

A-958

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2 - 11279

АХУНДОВ

Ариф Абдулла оглы

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОПРАВКИ
К ГЛУБОКОНЕУПРУГОМУ
ЛЕПТОН-НУКЛОННОМУ РАССЕЯНИЮ
И ОБРАЗОВАНИЕ ПОЗИТРОНИЕВ
НА УСКОРИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОНОВ

Специальность: 01.04.02 - теоретическая
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1978

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук Д.Ю.БАРДИН

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник И.А.САВИН
доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник Р.Н.ФАУСТОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт физики высоких энергий, Серпухов.

Автореферат разослан " " _____ 1978 года.
Защита диссертации состоится " " _____ 1978 года
на заседании Специализированного ученого совета К-047.01.01
Лаборатории теоретической физики Объединенного института
ядерных исследований, Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

В.И.БУРАВЛЕВ

Общая характеристика работы

Актуальность проблем. Глубоконеупругое рассеяние заряженных лептонов на нуклонах

$$\ell + N \rightarrow \ell + \text{адроны} \quad (1)$$

является основным источником информации о структуре нуклонов. В связи с ростом энергии и повышением точности измерений в экспериментах по глубоконеупругому лептон-нуклонному рассеянию важное значение приобретает тщательный анализ радиационных поправок.

Знание радиационных поправок к процессам глубоконеупругого ℓN -рассеяния необходимо для недвусмысленной интерпретации экспериментальных данных. Радиационные поправки нарушают скейлинг, поэтому без их реалистического учета нельзя ответить на вопрос: в какой мере скейлинг нарушается самими сильными взаимодействиями.

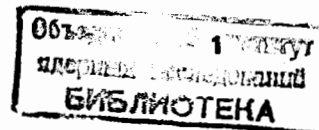
Детальное рассмотрение электромагнитных поправок (ЭП) к процессам глубоконеупругого $e(\mu)N$ -рассеяния было проведено в работах Мо и Тсая^{1,2/}. Результаты этих работ использовались при анализе всех выполненных до сих пор экспериментов по eN -рассеянию при энергии электронов до 20 ГэВ^{3/}, а также по μN -рассеянию при энергии мюонов 7 ГэВ^{4/}, 12 ГэВ^{5/}, 56 ГэВ, 100 ГэВ и 150 ГэВ^{6-8/}.

В связи с начинающимися в 1978 году на суперпротонном ускорителе ЦЕРН-а экспериментами^{9,10/} по глубоконеупругому мюон-нуклонному рассеянию при энергии мюонного пучка 50-280 ГэВ мы провели новое исследование электромагнитных поправок, результаты которого представлены в настоящей диссертации.

Необходимость этого исследования мы видели в следующем:

I. Некоторые эксперименты по глубоконеупругому μN -рассеянию (см., например,^{11/}) выполняются в области $Q^2 \approx m_\mu^2$ (Q - изменение 4-импульса лептона, m_μ - масса мюона). Формулы Мо и Тсая неприменимы при таких Q^2 , поэтому необходимо иметь точные формулы.

II. Выражения для ЭП в работе^{11/} содержат параметр "мягкости" Δ , разделяющий вклады мягких и жестких фотонов. В инклюзивных экспериментах, однако, эти вклады физически не разделены, поэтому желательно, чтобы выражения были явно ковариантными, что



позволит непосредственно применить их к планируемым экспериментам на встречных μp – пучках (см., например, /12, 13/).

Наше исследование электромагнитных поправок к глубоконеупругому лептон-нуклонному рассеянию преследовало также следующие цели:

1) получить информацию о величине и поведении ЭП при высоких энергиях;

2) выделить те кинематические области глубоконеупругого рассеяния (если таковые имеются), в которых ЭП низшего порядка столь велики, что нельзя исключить значительных эффектов от ЭП более высоких порядков;

3) исследовать вопрос о чувствительности ЭП к выбору подгонки для структурных функций;

4) исследовать применимость при высоких энергиях часто используемых приближенных формул для оценки ЭП, полученных в Peaking Approximation /1/.

Вторым вопросом, который исследуется в представленной диссертации, является образование позитрониев на ускорителях электронов.

