

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



24/11-74

P1 - 8297

4923/2-73

Г.Т.Адылов, А.С.Водопьянов, В.Гаевски,
Т.С.Нигманов, Э.Н.Цыганов

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОПРАВOK
К ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО π -е - РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ

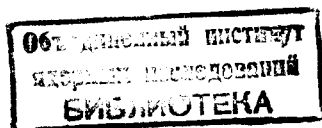
1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 8297

Г.Т.Адылов, А.С.Водопьянов, В.Гаевски,
Т.С.Нигманов, Э.Н.Цыганов

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОПРАВОК
К ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО π -е - РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГЭВ



Адылов Г.Т., Водополян А.С., Гаевски В.,
Нигманов Т.С., Цыганов Э.Н.

P1 - 8297

Вычисление поправок к дифференциальному сечению
в эксперименте по π - e рассеянию при энергии 50 ГэВ

Описано вычисление поправок к дифференциальному сечению π - e -
рассеяния при энергии 50 ГэВ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1974

Adylov G.T., Vodopianov A.S., Gajewsky W., P1 - 8297
Nigmanov T.S., Tsyganov E.N.

Calculation of the Corrections to Differential
Cross Section in the 50 GeV π - e Scattering
Experiment

The description of the calculation of the corrections
to the differential cross section for π - e scattering at
50 GeV is presented.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

В В Е Д Е Н И Е

При вычислении дифференциального сечения какой-либо реакции по экспериментальным данным необходимо вводить поправки, учитывающие неидеальность аппаратуры и условий проведения опыта, фоновые процессы и т.д. В этой работе описывается процедура вычисления поправок к дифференциальному сечению в эксперименте по P - e рассеянию /1/, выполненном на ускорителе ИФЭУ, Серпухов. Напомним вкратце, что экспериментальная установка /2/ состояла из трёх блоков магнестрикционных искровых камер, жидководородной мишени, магнита и системы запуска, включавшей сцинтилляционные счётчики, черенковские ливневые спектрометры и соответствующую электронную логику (рис.1).

Радиационные поправки и сечения для точечного P -мезона вычислялись в соответствии с работой /3/, исходя из реальных условий эксперимента и кинематических и геометрических обрезаний, использованных в программе выделения событий P - e рассеяния /4,5/. При этом учитывалась вероятность регистрации χ - квантов, испускаемых в акте P - e рассеяния, счётчиком А5 с конвертором толщиной в две радиационные единицы. В качестве входных данных для программы Монте-Карло использовались параметры пучковых частиц, полученные в специальных сеансах при запуске установки от мониторингового телескопа. При вычислении ожидаемых сечений учитывались радиационные потери электрона в веществе мишени и спектрометра. Вычисление абсолютной эффективности спектрометра было связано с определенными трудностями в связи с наличием корреляций в работе искровых камер и детально рассмотрено в работах /6,7/.

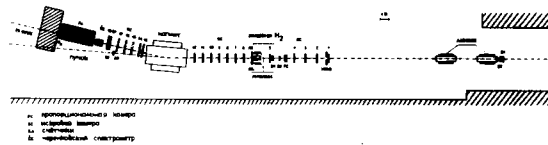


Рис.1. Расположение экспериментальной аппаратуры на канале № 12 ускорителя ИФВЭ.

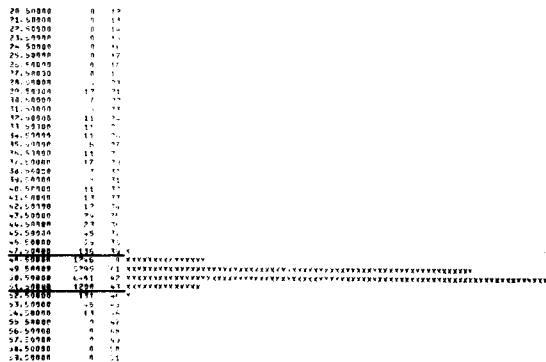


Рис.2. Распределение частиц первичного пучка по импульсам.

