

ԵՐԵՎԱՆԻ ԲՐԵՆԿԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

547904495

БФМ 257(50)-77

Ե.Ա.ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ, Դ.Լ.ԲԱՅՅԱՆ, Դ.Տ.ՎԱՐՏԱՆՅԱՆ,
Ն.Կ.ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Տ.Դ.ԿՆՅՅԱՆ, Ա.Տ.ՄԱՐԴԱՐՅԱՆ,
Տ.Տ.ՏԵՓԱՆՅԱՆ

Ս.Կ.ԿԻՐՅԱՆՈՎ, Վ.Ա.ՄԱՆՆԵԵՎ, Ա.Մ.ՓՐՈԼՈՎ *

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНЫХ СЕЧЕНИЙ ФОТООБРАЗОВАНИЯ
АДРОНОВ НА ЯДРАХ С, Si И Pb ДЛЯ ЭНЕРГИИ
 $E_{\gamma} = (12 \pm 30) \text{ ГэВ}$



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ 257(50)-77

Е.А. АРАКЕЛЯН, Г.Л. БАЯТЯН, Г.С. ВАРТАНЯН,
Н.К. ГРИГОРЯН, С.Г. КНЯЗЯН, А.Т. ЦАРГАРЯН,
С.С. СТЕПАНЯН

П.К. АИРЬЯНОВ, В.А. МАИШЕВ, А.Ч. ФРОЛОВ *

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНЫХ СЕЧЕНИЙ ФОТООБРАЗОВАНИЯ
АДРОНОВ НА ЯДРАХ С , Си И Рb ДЛЯ ЭНЕРГИИ
 $E_{\gamma} = (12 - 30) \text{ ГЭВ}$

* Институт физики высоких энергий, Серпухов

© *Ереванский физический институт, 1977*

EOM-257(50)-77

E.A. RAKELYAN, G.L. BAYATYAN, G.S. VARTANYAN,
N.K. GRIGORYAN, S.G. KNYAZYAN, A.G. MARGARYAN,
S.S. STEPANYAN
P.K. KIR'YANOV*, V.A. MAISHEEV*, A.M. PROLOV*

MEASUREMENT OF TOTAL CROSS SECTIONS OF
HADRON PHOTOPRODUCTION IN C, Cu AND Pb
NUCLEI AT $E_\gamma = (12-30)$ GeV

The total cross sections of hadrons photoproduction in C, Cu and Pb nuclei have been measured at six energies in the (12-30) GeV range. The obtained values of cross sections for C and Cu nuclei show weak energy dependence at high energies (higher than 20 GeV). The cross section on the Pb nuclei somewhat exceeds the expected value and is energy independent. The obtained A-dependence of the effective number of hadrons agrees with VDM predictions.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1977

*High Energy Physics Institute, Serpukhov

ЕФИ-257(50)-77

УДК.539.172.3:539.14

Е.А.АРАКЕЛЯН, Г.Л.БАЯТЯН, Г.С.ВАРТАНЯН,
Н.К.ГРИГОРЯН, С.Г.КНЯЗЯН, А.Г.МАРГАРЯН,
С.С.СТЕПАНЯН

П.К.КИРЬЯНОВ, В.В.МАИШЕЕВ, А.М.ФРОЛОВ*)

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНЫХ СЕЧЕНИЙ ФОТООБРАЗОВАНИЯ АДРОНОВ
НА ЯДРАХ C , Si и Pb ДЛЯ ЭНЕРГИИ $E_\gamma = (12-30)$ ГЭВ

Измерены полные сечения фоторождения адронов на ядрах углерода, меди и свинца для шести значений энергии в интервале 12-30 Гэв. Полученные значения сечений для ядер углерода и меди имеют слабую зависимость от энергии при больших энергиях (выше 20 Гэв). Сечение на ядре свинца несколько выше ожидаемого и зависимости от энергии не наблюдается. Получена зависимость эффективного числа адронов от атомного номера ядра показывающая, что результаты близки к предсказаниям МДМ.