Эксперименты с релятивистскими позитрониями позволяют осуществить проверку преобразований специальной теории относительности /14/, измерить ряд констант квантовой электродинамики, а также изучать взаимодействие релятивистского позитрония с веществом.

Последняя глава диссертации посвящена теоретическому рассмотрению процесса генерации позитрониев электронами, взаимодействующими с веществом. Цель этого исследования – получить информацию об энергетических и угловых характеристиках, а также о выходе образующихся (e^+e^-)-атомов, что необходимо для постановки экспериментов с релятивистскими позитрониями.

Вычисления, проведенные в диссертации, основаны на единой ковариантной процедуре, позволяющей получить спектральные характеристики эксклюзивных и инклюзивных реакций без каких-либо приближений и в лоренц-инвариантной форме.

Научная новизна работы. Впервые получены точные лоренц-инвариантные формулы для электромагнитных поправок низшего порядка к непрерывному спектру, справедливые во всей кинематической области глубоконеупругого νN -рассеяния.

Найденные формулы не зависят от параметра "мягкости". Это является отражением того факта, что при инклюзивной постановке эксперимента мягкие и жесткие фотоны физически не различимы.

Рассмотрен частный случай формул для ЭП к непрерывному спектру, когда структурные функции удовлетворяют Бьеркеновскому скейлингу.

В диссертации дано первое полное теоретическое рассмотрение генерации позитрониев при взаимодействии электронов с веществом. Вычислены энергетические и угловые характеристики рождающихся пара- и ортопозитрониев. Сделана оценка выхода (e^+e^-)-атомов в пара- и орто-состоянии, который может быть достигнут на существующих ускорителях электронов.

Практическая ценность работы. Результаты исследования электромагнитных поправок к глубоконеупругому лептон-нуклонному рассеянию используются при подготовке программного обеспечения предстоящего совместного эксперимента /9/ (ЦЕРН-Дубна-Мюнхен-Сакле).

В кинематической области этого эксперимента обнаружена устойчивость электромагнитных поправок относительно выбора подгонки структурных функций. Это обстоятельство позволяет упростить алгоритм, на котором основана процедура учета ЭП.

Найденные запретные области, где нельзя исключить значительных эффектов от ЭП высоких порядков, оказались вне кинематических границ предстоящего эксперимента /9/.

В диссертации показано, что на существующих электронных ускорителях (кольцевых и линейных) можно получать достаточно интенсивные и хорошо сформированные пучки позитрониев.

Результаты проведенного в диссертации исследования могут быть использованы при планировании экспериментов с релятивистскими позитрониями на ускорителях электронов.

Следующие результаты выдвигаются для защиты.

1. Вывод точных лоренц-инвариантных формул для электромагнитных поправок низшего порядка в глубоконеупругом лептон-нуклонном рассеянии.

2. Результаты численных расчетов электромагнитных поправок к глубоконеупругому μp -рассеянию при энергии мюонов 50–250 ГэВ.

3. Исследование вопроса о чувствительности ЭП к выбору подгонки для структурных функций.

4. Теоретическое исследование процесса образования позитрониев при взаимодействии электронов с веществом.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались на семинарах Лаборатории теоретической физики и Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, на сессии Отделения ядерной физики АН СССР (Москва, 1975) и на совещании ОИЯИ-ЦЕРН по мюонному эксперименту (Дубна, июнь 1977). Часть результатов была представлена на XVIII Международную конференцию по физике высоких энергий (Тбилиси, 1976).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано шесть статей.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений. Каждая глава снабжена расширенной аннотацией. Работа содержит 125 страниц, включая 26 рисунков и библиографический список литературы из 104 названий.

Содержание работы

Во введении обосновывается интерес к изучению вопросов, рассматриваемых в диссертации, и дается изложение основных результатов и выводов диссертации.

Первая глава носит вводный характер. В разделе 1.1 формулируется проблема радиационных поправок к глубоконеупругому ℓN -рассеянию. Во втором разделе подробно обсуждаются электромагнитные поправки низшего порядка:

$$2\text{Re} \left[\begin{array}{c} \text{Diagram 1} \\ \text{Diagram 2} \\ \text{Diagram 3} \\ \text{Diagram 4} \end{array} \right] + \quad (2)$$

$$+ \left[\begin{array}{c} \text{Diagram 5} \\ \text{Diagram 6} \\ \text{Diagram 7} \end{array} \right]^2$$

Аргументируется достоверность модельно-независимого расчета лептонных ЭП (вклад диаграмм 1,2 и 5,6) в рамках обычной квантовой электродинамики.

