия γ -кванта с нуклоном.

Согласно модели векторной доминантности — МВД [1,2], когда фотон взаимодействует с веществом через адронное состояние, может существовать эффект экранировки, т.е. уменьшение числа нуклонов, участвующих в процессе взаимодействия. Когда величина $R \sim \frac{2Ka}{m^2}$, т.е. расстояние, которое фотон проходит в адронном состоянии, намного больше пробега векторного мезона в ядре, во взаимодействии участвуют, в основном, нуклоны, лежащие на поверхности ядра. Тогда сечение взаимодействия будет зависеть от атомного числа вещества мишени как $\sigma_t \sim A^{2/3}$, а не $\sigma_t \sim A$, что имело бы место, если в процессе участвовали все нуклоны ядра.

Удобно работать с эффективным числом нуклонов

$$A_{эфф} = \sigma_t(\gamma A) / \sigma_t(\gamma N),$$

где $\sigma_t(\gamma A)$ и $\sigma_t(\gamma N)$ — полные сечения фотообразования адронов на ядре с атомным числом A и на нуклоне соответственно. Экспериментальные значения $A_{эфф}$, полученные в работах [3,4,5] лежат между $A_{эфф} = A$ и $A_{эфф} = A^{2/3}$. Наблюдается уменьшение величины $\frac{A_{эфф}}{A}$ с увеличением энергии γ -квантов до $(4 + 5)$ Гэв [3,4], затем постоянный ход до энергии 18 Гэв [5]. В этой области $\frac{A_{эфф}}{A}$ больше, чем предсказывается МВД с учетом ρ^0 , ω , ψ [5], что может быть объяснено существованием короткодействующего взаимодействия. Наличие такого взаимодействия говорит о существовании тяжелого векторного мезона ρ' , или о частичном нахождении γ -квантов в "голом" состоянии.

Предсказания этих двух моделей приводят [6] к омутому различному ходу кривых $A_{эфф}/A$ в области энергий выше 20 Гэв. В области энергии больше 20 Гэв существование ρ' предсказывает уменьшение $A_{эфф}/A$ с энергией, тогда как гипотеза существования фотонов в "голом" состоянии не предсказывает уменьшения $A_{эфф}/A$ с увеличением энергии

Методика и установка эксперимента

Для получения монохроматических γ -квантов применялся традиционный метод меченых фотонов [7].

Система мечения (рис.1) была построена на основе магнитного спектрометра и сцинтилляционных счетчиков. Пучок электронов с импульсом $P = 40$ Гэв/с и разбросом $\frac{\Delta P}{P} \approx \pm 3\%$ переопределялся

мониторирующими этот пучок счетчиками C_1 и C_2 и направлялся на свинцовый радиатор R толщиной $\sim 0,08 X_0$. Затем электроны с помощью магнита СП-129 анализировались по импульсу и регистрировались шестиканальным годоскопом мечения. Годоскоп состоял из двух разнесенных рядов счетчиков T_{1-6} и T'_{1-6} , включенных попарно на совпадение. Счетчики C_1-C_3 в совпадении выделяли электроны отдачи с импульсами $6 + 26$ Гэв/с, что соответствовало рабочему интервалу энергии меченых γ -квантов $E_\gamma = 34 + 14$ Гэв. Нижняя граница этого интервала определялась экспериментальной программой [8], верхняя конструктивными характеристиками анализирующего магнита. Электроны отдачи и образованные ими в веществе магнита ливневые частицы подавлялись антисовпадательными счетчиками A_3 , A_4 . Антисовпадательные счетчики A_1 и A_2 предназначались для подавления случаев образования позитронов в радиаторе.

Ливневым детектором ЛД (рис.1) регистрировались γ -кванты и измерялись их энергии. ЛД состоял из 20 пластик сцинтиллятора толщиной 1 см, прослоенных свинцовыми пластинами толщиной $\sim 1 X_0$. Площадь пластин (30×30) см². Свет от всех сцинтилляторов собирался с помощью одного световода на три фотоумножителя типа ФЭУ-30. Ливневой детектор в первичном электронном пучке обеспечивал энергетическое разрешение $\sim 12\%$ (полная ширина амплитудного спектра на полувьсоте), имел линейную зависимость амплитуды выходного сигнала от энергии электрона или γ -кванта и эффективность их регистрации $\approx 100\%$. Число случаев совпадения сигналов системы мечения с ливневым детектором дает количество

невзаимодействовавших фотонов.