Ереванский физический институт
Ереван 1977

*) Институт физики высоких энергий, Серпухов.

Введение

Измерения $\sigma_{\pm}(\nu, A)$ проведенные на *DESY* [1], *DARESBUURY* [2] и *SLAC* [3] до энергии 18 Гэв, а также наши измерения $\sigma_{\pm}(\nu, C)$ до энергии 34 Гэв на электронном пучке Серпуховского ускорителя [4] показывают, что в поведении полного сечения фотообразования адронов наблюдаются как поверхностные, так и объёмные эффекты. Появление поверхностных эффектов, т.е. уменьшение эффективного числа нуклонов, участвующих в процессе фотообразования, вопреки большой величины среднего свободного пробега фотона в ядерном веществе, указывает на адроноподобный характер фотонов. Такое явление, задолго до экспериментального наблюдения, было предсказано в модели доминантности векторных мезонов МДВМ [5,6]. Детальные расчеты в рамках этой модели для величины эффективного числа нуклонов дают меньшее значение, чем экспериментально измеренное. Для согласования с экспериментами предполагается [7,8], что 80% взаимодействия фотона с нуклоном происходит согласно МДВМ, а для 20% постулируется существование короткодействующих сил, что может быть связано с непосредственным взаимодействием с партонами [7], или существованием тяжелых векторных мезонов [3]. В последнем случае должно наблюдаться уменьшение эффективного числа нуклонов с ростом

энергии выше 20 Гэв [8]. В работе [9] согласно с экспериментом получено в рамках обобщенной МДВМ постулирующей существование бесконечного ряда векторных частиц с изотопическим спином 1 с учетом недиагональных членов. Ниже приводятся результаты эксперимента по измерению $\sigma_+(V, A)$ для ядер C, Si Pb в области энергии $E_{\gamma} = (12 + 30)$ Гэв.

1. Методика измерений и описание экспериментальной установки

Измерения были проведены на 3I-гэвном электронном пучке Серпуховского протонного ускорителя [10]. Для получения монохроматических γ -квантов был применен метод меченых фотонов [11]. На рис. I приведена экспериментальная установка по измерению $\sigma_+(V, A)$. Радиатором послужило вещество общей толщиной 0,064 X., находящееся перед отклоняющим магнитом M_1 . Коллимированный пучок электронов, интенсивность $\sim 2 \cdot 10^5$ эл. в цикле, на таком радиаторе образовал $\sim 10^4$ тормозных γ -квантов, меченых в энергетическом интервале $E_{\gamma} = (12 + 30)$ Гэв. Образовавшиеся адроны регистрировались детекторами $AB\bar{I}$ и $AB\bar{II}$, представляющие из себя "сендвичи" из трех больших сцинтилляционных счетчиков ($H_1 \div H_2$), ($H_4 \div H_5$), прослоенных слоями свинца, общей толщиной 24 X.. Мажельский счетчик X (толщиной 2 мм и диаметром 6,5 см), помещенный непосредственно за рабочей мишенью, был подключен на совпадение с ($H_1 \div H_2$) и ($H_4 \div H_5$). Такая схема подключения позволяла существенно уменьшить эффективную загрузку ($H_1 \div H_5$), вызванную M - мезонным фоном экспериментального зала [12]. Не взаимодействовавшие в мишени γ -кванты и образованные в мишени e^+e^- - пары, проходя

