

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1820 / 82

19/4-82

P2-82-53

В.А.Бедняков, С.Г.Коваленко

ПИОННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КВАРКОВ
И ГЛЮОНОВ В КХД

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1982

За последнее время наметился определенный прогресс в экспериментальном изучении свойств кварковых распределений π -мезона. Из экспериментальных данных по сечениям рождения древлновских лептонных пар в πN -взаимодействиях была получена важная информация о функциях распределения /ФР/ кварков по доле продольного импульса π -мезона^{/1/}. В связи с этим возрастает актуальность теоретического изучения указанных функций на основе КХД. По нашему мнению, этому вопросу пока не было уделено достаточного внимания. Между тем помимо чисто теоретического интереса детальное рассмотрение этого вопроса имеет определяющее значение для КХД анализа глубоководных процессов с участием π -мезона. В настоящей заметке предпринята попытка отчасти восполнить существующий пробел и получить явный вид пионных ФР кварков и глюонов исходя из представлений КХД.

Эволюция ФР по Q^2 описывается интегродифференциальными эволюционными уравнениями Липатова-Алтарелли-Паризи /ЗУ/^{/2/}:

$$\frac{df_v(x,s)}{ds} = \int_x^1 \frac{dy}{y} f_v(y,s) P_{qq}\left(\frac{x}{y}\right),$$

$$\frac{d\Sigma(x,s)}{ds} = \int_x^1 \frac{dy}{y} \{ \Sigma(y,s) P_{qq}\left(\frac{x}{y}\right) + f_g(y,s) P_{qg}\left(\frac{x}{y}\right) \}, \quad //$$

$$\frac{df_g(x,s)}{ds} = \int_x^1 \frac{dy}{y} \{ \Sigma(y,s) P_{gq}\left(\frac{x}{y}\right) + f_g(y,s) P_{gg}\left(\frac{x}{y}\right) \},$$

где $\Sigma = 3f_v + 8f_s$ - синглетная комбинация кварковых ФР; f_v, f_s и f_g - ФР валентных, морских кварков и глюонов соответственно; P_{ij} - функция расщепления кварков и глюонов, их явные выражения в главном логарифмическом приближении можно найти в работах^{/3/}; $s = \ln(\ln(Q^2/\Lambda^2)/\ln(Q_0^2/\Lambda^2))$ - стандартная эволюционная переменная; Λ - КХД параметр; Q_0^2 - исходная точка эволюции.

Указанное предсказание КХД содержит, однако, значительный функциональный произвол, связанный с теоретической неопределенностью начальных условий /НУ/ уравнений /1/. НУ не являются, как известно, предметом теории возмущений и пока не

могут быть вычислены в рамках КХД. Для их задания требуется привлечение дополнительной информации, например, в виде физически содержательных моделей, построенных в согласии с основными положениями КХД, или эмпирических параметризаций соответствующих экспериментальных данных^{/4/}. На наш взгляд, предпочтительна первая из этих возможностей.

В настоящей заметке для задания НУ мы воспользуемся предсказаниями статистической кварк-глюонной модели с реджевской асимптотикой^{/5/}. В основе модели лежит предположение о возможности восстановления во всем интервале изменения, $0 \leq x \leq 1$, кварковых $f_{v,s}(x, Q_0^2)$ и глюонных $f_g(x, Q_0^2)$ ФР при некотором фиксированном $Q^2 = Q_0^2$ исходя из поведения этих функций в реджевской области ($x \approx 0$). То есть $f_i(x) = \hat{A}_i(\bar{f})$, где $f_i(x) \rightarrow \bar{f}_i(x)$. Экстраполирующий оператор \hat{A}_i строится в рамках статистического партонного подхода Бьеркена-Паскоса и Кути-Вайскопфа в согласии с основными представлениями КХД о кварк-глюонной структуре адрона. Вид $f_i(x)$ устанавливается на основании реджевского анализа амплитуды виртуального комптоновского рассеяния. Предсказания модели для ФР кварков и глюонов в π -мезоне имеют вид:

$$f_v^\pi(x) = \frac{x^{-1/2} D_3^{(1)}(1-x)}{B(1/2, a_2 + 1)}, \quad f_s^\pi(x) = \frac{a_2 - a_1}{8x} D_3^{(2)}(1-x),$$

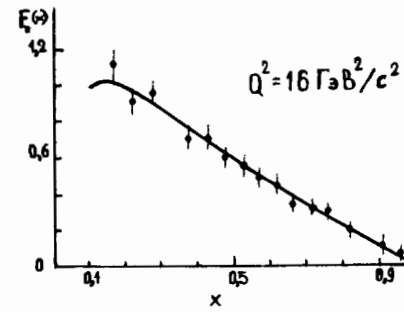
$$f_g^\pi(x) = \frac{a_1}{x} e^{-a_4 x} D_4^{(2)}(1-x), \quad /2/$$

где

$$D_i^{(n)}(y) = y^{a_2 - 1 + n/2} \frac{\Phi(a_1, a_2 + \frac{n}{2}; -a_i y)}{\Phi(a_1, a_2 + 1; -a_i)}$$

$\Phi(a, \beta, z)$ - вырожденная гипергеометрическая функция. Этими выражениями воспользуемся для задания начальных условий ЭУ при $Q^2 = Q_0^2$.