Продукты взаимодействия фотонов с ядрами мишени регистрировались адронными детекторами АД₁ и АД₂, в состав которых кроме счетчиков Н₁ и Н₂ входили четыре сцинтилляционных счетчика Н₃ - Н₆ (рис.1). Размеры счетчиков - (35 x 35 x 2) см³. Диаметр отверстий, находящихся в центре сцинтилляторов, 10 см. Счетчики стояли попарно на расстоянии от мишени 100 см (первая пара) и 350 см (вторая пара). Счетчики чередовались слоями свинца толщиной 5 см. Большая загруженность этих счетчиков, обусловленная μ -мезонным фоном в экспериментальном зале приводила к большому числу случайных совпадений между сигналами от счетчиков Н₃ ÷ Н₆ и системой мечения. Способ преодоления этой трудности подробно описан в работе [9]. Добавлением маленького сцинтилляционного счетчика Н₁ в установку (рис.1) после рабочей мишени и включением его в совпадение со счетчиками Н₃ ÷ Н₆ уменьшалась эффективная загрузка адронных детекторов ~ в 100 раз. Счетчик Н₂ служил для увеличения кратности совпадений.

Событием адронного фотопоглощения считалось совпадение сигналов (Н₁ Н₂ Н₃ Н₄) или (Н₁ Н₂ Н₅ Н₆) с системой мечения при отсутствии сигнала с ливневого детектора ЛД.

Надо отметить, что такая установка не регистрировала те случаи фотопоглощения, при которых образовались только нейтральные адроны. Однако вклад таких случаев меньше 2% от полного сечения фотопоглощения при энергиях 2 + 4 Гэв [10]. С увеличением энергии этот вклад должен уменьшаться из-за увеличения множественности рождения адронов, что приводит к уменьшению вероятности образования только нейтральных адронов.

Результаты измерений на ядре С¹²

За время измерения полного сечения адронного фотопоглощения на углероде через рабочую мишень толщиной 0,14X₀ было пропущено ~ 5 · 10⁶ γ -квантов с энергией 14 + 34 Гэв. Полное сечение вычислялось следующим образом

$$\sigma_{tot}(\gamma C) \approx \frac{1}{N_0} \frac{N}{M}$$

где N₀ - число ядер в г.см⁻² вещества

N - число фотонов, образовавших адроны

M - число фотонов, попадающих на мишень

При обработке полученных данных учитывались следующие поправки:

1. Поглощение γ -пучка в мишени вследствие образования e⁺e⁻ - пар. Для углерода толщиной 4 см оно составляло ~ 6%.
2. Уменьшение числа γ -квантов, прошедших через мишень из-за несоответствия площади мишени с профилем γ -пучка. Для мишени диаметром 5 см и профиля γ -пучка, приведенного на рис. 2, эта поправка составляла ~ 5%.
3. Проверка случайных совпадений методом введения дополнительной задержки на 64 нсек в схему показала, что вклад случайных совпадений пренебрежимо мал.
4. Фон с пустой мишенью для пяти каналов энергии приводится в таблице I.
5. Влияние многократных тормозных процессов в радиаторе. Вследствие этого процесса могут образоваться 2 или более γ -квантов, соответствующие одному и тому же электрону. Один из

этих γ -квантов может участвовать в процессе образования адронов, а остальные пройдут без взаимодействия через мишень и будут регистрироваться ливневым детектором, тем самым отбрасывая адронный случай. Методом Монте-Карло была вычислена поправка для разных каналов энергий в области 14 + 34 Гэв. Результаты вычислений приведены в таблице I.

6. Фон от электромагнитных процессов в мишени учитывался следующим образом: совпадение ливневого детектора с адронными детекторами и счетчиками системы мечения определялось такими случаями фотообразования пар, когда один из электронов пары регистрировался адронными детекторами. Вклад этой поправки составлял $\sim 2\%$.