через отверстия диаметром 10 см и 14 см (соответственно для $A\bar{b}I$ и $A\bar{b}II$), попадали на ливневой детектор LD , состоящий из 20 - пластин сцинтилляторов толщиной 1 см, прослоенных свинцовыми пластинами толщиной $\sim 1X$. и площадью $(30 \times 30) \text{ см}^2$. Число γ -квантов данной энергии, попадавших на мишень, определялось совпадением сигналов LD с одного из каналов системы мечения, с числом событий фотообразования адронов - совпадением сигналов с адронных детекторов и системы мечения при отсутствии сигнала LD . С другой стороны, LD , включенный в совпадение с $A\bar{b}I$ и $A\bar{b}II$, давал нам возможность учитывать доли тех e^+e^- - пар, которые, попадая на $A\bar{b}I$ и $A\bar{b}II$, могли бы симулировать фотообразование адронов. Для более эффективного подавления таких случаев LD был соединен со сцинтилляционным счетчиком A_c (диаметр - 8 см) по схеме "или". Антисовпадные счетчики A_1, \dots, A_5 отбрасывали остальные нежелательные события.

2. Результаты измерений на ядрах C, Cu, Pb .

Были использованы мишени диаметром 5 см и толщиной 0,2 X. для C , 0,2 X. и 0,4 X. для Cu и Pb . Для вычисления полного сечения [3]

$$\sigma_{\pm}(\gamma, A) = \frac{1}{N_0} \frac{N}{M}$$

измерялись N - число фотонов, образовавшихся адроны и M - число фотонов, попадавших на мишень. N_0 - число ядер в 12 см^{-2} вещества.

При обработке полученных данных учитывались следующие факторы, влияющие на N и M :

1. Поглощение σ - пучка в разных толщинах мишени [3] составляло $(6+7)\%$; $(7 + 12)\%$ и $(8,5 + 15)\%$ для C , Ca и Pb соответственно.
2. Измерением числа парообразований без мишени было определено поглощение σ - пучка в воздухе - 5%.
3. Было учтено, что число σ -квантов участвовавших во взаимодействии, на 4% меньше числа γ -квантов, образовавшихся в радиаторе, из-за несоответствия площади мишени с профилем σ -пучка.
4. Неэффективность регистрации σ - квантов при достаточно низкой ($\sim 4\%$) эффективности регистрации релятивистских μ - мезонов составляла $(0,7 + 1,5)\%$ в зависимости от энергии меченых σ -квантов.
5. Методом Монте-Карло были вычислены;
- а) необходимая поправка для учета адронных случаев, отбрасываемых счетчиком A_6 - $(2 + 4)\%$;
 - б) вклад многократных тормозных процессов в радиаторе для разных порогов регистрации AD в зависимости от энергии σ -квантов - $(10 + 15)\%$ и $(0,1 + 5)\%$ для порогов 2 Гэв и 7,5 Гэв соответственно;
 - в) поправка, связанная с нейтральными σ -мезонами, распадающиеся σ -кванты которых могут регистрироваться AD , тем самым отбрасывая адронный случай - $(0,9-8,5)$ и $(0-2,3)\%$ в области энергии $E_\gamma = (12-30)$ Гэв для порогов регистрации $E_{пор} = 2$ Гэв и 7,5 Гэв соответственно.
6. Фон с пустой мишенью и вклад e^+e^- - пар в адронные случаи измерялись на протяжении всего эксперимента. Значение

фона зависело от режима работы ускорителя. В среднем N/M без мишени было $\sim 4 \cdot 10^{-5}$, тогда как N/M для C , Cu , Pb составляло $\sim 2,5 \cdot 10^{-4}$, $\sim 1,2 \cdot 10^{-4}$, $\sim 1,0 \cdot 10^{-4}$ соответственно. Вклад $e^+ e^-$ был порядка $\sim 1,4 \cdot 10^{-5}$,

7. Величина случайных совпадений, проверяемая регулярно, методом введения дополнительной задержки, оказалась пренебрежимо малой.

8. Учитывалась эффективность адронных детекторов, измеренная под ионным фоном. Общая эффективность $AD I$ (а также $AD II$) была $\sim 98\%$.