Решения ЭУ, вообще говоря, можно представить числовыми таблицами, воспользовавшись каким-либо численным алгоритмом их нахождения. Однако такое представление ФР неудобно для использования, область его применения существенно ограничена. Поэтому вопрос о наиболее рациональном представлении предсказаний КХД для кварковых и глюонных ФР развивался в последнее время в направлении поиска приближенных решений ЭУ в явной аналитической форме. Уместно добавить, что сами ЭУ получены в некотором приближении теории возмущений. По этой причине вполне достаточно располагать их решениями, точность которых сравнима с точностью уравнений. Различные варианты таких решений соответствующих ФР в нуклоне широко представлены в литературе^{/4/} /см. ссылки в^{/5/}/. Аналогичные решения для π -мезона пока



отсутствуют. Мы будем искать соответствующие этому случаю приближенные решения ЭУ в том же виде /2/, в котором заданы НУ эволюционных уравнений, придавая Q^2 -зависимость параметрам a_i .

Ограничиваясь линейным приближением по эволюционной переменной s , запишем:

$$a_i(Q^2) = a_i^{(0)} + a_i^{(1)} s. \quad /3/$$

Таким образом, задача нахождения приближенного решения ЭУ сводится к определению констант $a_i^{(0)}, a_i^{(1)}$. Константы $a_i^{(0)}$, характеризующие НУ, определим из экспериментальных данных. Для этого используем уже упоминавшиеся результаты измерения кварковых распределений π -мезона в процессе рождения массивных лептонных пар в πN -взаимодействиях. На рисунке для сравнения представлены теоретическая кривая при оптимальном выборе $a_i^{(0)}$ и названные экспериментальные результаты*.

Для определения эволюционных констант $a_i^{(1)}$ потребуем, чтобы выражения /2/ наилучшим образом удовлетворяли ЭУ /1/. С этой целью минимизируем функционал:

$$\chi^2[f] = \sum_{j=v,s,g} \int_0^1 dx \int_0^1 ds |L_j(f(a_i^{(1)}(x,s)) - R_j(f(a_i^{(1)}(x,s)))|^2, \quad /4/$$

где L_j и R_j - левые и правые части ЭУ /1/ после подстановки в них выражений /2/ с учетом параметризации /3/. Условие минимума χ^2 представляет собой систему из 4 уравнений, откуда вычисляются искомые значения $a_i^{(1)}$. Найденные значения констант $a_i^{(0)}, a_i^{(1)}$ приведены в таблице. Подставляя табличные значения параметров в формулы /2/ и /3/, получаем приближенное решение ЭУ для π -мезонных ФР в явном аналитическом виде.

Таблица

Q_0^2	$a_1^{(0)}$	$a_2^{(0)}$	$a_3^{(0)} = a_4^{(0)}$	$a_1^{(1)}$	$a_2^{(1)}$	$a_3^{(1)}$	$a_4^{(1)}$
16	1,06	1,5-fixed	-1,50	0,99	0,84	-0,29	6,25

* По определению $F_\pi^\pi(x) = 2,4x(f_v^\pi(x) + 3,7f_g^\pi(x))$.

Анализ погрешностей найденного решения показал, что они монотонно возрастают с ростом Q^2 и при $Q^2=2 \times 10^3 \text{ ГэВ}^2/c^2 / Q^2 = 500 \text{ ГэВ}^2/c^2 /$ составляют $5 \div 10\%$ для $\Lambda=0,1 \text{ ГэВ}/c / \Lambda=0,5 \text{ ГэВ}/c$

В заключение авторы благодарят П.С.Исаева и А.В.Радюшкина за интерес к работе, Ю.П.Иванова за помощь в расчетах на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Newman C.V. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 42, p. 951; Badier J. et al. CERN Preprint EP/79-67, 1979.
2. Липатов Л.Н. ЯФ, 1974, 20, с. 181; Altarelli G., Parisi G. Nucl.Phys., 1977, B126, p. 208.
3. Dokshitzer Yu.L., Dyakonov D.I., Troyan S.I. Phys.Lett., 1978, 79B, p. 290,2969.
4. Buras A.J., Gaemers K. Nucl.Phys., 1978, B132, p. 249.
5. Златев И.С. и др. ОИЯИ, P2-81-45, Дубна, 1981; Isaev P.S., Kovalenko S.G. Hadronic Journal, 1980, 3, p. 919.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 января 1982 года.

Бедняков В.А., Коваленко С.Г. Пионные распределения кварков и глюонов в КХД P2-82-53

В явной аналитической форме найдены функции распределения кварков и глюонов в π -мезоне, приближенно удовлетворяющие эволюционным уравнениям квантовой хромодинамики в главном логарифмическом приближении.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Bednyakov V.A., Kovalenko S.G. Quark and Gluon Pion Distributions in QCD P2-82-53

π -meson quark and gluon distribution functions approximately satisfying the Altarelli-Parisi evolution equation have been found in an explicit analytical form.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.