I. Пучковые частицы, имеющие импульс вне кинематических обрезаний, и распады П-мезонов.

Во время экспозиции для определения параметров пучка регулярно проводились сеансы запусков установки от мониторингового телескопа. Эти данные обрабатывались затем специальной программой, восстанавливающей траектории первичных частиц и определяющей их импульсы. На рис.2 приведено полученное таким образом импульсное распределение пучковых частиц. Доля частиц, импульсы которых лежат внутри использованных при отборе событий упругого П-е-рассеяния кинематических обрезаний, $48 \text{ ГэВ/с} < P < 52 \text{ ГэВ/с}$, составляет 0,958, что даёт поправочный коэффициент, равный 1,043. Интересно отметить, что хвост импульсного распределения на рис.2 обрывается около 27 ГэВ/с, что соответствует минимальной энергии μ -мезонов от распадов первичных П-мезонов с импульсом 50 ГэВ/с. Пучковые пионы, распавшиеся, приблизительно, до середины первого блока, так же, как и П-мезоны, распавшиеся до установки, учтены, таким образом, в поправки на пучковые частицы, выходящие за пределы кинематических обрезаний по импульсу. Распады пионов от середины первого блока до центра мишени в этой процедуре не учитываются, вследствие того, что геометрическая программа не могла находить треки, испытавшие излом. Поправка на такие распады составляет около 0,2%.

Для оценки количества случаев П-е-рассеяния, потерянных из-за распада вторичного П-мезона, была разработана специальная Монте-Карло-программа. Она генерировала П-е-события с обязательным распадом вторичного пиона равновероятно вдоль его траектории от центра мишени до последней искровой камеры. События, разыгранные

в типичных фоновых условиях, затем анализировались по программам поиска и реконструкции событий. Полученная таким образом вероятность нахождения этих событий в зависимости от энергии электрона представлена на рис.3. Зная эту вероятность, энергию распавшегося пиона и расстояние от центра мишени до последней искровой камеры, получаем соответствующие поправки (табл.1).

2. Поглощение П-мезонов.

Для вычисления поправок на поглощение П-мезонов использовались неупругие σ_a и полные σ_{tot} сечения взаимодействия пионов с ядрами, полученные в работах /8,9/. Зависимость как полных сечений, так и сечений поглощения от атомного номера ядра хорошо аппроксимируется выражением $\sigma = \sigma_0 \cdot A^\lambda$. На рис.4 для примера приведена зависимость полного сечения взаимодействия П⁻-мезона с ядрами в зависимости от атомного номера для первичного импульса 25 ГэВ/с. Исходя из такой зависимости, мы вычислили неупругие и полные сечения для различных ядер и разных энергий. Значения σ_0 и λ для разных начальных импульсов были получены линейной интерполяцией. Затем мы вычислили сечения упругого рассеяния $\sigma_{el} = \sigma_{tot} - \sigma_a$ и доли ϵ сечений упругого взаимодействия, которые соответствуют рассеянию пиона на ядре на угол больше 2 мрад, в предположении, что дифференциальное сечение упругого рассеяния описывается выражением $\exp(-10 \cdot A^{2/3} \cdot p_0^2 \cdot \theta^2)$. Для водорода ϵ предполагалось равным 1. Если пион рассеялся на угол больше 2 мрад, то такое событие считалось потерянными, в соответствии с кинематическими критериями отбора. Таким образом, эффективные сечения, определяющие поправки на поглощение, равны $\sigma_{eff} = \sigma_a + \epsilon \cdot \sigma_{el}$.