9. Геометрические потери, обусловленные сравнительно малой апертурой адронных детекторов, оценены с помощью инклюзивных спектров заряженных частиц [13] для энергии фотонов 18 Гэв. Учитывались также нейтральные адроны, пропущенные установкой. Общие потери составляли (9-8)%, (8-5)% и (5-3)% в области энергии $E_\gamma = (12-30)$ Гэв для ядер C , Cu и Pb соответственно. Учет эффективности регистрации ($\sim 4\%$) ливневым детектором адронов уменьшает сечение фотообразования на (1,2-1,5)%, (1,5-1,8)% и (1,7-2,0)% в области энергии $E_\gamma = (12-30)$ Гэв для ядер C , Cu и Pb соответственно.

Полученные значения $b_2 (T.A)$ для ядер C , Cu , Pb в области энергии (12+30) Гэв приведены в таблице I и на рис.2. Ошибки только статистические. Возможные систематические ошибки не превышают 10%. Результаты для двух толщин мишеней объединены. Для представления результатов в общепринятой и более удобной для рассмотрения форме вычислено эффективное число нуклонов [3] (рис.3 и табл.2).

$$\frac{A_{эфф}}{A} = \frac{\sigma_+(T, A)}{2\sigma_+(T, P) + (A-2)\sigma_+(T, n)}$$

где $\sigma_+(T, P) = (98,7 \pm 3,6) + \frac{65 \pm 10}{\sqrt{E}} \text{ мб}$

$$\sigma_+(T, n) = \sigma_+(T, P) - \frac{18,3 \pm 6,1}{\sqrt{E}} \text{ мб}$$

Как видно из рис.2 и 3, согласие наших данных с другими экспериментами в области перекрытия энергии T -квантов хорошее. С увеличением энергии наблюдается уменьшение эффективного числа нуклонов и небольшой спад сечения для ядер углерода и меди. По-видимому, это объясняется неточным учетом энергетической зависимости доли адронных событий, пропускаемой установкой. Такой учет в настоящее время невозможен из-за отсутствия данных по угловому распределению фотообразования адронов в области высоких энергий.

Усредненные по энергиям значения эффективного числа нуклонов можно представить в виде $A_{эфф} = A^x$ для сравнения с теоретическими предсказаниями поведения $A_{эфф}$ (рис.4). Видно, что результаты близки к предсказаниям МДВМ.

В заключение авторы выражают признательность А.И.Алиханяну, А.Ц.Аматуни, Г.А.Вартапетяну, Э.Г.Тер.Киракосяну, С.Г.Матиняну, А.Д.Соловьеву и В.А.Ярба за обсуждение, интерес и поддержку на разных этапах работы, а также Ф.А.Ечу, К.И.Губриенко, А.С.Софгояну и А.О.Кечечяну за помощь.

Таблица 1

Сечения фотообразования адронов (в $\mu\text{б}$)
 для ядер C , Si , Pb для разных энергий γ -квантов. Приве-
 дены только статистические ошибки

Энер- гия γ -кван- тов (ГэВ)	12,6-15,0	15,0-17,7	17,7-21,0	21,0-24,6	24,6-27,7	27,9-30,0
C_{12}	1084 \pm 48	1100 \pm 43	1175 \pm 34	1058 \pm 53	1047 \pm 55	930 \pm 66
Si_{64}	5600 \pm 240	5200 \pm 310	5740 \pm 340	5220 \pm 460	4870 \pm 350	4730 \pm 510
Pb_{207}	17140 \pm 1170	17480 \pm 1440	19680 \pm 1720	16400 \pm 1720	17920 \pm 1920	16840 \pm 2810

Таблица 2

Значение $\frac{A_{\text{фот}}}{A}$ для ядер C , Si и Pb для
 разных энергий γ -квантов

Энер- гия γ - кван- тов (ГэВ)	12,6-15,0	15,0-17,7	17,7-21,0	21,0-24,6	24,6-27,9	27,9-30,0
C_{12}	0,79 \pm 0,04	0,81 \pm 0,04	0,87 \pm 0,04	0,80 \pm 0,05	0,79 \pm 0,05	0,71 \pm 0,053
Si_{64}	0,77 \pm 0,04	0,72 \pm 0,05	0,80 \pm 0,05	0,74 \pm 0,07	0,69 \pm 0,05	0,68 \pm 0,074
Pb_{207}	0,73 \pm 0,05	0,75 \pm 0,06	0,85 \pm 0,07	0,72 \pm 0,08	0,79 \pm 0,09	0,75 \pm 0,13