В разделе 1.3 отмечается, что в настоящее время из-за модельных неопределенностей "слабые" поправки, отвечающие возможному вкладу нейтральных токов, не могут быть вычислены настолько точно, чтобы их можно было включить в процедуру учета радиационных поправок. Завершает главу детальное рассмотрение физической области одночастичного спектра в тех инвариантных переменных, которые используются в следующих двух главах.

Во второй главе диссертации рассматривается вклад радиационного хвоста от упругого пика, т.е. процесса

$$\ell + N \rightarrow \ell + \gamma + N \quad (3)$$

в измеряемое сечение глубоконеупругого лептон-нуклонного рассеяния.

В первом разделе подробно излагается кинематика реакции (3). В разделе 2.2 вычисляется инвариантное инклюзивное сечение упругого радиационного хвоста. Результат имеет вид:

$$\frac{d^2\sigma^{\text{el tail}}}{dx dy} = \frac{2\alpha^3}{\lambda_S^2} S_y^2 \int \frac{dt}{t^2} \left[t G_m^2(t) S_1^2(t) + \frac{G_E^2(t) + \tau G_N^2(t)}{1 + \tau} S_2^2(t) \right], \quad (4)$$

где $S_1^2(t)$ и $S_2^2(t)$ - вычисленные функции. В выражении (4) x и y - обычные скейлинговые переменные, t - квадрат переданного нуклону импульса; $\lambda_S^2 = S^2 - 4m^2 M^2$, $S = 2ME$, $\tau = t/4M^2$; m и M - массы лептона и нуклона, E - энергия начального лептона в л.с.

В третьем разделе обсуждаются результаты численных расчетов инклюзивного сечения процесса

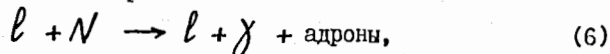
$$\mu + p \rightarrow \mu + \gamma + p \quad (5)$$

Результаты вычислений сравниваются с расчетом по приближенной формуле (С.11) работы [1]. Показано, что при рассматриваемых энергиях радиационный хвост от упругого пика дает существенный вклад в измеряемое сечение глубоконеупругого ℓN -рассеяния в достаточно обширной кинематической области. Особенно он значителен в области малых x , которая представляет большой интерес с точки зрения экспериментального обнаружения частиц с новыми кванто-

выми числами^{/15/}. Установлено, что для расчета вклада упругого радиационного хвоста при высоких энергиях **Peaking Approximation** неприменим. Раздел 2.4 содержит краткие выводы.

В третьей главе диссертации проводится исследование лептонных ЭИ низшего порядка к непрерывному спектру в глубоконеупругом ℓN -рассеянии. Получены точные лоренц-инвариантные формулы для электромагнитных поправок к непрерывному спектру, применимые во всей кинематической области глубоконеупругого рассеяния.

В разделе 3.1 рассматривается кинематика радиационного хвоста от непрерывного спектра



который при инклюзивной постановке эксперимента неотличим от процесса (1). Во втором разделе вычисляется инвариантный спектр лептонов в реакции (6) (вклад диаграмм 5,6 выражения (2)). В разделе 3.3 проводится устранение инфракрасной расходимости, присутствующей в инклюзивном сечении процесса (6). При этом используется ковариантная процедура^{/16/} отделения инфракрасно расходящейся части сечения. Для вклада радиационного хвоста от непрерывного спектра в наблюдаемое сечение глубоконеупругого рассеяния получено следующее выражение:

$$\frac{d^2\sigma_R}{dx dy} = \frac{d^2\sigma_R^{IR}}{dx dy} + \frac{d^2\sigma_R^F}{dx dy}, \quad (7)$$

$$\frac{d^2\sigma_R^{IR}}{dx dy} = \frac{d^2\sigma_0}{dx dy} \cdot \frac{\alpha}{\pi} \delta_R^{IR}, \quad (8)$$