Таблица I

Е _e ГэВ	Распады П-мезонов, %	Поглощение П-мезонов, %	Примесь μ-е событий, %
12,5	0,57	4,73	1,00
13,5	0,59	4,74	1,00
14,5	0,61	4,75	1,00
15,5	0,63	4,76	1,00
16,5	0,65	4,77	1,00
17,5	0,67	4,78	0,96
18,5	0,70	4,79	0,96
19,5	0,72	4,80	0,97
20,5	0,75	4,81	1,02
21,5	0,78	4,82	1,12
22,5	0,81	4,83	1,23
23,5	0,84	4,84	1,30
24,5	0,88	4,85	1,41
25,5	0,92	4,87	1,48
26,5	0,97	4,89	1,54
27,5	1,01	4,91	1,30
28,5	1,06	4,93	1,07
29,5	1,12	4,95	0,51
30,5	1,18	4,97	0,24
31,5	1,25	5,00	0,02
32,5	1,30	5,02	0,00
33,5	1,33	5,04	0,00
34,5	1,31	5,07	0,00
35,5	1,24	5,10	0,00

Таблица II

Элемент	Вещество, г/см ²	
	I блок	II+III блок
H	0,099	0,029
He	0,065	0,216
C	1,605	0,495
N	0,319	0,214
O	0,200	0,178
Ne	0,022	0,031
Al	0,004	0,004
Ar	0,005	0,004
Cu	0,110	0,157
Всего	2,429	1,337

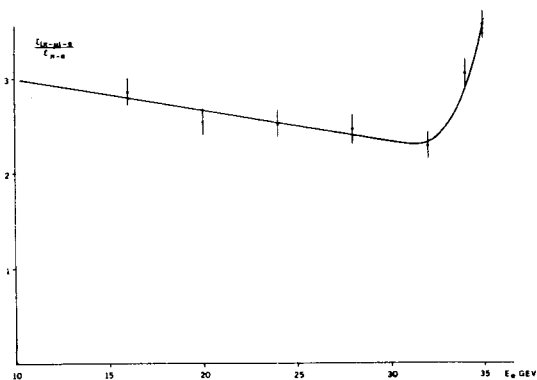


Рис.3. Вероятность нахождения событий, в которых вторичный П-мезон распался, в зависимости от энергии электрона.

Зная эти сечения, а также состав и количество вещества в спектрометре (табл. II), можно легко вычислить поправки на поглощение П-мезонов. Вычисленные поправки на поглощение вторичного пиона приведены в табл. I. Поправка для первичного пиона, вычисленная с учётом вещества до середины мишени, оказалась равной 5,0%.

3. ξ - электроны.

Первичный П-мезон и вторичные электрон и П-мезон могут образовывать в мишени ξ - электроны, которые, попав в антисовпадательный счётчик А5, подавят запуск установки. При этом необходимо иметь в виду, что перед счётчиком стоял латунный конвертор толщиной 25 мм. Для учёта этого эффекта была разработана специальная программа, которая генерировала ξ - электроны от первичной и вторичных частиц в соответствии с видом дифференциального сечения П-е-или е-е-рассеяния. При попадании ξ - электрона в счётчик учитывалась эффективность регистрации счётчиком ξ - электрона данной энергии. Поправка получилась равной 1,65% и 1,00% для двух сеансов набора статистики, отличающихся позицией счётчика А5.

4. Фон от пустой мишени и потери событий из-за обрезаний по Z - координате.

Фон от пустой мишени был определен в специальном сеансе и составлял 3,9%. Сюда входит фон от стенок мишени и от событий П-е-рассеяния на атомах воздуха, попадающих в границы обрезаний по Z. Границы обрезаний отстояли от границ водорода на 25 см. При ограниченной точности определения Z - координаты вершины

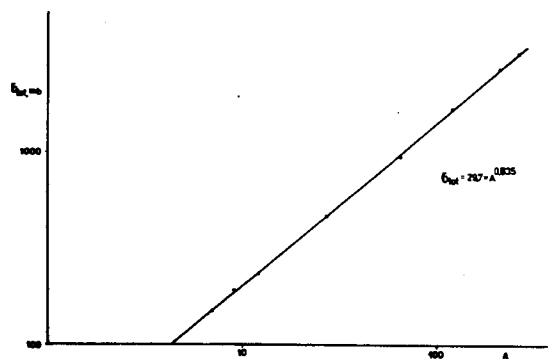


Рис.4. Зависимость полных сечений от атомного номера ядра при импульсе первичного Π -мезона 25 ГэВ/с.