7. Геометрические поправки частично могут быть обусловлены геометрией адронного детектора АД₂. Измерения со сдвигом АД₂ к мишени на 1 м показали, что в пределах статистических ошибок потери адронных случаев из-за геометрии АД₂ не существенны (рис.3).

В пределах этих ошибок возможны потери случаев фоторождения ρ^0 -мезонов. Вычисления методом Монте-Карло для таких случаев дали поправку $\sim (0,5 + 1,5)\%$ для разных каналов мечения.

8. Поправка из-за неэффективности адронных детекторов составляла $\sim 8\%$.

Полученные значения $\sigma_{tot}(\gamma c)$ для разных значений энергии в области 14 + 34 Гэв приведены в таблице I.

На рис.4 показаны результаты измерений $\sigma_{tot}(\gamma c)$ в области энергии 1 + 34 Гэв, а на рис.5 зависимость $A_{эфф}/A$ от энергии.

$$\frac{A_{эфф}}{A} \text{ вычислялось по формуле}$$

$$\frac{A_{эфф}}{A} = \frac{\sigma_t(\gamma A)}{Z\sigma_t(\gamma P) + (A-Z)\sigma_t(\gamma n)}$$

$$\text{где } \sigma_t(\gamma P) = 98,7 \pm 3,6 + \frac{(65 \pm 10)}{\sqrt{E}} \mu\text{б} (E \text{ в Гэв});$$

$$\sigma_t(\gamma n) = \sigma_t(\gamma P) - \frac{(18,3 \pm 6,1)}{\sqrt{E}} \mu\text{б} (E \text{ в Гэв})$$

Как видно из рисунка с увеличением энергии наблюдается уменьшение $\frac{A_{эфф}}{A}$, что согласуется с предсказанием обобщенной МВД. Надо отметить, что нами не учтен вклад от тех многочастичных событий с участием π^0 -мезонов, когда γ -кванты от распада π^0 -мезонов вызывают антисовпадательный сигнал в ливневом детекторе. Часть спада $\sigma_t(\gamma c)$ может быть связана с этим эффектом.

В заключение авторы выражают признательность А.Ц.Аматуни, А.А.Логунову, С.Г.Матияну, С.С.Герштейну, С.П.Денисову и В.М.Кутьину за интерес и действенную поддержку, О.М.Винницкому, К.А.К.А.Испиряну и Ю.М.Сапунову за помощь в различных этапах работы.

Таблица I

	I канал (14 + 19) Гэв	II канал (19 + 23) Гэв	III канал (23 + 27) Гэв	IV канал (27 + 30) Гэв	V канал (30 + 34) Гэв
Фон с пустой ми- шеней ($\frac{N}{M} \times 10^{-4}$)	0,157 \pm 0,049	0,189 \pm 0,06	0,207 \pm 0,06	0,276 \pm 0,084	0,381 \pm 0,099
Поправка, обуслов. многокр. процессами в радиаторе (в %)	10,5	12	12,5	13,5	15,5
$\epsilon_{tot}(\gamma c)$ (в мб)	1082 \pm 56	1105 \pm 50,5	1080 \pm 57	980 \pm 67,7	930 \pm 44