$$\frac{d^2\sigma_R^F}{dx dy} = \frac{2\alpha^3}{\lambda_s^2} \int_x^1 d\bar{z} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} dt \left[\frac{1}{\bar{z}^2 t} S(\bar{z}, t) - \frac{1}{x^2 y} S^{IR}(\bar{z}, t) \right], \quad (9)$$

$$S(\bar{z}, t) = 2M W_1(\bar{z}, t) S_1(\bar{z}, t) + \nu W_2(\bar{z}, t) \frac{1}{T} S_2(\bar{z}, t), \quad (10)$$

$$S^{IR}(\bar{z}, t) = 2M W_1(x, y) S_1^{IR}(\bar{z}, t) + \nu W_2(x, y) \frac{1}{\bar{z}} S_2^{IR}(\bar{z}, t), \quad (11)$$

где δ_R^{IR} , $S_1(\bar{z}, t)$, $S_2(\bar{z}, t)$, $S_1^{IR}(\bar{z}, t)$ и $S_2^{IR}(\bar{z}, t)$ - численные функции, имеющие достаточно простой вид. Здесь $\bar{z} = t/T$, $T = t + M_s^2 - M^2$, M_s - инвариантная масса системы конечных адронов; $Y = S_x y$, $S_x' = S_y$;

$$t_{\max, \min} = \frac{V(S_x \pm \sqrt{\lambda_Y}) + 2M^2 Y}{2(V/\bar{z} + M^2)}, \quad (12)$$

$$V = S_x - Y/\bar{z}, \quad \lambda_Y = S_x^2 + 4M^2 Y.$$

В разделе 3.3 приведены также формулы для вклада диаграмм 1 и 2 - $d^2\sigma_V/dx dy$ в принятых нами обозначениях.

В четвертом разделе в предположении, что структурные функции $2M W_1$ и νW_2 удовлетворяют эберкеновскому скейлингу:

$$2M W_1(\bar{z}, t) = f_1(\bar{z}), \quad \nu W_2(\bar{z}, t) = \bar{z} f_2(\bar{z}), \quad (13)$$

получено выражение для конечной части сечения $d^2\sigma_R^F/dx dy$ в виде однократного интеграла по \bar{z} .

Раздел 3.5 посвящен оценке ЭИ к непрерывному спектру в приближении скейлинга. Приведены результаты расчетов электромагнитных поправок в глубоконеупругой области по найденным точным формулам и формулам M_0 и $T_{\text{сая}}$. Для структурных функций $f_1(x)$ и $f_2(x)$ бралась их экспериментальная подгонка^{/17/} в рамках партонной модели ($f_1(x) = f_2(x)$), основанная на анализе данных по глубоконеупругому $e p$ -рассеянию^{/18/}.

В шестом разделе проводятся более реалистические вычисления ЭИ к непрерывному спектру. Для структурных функций используются новейшие результаты анализа мировых данных по электророжению адронов в резонансной^{/19/} и глубоконеупругой^{/20/} областях ($E = 20$ ГэВ) с последующей экстраполяцией в область высоких энергий (см. рис. 1 и 2).

Найдено, что в большей части кинематической области (до $x \sim 0,1$ при $E = 250$ ГэВ) поправки не чувствительны к выбору подгонки структурных функций. Обнаружены запретные для эксперимента области (вблизи $y = 1$), в которых нельзя исключить значительных эффектов от ЭИ высоких порядков. Исследование применимости формул, полученных в **Peaking Approximation**, показало, что для расчета ЭИ к непрерывному спектру это приближение хо-

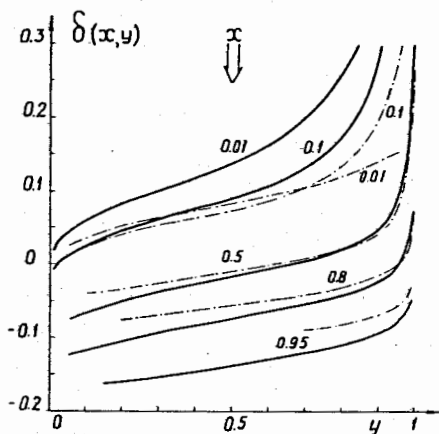


Рис.1. Электромагнитные поправки к сечению процесса $\mu + p \rightarrow \mu +$ адроны при $E=50$ ГэВ (штрих-пунктирные кривые) и при $E=250$ ГэВ (сплошные кривые).