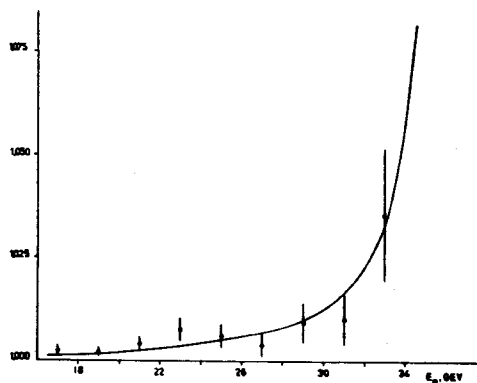


Рис.5. Поправки на обрезания по Z - координате, полученные фитированием экспериментальных данных.

события это приводило к потере некоторой доли случаев.

В одном из экспериментальных сеансов (~30% статистики) мишень была модифицирована таким образом, что её внешние вакуумные стенки были вынесены на расстояние 100 см от границ области, заполненной водородом. В этом сеансе границы обрезаний по Z были выбраны отстоящими на 75 см от границ водорода, что гарантировало отбрасывание фона от воздуха и внешних стенок водородной мишени и не приводило к потерям рабочей статистики. Фон от пустой мишени в этом сеансе рассчитывался и составлял 0,99%. Данные этого сеанса были использованы для определения поправок, связанных с Z - обрезаниями в остальной части статистики.

На рис.5 приведены отношения числа событий, найденных в этом сеансе в пределах ± 75 см от краев мишени, к числу событий в пределах ± 25 см от краев мишени.

Мы фитировали эти данные, предполагая, что для тонкой мишени $N(Z) \sim \exp[-(Z-Z_0)^2 \cdot \theta^2 / C^2]$, где θ - угол раскрытия, а C - свободный параметр, характеризующий точность определения вершины события в плоскости XY. Сплошной линией приводятся результаты фитирования, т.е. Z - поправки для событий с различной энергией вторичного электрона.

5. Определение числа μ - мезонов в пучке и учёт примеси μ - e событий.

Содержание μ - мезонов с энергией от 48 ГэВ до 52 ГэВ в первичном пучке было определено с помощью регистрации событий μ - e рассеяния. События μ - e рассеяния с энергией вторичного электрона больше, чем 22 ГэВ, были выделены с помощью

кинематики. На рис.6 приведено распределение событий по массе первичной частицы, вычисленной по параметрам вторичных частиц в предположении упругой кинематики. Для более надёжного отбора событий μ -e-рассеяния требовалось, чтобы в этом запуске сработал счётчик A_μ (марка о срабатывании этого счётчика содержалась на магнитной ленте). На рис.6 видно отчётливое отделение μ -мезонов от π -мезонов. По этим данным было оценено, что доля μ -мезонов с энергией от 48 ГэВ до 52 ГэВ в первичном пучке составляет 0,80%.

Для учёта μ -e-событий, зарегистрированных как π -e-события, была подсчитана вероятность их регистрации программами, разработанными для поиска и выделения событий π -e-рассеяния. Для этого специальной программой генерировались события μ -e-рассеяния в условиях средней интенсивности. Вероятность регистрации μ -e-событий по программам, разработанным для поиска π -e-событий, представлена на рис.7. Видно, что до энергии вторичного электрона 25 ГэВ события μ -e-рассеяния при использованных кинематических критериях практически не отделяются от π -e-событий. В области от 25 ГэВ до 32 ГэВ такие события регистрируются частично, а для $E_e > 32$ ГэВ отделяются полностью. Зная эту вероятность, ожидаемые μ -e-сечения, вычисленные для точечного μ -мезона в однофотонном приближении, и долю μ -мезонов в пучке, мы рассчитали поправки на примесь μ -e-событий (табл.1).