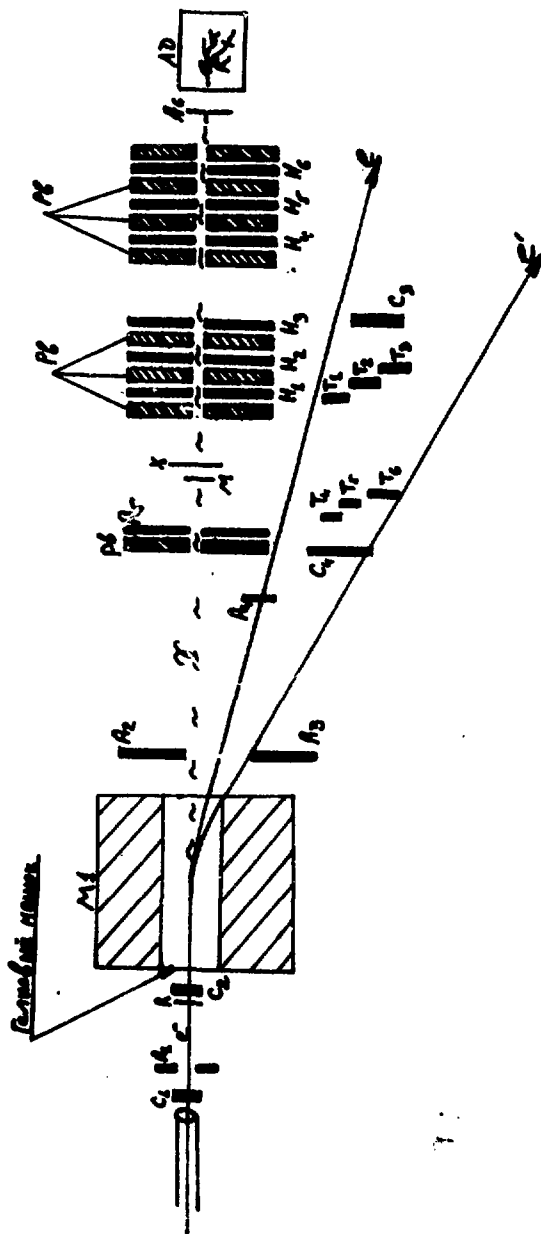