Здесь

$$\delta(x, y) \equiv \left(\frac{d^2\sigma_k}{dx dy} + \frac{d^2\sigma_v}{dx dy} \right) / \frac{d^2\sigma_0}{dx dy}.$$

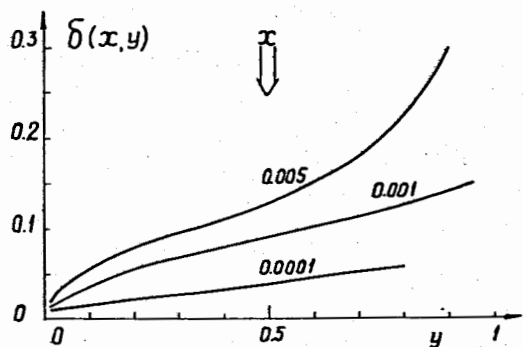
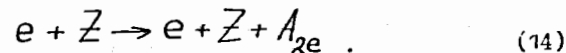


Рис.2. Электромагнитные поправки к сечению процесса $\mu + p \rightarrow \mu +$ адроны в области малых x ($E=250$ ГэВ).

рошо работает в тех кинематических областях, где имеется устойчивость ЭИ относительно выбора подгонки для структурных функций. В разделе 3.7 подведены итоги проведенного исследования.

Четвертая глава диссертации посвящена теоретическому исследованию генерации позитрониев при взаимодействии электронов с веществом:



В первом разделе проводится детальное исследование физической области изменения инвариантов задачи. В разделе 4.2 получены достаточно простые формулы (справедливые с точностью в несколько процентов), позволяющие вычислить энергетические и угловые распределения орто- и парапозитрониев, образующихся в процессе (14). Так, например, энергетический спектр (e^+e^-)-атомов имеет вид:

$$\frac{d\sigma^{0,1}}{dx} = c \bar{\Phi} \frac{m^2 N^{0,1}}{\lambda M^2} \int \frac{dt}{t^2} F^2(t) \int d\lambda_\gamma S^{0,1}(t, \lambda_\gamma), \quad (15)$$

где $S^0(t, \lambda_\gamma)$ и $S^1(t, \lambda_\gamma)$ - функции, найденные с уровня матричного элемента с помощью программы аналитических вычислений S C H O O N S C H I P /21/. Здесь индексы 0 и 1 соответствуют пара- и ортопозитрониям; x , t и λ_γ - инварианты задачи ($x = 2MK_0$, K_0 - энергия атома A_{2e} в л.с., M - масса ядра); $F(t)$ - атомный фактор; $c = 0,3\alpha^4$, $\bar{\Phi} = v_0^2 Z^2 \alpha$.

В третьем разделе обсуждаются результаты численных расчетов энергетических спектров триплетных и синглетных позитрониев (см. рис.3 и 4). Исследуется также вопрос об угловых характеристиках (e^+e^-)-атомов. Показано, что конус вылета позитрониев в л.с. достаточно узкий. По простой формуле

$$N = J_0 (1 - e^{-L/l_0}) \sigma^{at} / \sigma_D \quad (16)$$

оценивается выход орто- и парапозитрониев, который может быть достигнут на существующих ускорителях электронов. В (16) J_0 - интенсивность пучка электронов, L - толщина мишени, $l_0 = A / (\sigma_D \rho N_A)$ (A - массовое число мишени, ρ - ее плотность, N_A - число Авогадро), σ_D - сечение развала позитрониев в веществе /22/, а σ^{at} - полное сечение электророжения атомов A_{2e} на ядре.

