

ВЛИЯНИЕ НЕПЕРТУРБАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ НА НАРУШЕНИЕ СКЕЙЛИНГА

В НЕЙТРИННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $Q^2 = 2,0 - 100,0$ ГэВ²

В.В.Аммосов, В.С.Буртовой, В.А.Гапиенко, Г.С.Гапиенко,
 А.Г.Денисов, В.Г.Заец, В.И.Клюхин, В.И.Корешев,
 П.В.Питухин, В.И.Сиротенко, З.У.Усубов, А.Э.Асратян¹⁾,
 П.А.Горичев¹⁾, С.П.Кручинин¹⁾, М.А.Кубанцев¹⁾,
 И.В.Махлюева¹⁾, А.В.Федотов¹⁾, В.Г.Шевченко¹⁾,
 В.И.Шекелян¹⁾

Проведен совместный анализ вкладов пертурбативных и непертурбативных эффектов в нарушении скейлинга для структурных функций нуклона, измеренных в нейтринных взаимодействиях при $2,0 < Q^2 < 100,0$ ГэВ². Для константы квантовой хромодинамики получено значение $\Lambda_{\overline{MS}} = 0,50 \pm 0,11$ (стат) ГэВ. Вклад непертурбативных эффектов имеет отрицательный знак и его x -зависимость хорошо описывается формой $x^2/(1-x)$.

Нарушение скейлинга в лептон-нуклонных процессах является одним из основных подтверждений пертурбативной квантовой хромодинамики (КХД) — теории сильных взаимодействий. Однако, значения постоянной сильных взаимодействий Λ , определяемые экспериментально в лептон-нуклонных взаимодействиях, зависят от квадрата переданного $4x$ -импульса Q^2 , квадрата инвариантной массы адронной системы W^2 и скейлинговой переменной x ¹. Это свидетельствует о том, что нарушение скейлинга может быть обусловлено не только пертурбативными (твист-2), но и динамическими непертурбативными процессами (эффекты высших твистов (ВТ)). К таким процессам, особенно существенным при умеренных Q^2 , относятся рассеяния на связанных кварках, взаимодействие в конечном состоянии, влияние поперечного движения кварков и т. д. Как экспериментально², так и теоретически^{3, 4} влияние вклада ВТ в нарушение скейлинга к настоящему времени изучено мало.

Общепринятым является степенной вид Q^2 -зависимости вклада непертурбативных процессов в нарушение скейлинга для структурных функций:

$$F_i(x, Q^2) = F_i^{t=2}(x, Q^2) \left[1 + \frac{\mu_4(x)}{Q^2} + \frac{\mu_6(x)}{Q^4} + \dots \right], \quad (1)$$

где $F_i^{t=2}$ определяют вклады пертурбативных процессов и их Q^2 -зависимость описывается уравнением Липатова — Алтарелли — Паризи⁵. Для x -зависимости $\mu_i(x)$ предсказывается вид^{3, 4}: $\mu_i(x) \sim x^\gamma/(1-x)$.

В настоящей работе представлены результаты совместного анализа вкладов пертурбативных и непертурбативных эффектов в нарушение скейлинга в эксперименте по неупругому рассеянию (анти) нейтрино на изоскалярной мишени. Результаты анализа нарушения скейлинга в рамках пертурбативной КХД опубликованы в⁶. Для значения масштабного параметра КХД в первом и во втором порядке по константе связи $\alpha_s(Q^2)$ с учетом поправок на массу мишени при $2,0 < Q^2 < 100,0$ ГэВ² были получены следующие значения:

$$\Lambda_{LO} = 0,16 \pm 0,07 \text{ (стат)} \pm 0,12 \text{ (сист.) ГэВ},$$

$$\Lambda_{\overline{MS}} = 0,17 \pm 0,06 \text{ (стат.)} \pm 0,12 \text{ (сист.) ГэВ}.$$

Эксперимент был выполнен на 15-футовой пузырьковой камере, заполненной неон-водородной смесью (64% атомов Ne). Результаты основаны на статистике 10200 νN и 8265 $\bar{\nu} N$ неупругих взаимодействий заряженного тока, которые удовлетворяли требованиям: энергия налета

¹⁾ Институт теоретической и экспериментальной физики, г. Москва.

тающего (анти) нейтрино больше 10,0 ГэВ; импульс мюона больше 4,0 ГэВ; энергия переданная от лептонной вершины к адронной системе больше 0,5 ГэВ. Более подробно детали эксперимента и критерии отбора событий описаны в ⁷.

Для совместного анализа вкладов пертурбативных и непертурбативных эффектов в нарушение скейлинга использовались данные для xF_3 в интервале $0,0 < x < 0,7$ и данные для F_2 в интервале $0,3 < x < 0,7$ (последнее можно обосновать малостью вклада морских кварков в F_2 при $x > 0,3$). Данные при $x > 0,7$ были исключены из анализа, так как поправки, учитывающие экспериментальные разрешения в этой области, велики. Анализ влияния непертурбативных эффектов на нарушение скейлинга был проведен для области $2,0 < Q^2 < 100,0$ ГэВ².

Для изучения x -зависимости вклада ВТ мы произвели подгонку экспериментальных данных по структурным функциям выражением (1). При этом в правой части выражения (1) мы ограничились членом, пропорциональным $1/Q^2$, а для описания пертурбативных процессов использовались предсказания КХД в схеме \overline{MS} . Структурные функции при $Q^2 = Q_0^2 = 10,0$ ГэВ² были параметризованы в виде $F_i(x, Q_0^2) \sim x^\alpha(1-x)^\beta(1-kx)$. Уравнение Липатова – Алтарецки – Паризи решалось методом, предложенным в ⁸.