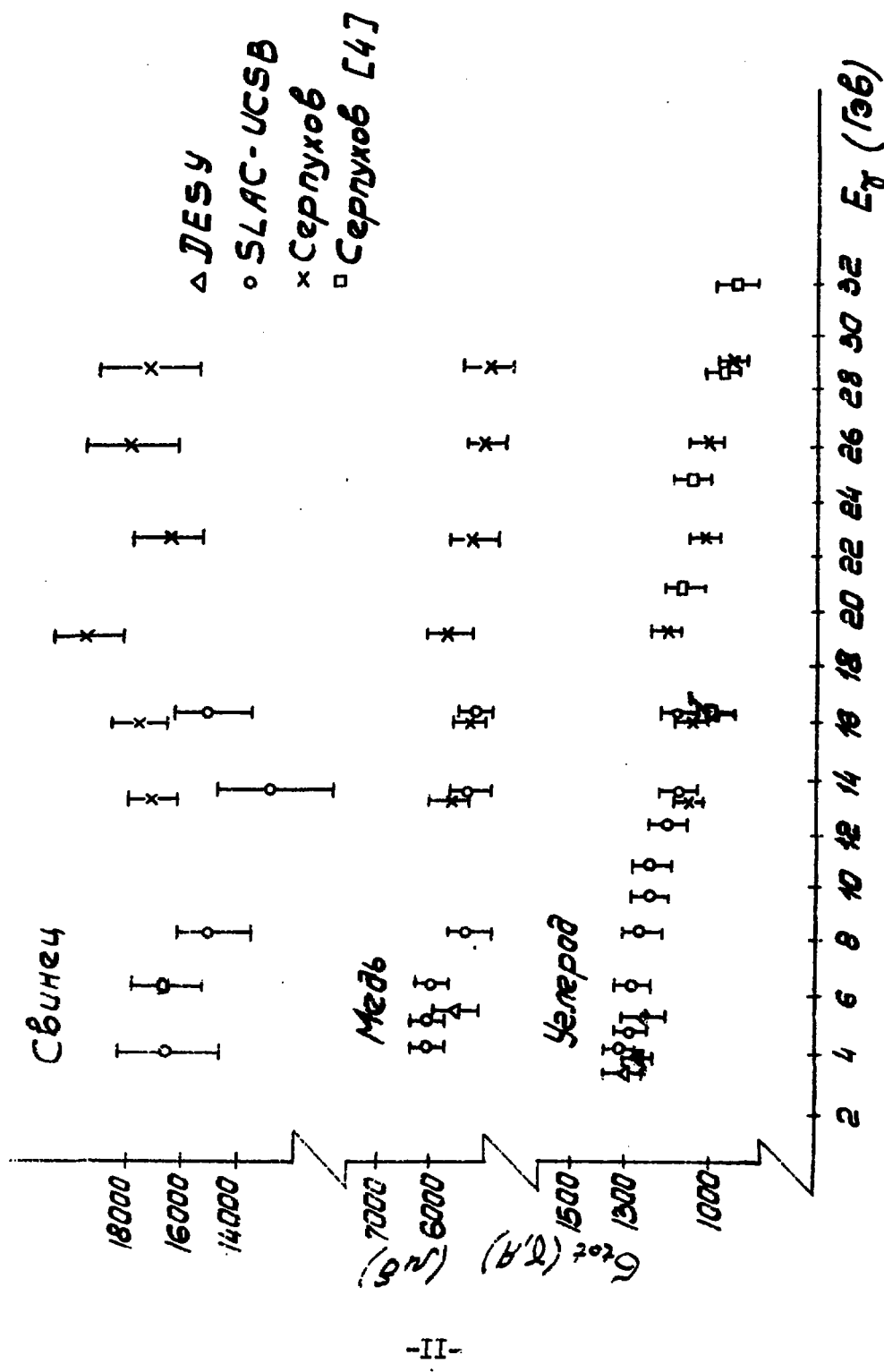