Показано, что при энергии электронов 1 ГэВ и интенсивности кольцевого ускорителя 10^{13} с^{-1} на вольфрамовой мишени будет обра-

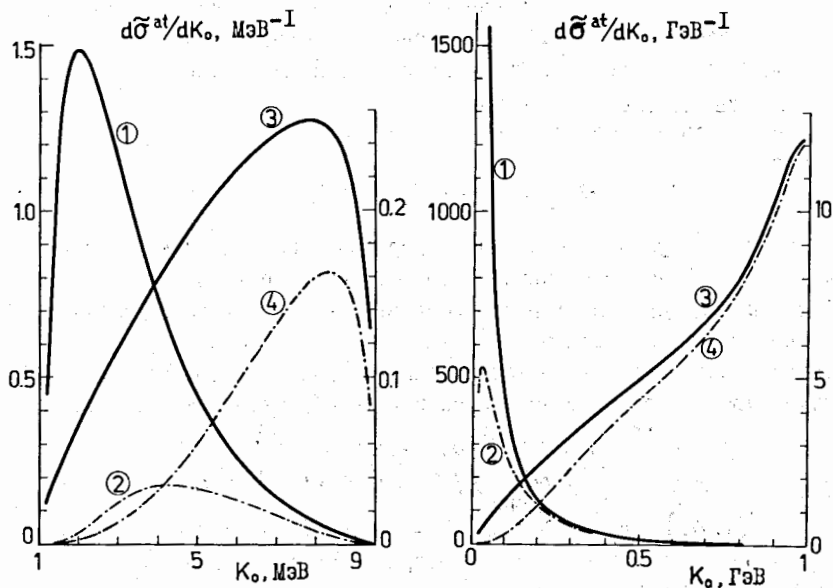


Рис.3. Энергетические спектры пара- и ортопозитрониев для вольфрамовой мишени при $E=10$ МэВ (кривые 1 и 3). Штрих-пунктирные линии 2 и 4 соответствуют спектрам пара- и ортопозитрониев, вылетающих в конус с $\bar{\theta} = 0,1$ рад. Кривые 1,2 и 3,4 даны в масштабах левой и правой шкалы.

Рис.4. То же, что и на рис.3, при $E=1$ ГэВ и $\bar{\theta} = 0,005$ рад.

зовываться в час 1200 атомов A_{2e} в пара- и 24 в орто-состоянии. На линейных ускорителях за счет большой интенсивности пучка электронов может быть получен существенно больший выход позитрониев. Так, например, на линейном ускорителе при энергии электронов 10 МэВ и интенсивности $J_0 = 6 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$ (это соответствует току 10 мА) на вольфрамовой мишени будет образовываться 35 пара- и 11 ортопозитрониев в секунду. В разделе 4.4 содержатся краткие выводы.

В Заключение приведены основные результаты диссертации.

В Приложении А рассматривается переход в фазовом объеме реакций $2 \rightarrow 3$ к независимым инвариантным переменным на примере кинематики упругого радиационного хвоста.

В Приложении Б демонстрируется вычисление инфракрасно расходящейся части сечения радиационного хвоста от непрерывного спектра.

В Приложении В приведены формулы для вклада радиационного хвоста от непрерывного спектра в переменных M_s^2 и t .

Основные результаты, полученные в диссертации

1. Получены точные лоренц-инвариантные формулы для вклада упругого радиационного хвоста в измеряемое сечение и для ЭИ низшего порядка к непрерывному спектру, применимые во всей кинематической области глубоконеупругого νN -рассеяния. Рассмотрен частный случай формул для ЭИ к непрерывному спектру, когда структурные функции удовлетворяют бьеркеновскому скейлингу.

2. Вычислены электромагнитные поправки к глубоконеупругому μp -рассеянию при энергии мюонов 50–250 ГэВ с использованием результатов анализа мировых данных по упругому и неупругому $e p$ -рассеянию.

3. Найдены кинематические области глубоконеупругого рассеяния, где электромагнитные поправки низшего порядка столь велики, что нельзя исключить значительных эффектов от ЭИ более высоких порядков. Такие запретные области расположены вблизи $y = 1$ и поэтому труднодоступны для эксперимента.

Тем не менее, вычисление ЭИ следующего порядка представляется желательным для оценки точности проведенных расчетов.

4. Исследован вопрос об устойчивости ЭИ к непрерывному спектру относительно выбора подгонки структурных функций. Установлено, что в большей части кинематической области глубоконеупругого νN -рассеяния электромагнитные поправки не чувствительны к выбору подгонки для структурных функций.