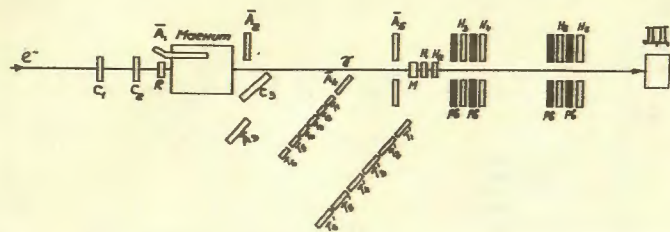


Рис. I

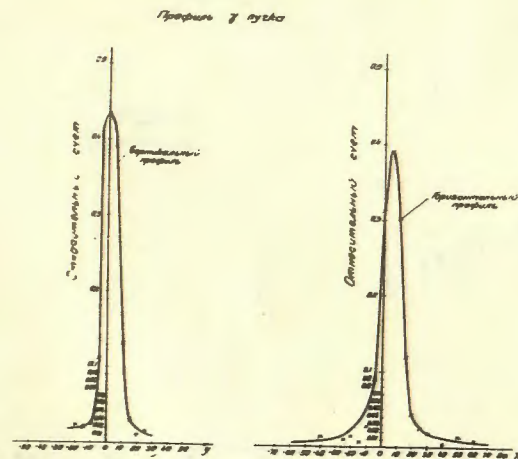


Рис. 2

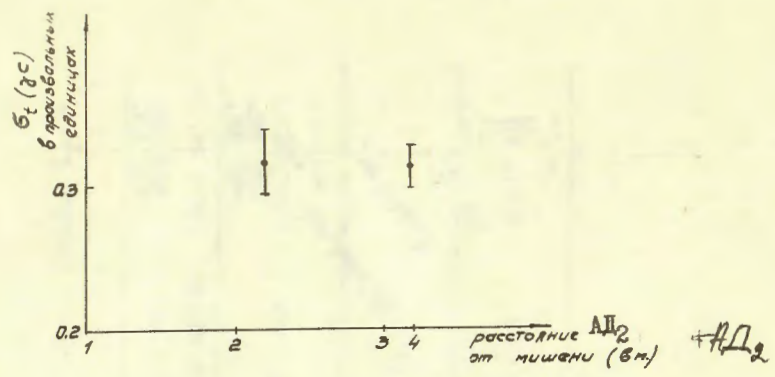


Рис.3

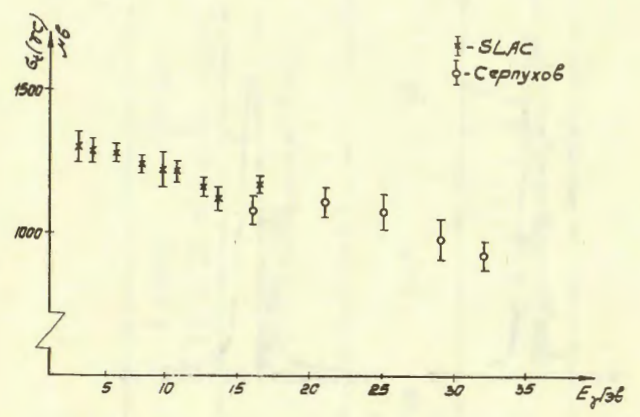


Рис.4

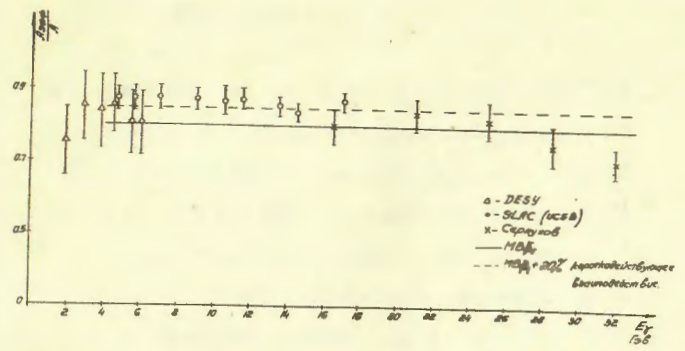


Рис.5

ЛИТЕРАТУРА

1. K.Gottfried and D.R.Yennie. Phys.Rev. 182 (1969) 1595.
2. S.Brodsky and J.Pumplin. Phys.Rev. 182 (1969) 1794.
3. G.R.Brooks et al. Phys.Rev. D8 (1973) 2826.
4. V.Heynen et al. Phys.Lett. sv.34B n,7 (1971) 651.
5. D.O.Caldwell et al. Phys.Rev. D7 (1973) 1362.
6. D.Schildknecht. SLAC-PUB-1230 (1973).
7. Г.Л.Баятян и др. Научное сообщение ЕФМ-64 (74)
8. А.И.Алиханян и др. Препринт ЕФМ-ЭЧ-1(70), Ереван.
9. Г.Л.Баятян. Научное сообщение ЕФМ-47(73).
10. Erwin Gabathuler DL/P 190 (1974).

Рукопись поступила 6-го мая 1974г.

Заказ 0832

Редактор Л. П. Мукаян

ВМ-03387

Тираж 300

Подписано к печати 2/IX-74г. Формат издания 30х40

0,8 уч. изд. л. Ц. 5 к.

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