Заклччение

В связи с тем, что в этом эксперименте требовалось знание абсолютной величины дифференциального сечения π -e-рассеяния с

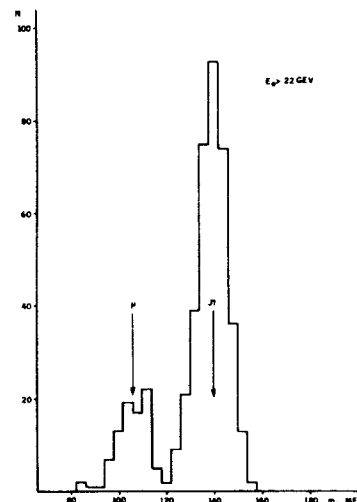


Рис.6. Распределение событий с энергией электрона больше, чем 22 ГэВ, по массе первичной частицы.

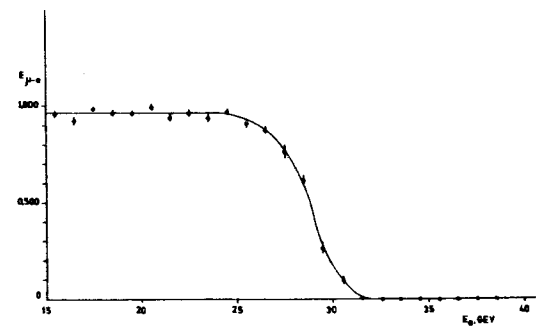


Рис.7. Вероятность регистрации μ -e-событий по программам, разработанным для поиска π -e-событий.

высокой точностью, был проведён аккуратный учёт всех возможных эффектов, влияющих на величину сечения. Кроме описанных выше поправок, была введена поправка на примесь K^- -мезонов и антипротонов в первичном пучке в соответствии с работой /8/. Для определения подавления событий случайными отсчётами в антисовпадательных счётчиках производилось непрерывное мониторирование этого эффекта с помощью регистрации задержанных совпадений сигналов с этих счётчиков с сигналом мастерной схемы. Ширина кривой антисовпадений была также тщательно измерена. Аналогичным образом учитывались просчёты мониторинговой схемы, связанные с разрешающим временем мастерной схемы совпадений.

Тщательное рассмотрение всех этих эффектов позволило определить дифференциальное сечение π -e-рассеяния с систематической ошибкой в нормализации около $\pm 3\%$.

Авторам приятно поблагодарить Ф.К.Алиева, И.Иоана, Б.А.Кулакова, Л.Дрики, Э.Далли, А.Либермана, Дж.Томпкинса, П.Шепарда за полезные обсуждения и помощь в работе.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. G.T.Adylov et al. "The pion radius", JINR report, E1-8047, Dubna (1974)
2. G.T.Adylov et al. "Experimental setup in a π -e-scattering experiment at 50 GeV/c", JINR report, E13-6749, Dubna (1972)
3. D.Yu.Bardin, G.V.Micelmacher, N.M.Shumeiko, "Calculation of the π -e scattering cross section involving the radiation correction and realistic experimental condition", JINR report, E2-6235, Dubna (1972)
4. Г.Т.Адильов и др. "Программы поиска и восстановления событий в эксперименте по π -e-рассеянию при энергии 50 ГэВ. I.", сообщение ОИЯИ, I-8011, Дубна (1974).
5. Г.Т.Адильов и др. "Программы поиска и восстановления событий в эксперименте по π -e-рассеянию при энергии 50 ГэВ. II.", сообщение ОИЯИ, I-8012, Дубна (1974).
6. Г.Т.Адильов и др. "Определение характеристик детекторов и восстановление других параметров, необходимых для корректного вычисления эффективности спектрометра в опыте по π -e-рассеянию при энергии 50 ГэВ", сообщение ОИЯИ, I-8105, Дубна (1974).
7. Г.Т.Адильов и др. "Определение эффективности спектрометра в опыте по π -e-рассеянию при энергии 50 ГэВ", сообщение ОИЯИ, I-8123, Дубна (1974).
8. В.Б.Бушнин и др. ЯФ, 16, 1224 (1972).
9. Дж.Аллаби и др. ЯФ, 12, 3 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел
2 октября 1974 г.