Рис.1



(196) 27

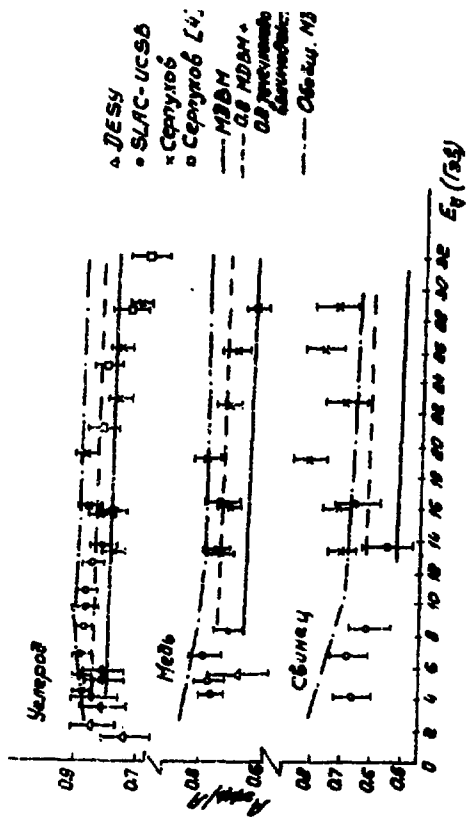


Рис. 3

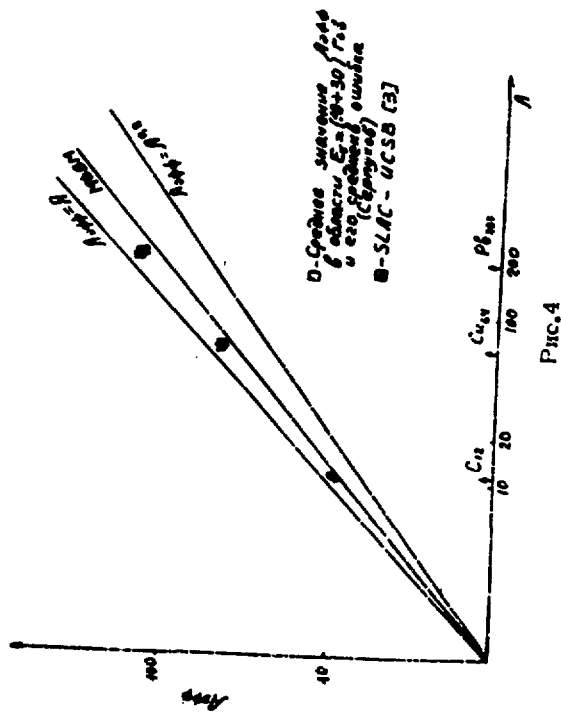


Рис. 4

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Экспериментальная установка для измерения $\sigma_e(\tau, A)$ - M_1 - отклоняющий магнит; R - радиатор; C_1, C_2 - мониторные, a ($A_1, \div A_2$) - антисовладельные счетчики; C_3, C_4 ($T_1, \div T_2$) - счетчики системы мечения; $(x N_1, N_2, N_3)$ - адронный детектор $A \div I$; $(x N_4, N_5, N_6)$ - адронный детектор $A \div \bar{N}$; LD -ливневой детектор; M - мишень.

Рис.2 Энергетическая зависимость фотообразования адронсв для ядер C, Cu, Pb . Для сравнение приведем данные групп $BESU$ и $SLAC-UCSB$.

Рис.3 Энергетическая зависимость $A_{эфф}/A$ для ядер C, Cu, Pb . Для сравнения приведем данные групп $BESU$ и $SLAC-UCSB$, а также теоретические кривые, соответствующие МДВМ, обобщенной МДВМ и случай, когда фотон $\sim 20\%$ времени находится в "голом" состоянии, для которого отсутствует экранирование.

Рис.4 A - зависимость усредненного по энергиям значения эффективного числа нуклонов. Приведены теоретические кривые для случаев полного экранирования, отсутствия экранирования и МДВМ [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Meyer et al., PLB 34 651 (1971)
2. G.R.Brooks et al., PR D8 2826 (1973)
3. D.O.Caldwell et al., PR D7,N.5,1362(1973)
4. Г.Л.Баятян и др.,Научное сообщение ЕФИ-72(74).
В 56, I97(I975)
5. T.V.Bell, PRL , I8 57 (I964)
6. L.Stodolsky, PRL,18,135 (1967)
7. S.T.Brodsky et al. PR D6 177 (1972)
8. D.Schildknecht, Preprint SLAC-PUB-1230 (1973)

9. P.Distas and G.Shaw, NP 113,246(1976)
10. В.А.Маишеев и др.,Препринт ИФВЭ ОП-76-15,1976.
11. Г.Л.Баятян и др.,Научное сообщение ЕФИ-64(74).
12. Г.Л.Баятян, Научное сообщение ЕФИ-47(73).
13. А.М.Boyaraki et al. SLAC-PUB 1694(1975)

Рукопись поступила 11-го мая 1977 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.Редактор А.С.Абрамян

Заказ И149

ВФ-03395

Тираж 299

Подписано к печати 29/XI-77г. Формат издания 30x40
I, Уч. изд. л. Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института Ереван 36, пер. Маркаряна 2

индекс 3624