5. Проведено исследование применимости формул для оценки электромагнитных поправок, полученных в **Peaking Approximation**. Обнаружено, что для расчета ЭИ к непрерывному спектру это приближение хорошо работает в тех кинематических областях, в которых имеется слабая чувствительность к структурным функциям. Для расчета же вклада упругого радиационного хвоста при высоких энергиях **Peaking Approximation** неприменим.

6. Теоретически рассмотрена генерация позитрониев при взаимодействии электронов с веществом. Вычислены энергетические и угловые характеристики образующихся орто- и парапозитрониев для

вольфрамовой мишени при энергии электронов 10 МэВ и 1 ГэВ. Сделана оценка выхода (e^+e^-)-атомов в орто- и пара-состоянии, который может быть достигнут на существующих ускорителях электронов (кольцевых и линейных).

Показано, что электронные ускорители являются источниками достаточно интенсивных и хорошо сформированных пучков позитронов.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

- А.А.Ахундов, Д.Ю.Бардин, Л.Л.Неменов. ОИЯИ, P2-9565, Дубна, 1976.
- А.А.Ахундов, Д.Ю.Бардин. ОИЯИ, P2-9587, Дубна, 1976.
- А.А.Akhundov, D.Yu.Bardin, N.M.Shumeiko. JINR, E2-10147, Dubna, 1976.
- А.А.Akhundov, D.Yu.Bardin, N.M.Shumeiko. JINR, E2-10205, Dubna, 1976.
- А.А.Ахундов, Д.Ю.Бардин, Н.М.Шумейко. ЯФ, 26, 1251, 1977; ОИЯИ, E2-10471, Дубна, 1977.
- А.А.Ахундов, Д.Ю.Бардин, Л.Л.Неменов. ЯФ, 27, 1211, 1978; ОИЯИ, P2-10738, Дубна, 1977.

Литература

1. L.W.Mo, Y.S.Tsai. Rev.Mod.Phys., 41, 205, 1969.
2. Y.S.Tsai. SLAC-PUB-848, 1971.
3. R.E.Taylor. SLAC-PUB-1729, 1976.
4. A.Entenberg et al. Phys.Rev.Lett., 32, 486, 1974.
M.May et al. Phys.Rev.Lett., 35, 407, 1975.
5. T.J.Braunstein et al. Phys.Rev., D6, 106, 1972.
6. Y.Watanabe et al. Phys.Rev.Lett., 35, 898, 1975.
C.Chang et al. Phys.Rev.Lett., 35, 901, 1975.
7. H.L.Anderson et al. Phys.Rev.Lett., 36, 1422, 1976.
L.W.Mo. Proc.Int.Symp. on Lepton and Photon Interactions at High Energies, California, 1975.
8. H.L.Anderson et al. Phys.Rev.Lett., 38, 1450, 1977.
9. F.Krienen et al. CERN/SPSC/74-79, P19, 1974.
10. R.Cliff et al. CERN/SPSC/74-78, P18, 1974.

11. H.L.Anderson et al. Paper No. 252 contributed to the XVIII Int. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, 1976.
12. Particle Physics with Positron-Electron-Proton Colliding Beams. SLAC Report SLAC-146, LBL-750, UC-34, 1972.
13. D.Berley, P.J.Limon, L.W.Mo, A.L.Read, R.J.Stefanski. Summer Study, Fermilab, 1976.
14. Л.Л.Неменов. ЯФ, 24, 319, 1976.
15. F.Bletzacker, H.T.Nien, A.Soni. Phys.Rev.Lett., 37, 1316, 1976.
V.Barger, R.J.N.Phillips. Phys.Lett., 65B, 167, 1976.
16. Д.Ю.Бардин, Н.М.Шумейко. ОИЯИ, P2-10113, Дубна, 1976.
17. V.Barger, R.J.N.Phillips. Nucl.Phys., B73, 269, 1974.
18. A.Bodek et al. Phys.Rev.Lett., 30, 1087, 1973.
19. F.W.Brasse et al. Nucl.Phys., B110, 413, 1976.
20. S.Stein et al. Phys.Rev., D12, 1884, 1975.
21. H.S.Strubbe. Comp.Phys.Com., 8, 1, 1974.
22. Л.С.Дульян, А.М.Кочинян, Р.Н.Фаустов. ЯФ, 25, 814, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 января 1978 года.