Полученная x -зависимость вклада ВТ представлена на рис. 1. Для сравнения там же приведены данные нейтринного эксперимента WA 59 ⁹ и результаты совместного анализа измерений SLAC-MIT и EMC ¹⁰. Как видно из наших данных, при $x > 0,4$ вклад ВТ становится определенно отрицательным. Поведение данных нейтринного эксперимента WA 59 имеет аналогичную тенденцию, однако не столь существенную. Это, возможно, обусловлено тем, что в эксперименте WA 59 предполагалось, что эффектами ВТ можно пренебречь уже при $Q^2 > 4,0$ ГэВ² и $W^2 > 10,0$ ГэВ². Как известно ³, вклад ВТ в нарушение скейлинга может быть существенным вплоть до $Q^2 = 100,0$ ГэВ².

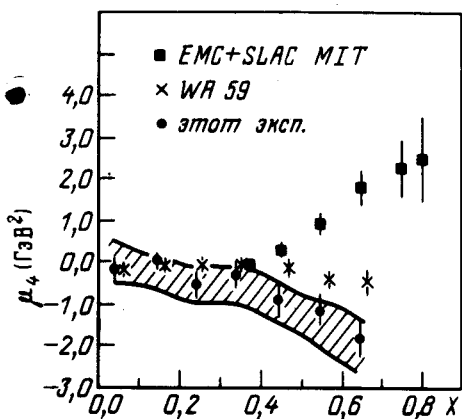


Рис. 1

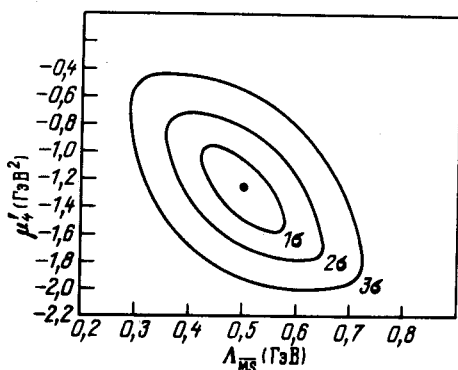


Рис. 2

Рис. 1. x -зависимость вклада непертурбативных эффектов в нарушение скейлинга в структурных функциях нуклона, полученная в различных экспериментах. Систематические неопределенности в определении параметра μ_4 для нашего эксперимента показаны заштрихованной областью

Рис. 2. Корреляция между параметрами $\Lambda_{\overline{MS}}$ и μ'_4 , соответствующая параметризации вклада непертурбативных эффектов в виде $\mu'_4 x^2/(1-x)$

Как видно из рисунка, вклад ВТ в нарушение скейлинга при рассеянии заряженных лептонов на нуклонах имеет при $x > 0,4$ положительный знак. На возможность такого поведения вклада ВТ указывалось Шурыком и Вайнштейном ¹¹.

Поведение вклада ВТ для наших данных, показанное на рис. 1, наилучшим образом описывается формой $\sim x^2/(1-x) / (\chi^2/NDF = 4,3/6)$.

Отрицательный знак вклада непертурбативных эффектов в нарушение скейлинга приводит к отрицательной корреляции между постоянной КХД и постоянной ВТ. Это проиллюстрировано на рис. 2. При этом вклад ВТ параметризовался в виде $\mu'_4 x^2 / (1 - x)$. Лучшее описание данных ($\chi^2/NDF = 66/73$) достигается при $\Lambda_{\overline{MS}} = 0,50 \pm 0,11$ ГэВ, $\mu'_4 = -1,25 \pm 0,50$ ГэВ².

В заключение отметим, что учет непертурбативных эффектов при анализе наших данных существенно увеличивает вклад пертурбативных эффектов в нарушение скейлинга для структурных функций. Константа Λ увеличивается примерно в три раза. В отличие от результатов, полученных при рассеянии заряженных лептонов, вклад ВТ в нейтринных взаимодействиях имеет отрицательный знак.

Литература

1. *Barnett R., Schlatter D., Trentadue L.* Phys. Rev. Lett., 1981, **46**, 1659; *Barnett R.* Phys. Rev. Lett., 1982, **48**, 1657.
2. *Martin B.R., Shaw G.* Z. Phys., 1986, **C33**, 99.
3. *Бедняков В.А. и др.* Препринт P2-83-507, Дубна, 1983.
4. *Soldate M.* Nucl. Phys., 1983, **B223**, 61; *Gunion J.F. et al.* Phys. Rev., 1984, **D29**, 2491; *Eisele F.* Proc. of IV Warsaw Symp. on Elementary Particle Physics, Kazimierz 1981, edited by Adjuk Z. and Doroba K., Warsaw University Press.
5. *Лунатов Л.Н.* ЯФ, 1974, **20**, 181; *Altarelli G., Parisi G.* Nucl. Phys., 1977, **B126**, 298.
6. *Аммосов В.В. и др.* Препринт ИФВЭ 87-81.
7. *Ammosov V.V. et al.* Nucl. Phys., 1982, **B199**, 399.
8. *Gabellini Y. et al.* Nucl. Phys., 1983, **B211**, 509.
9. *Varvell K. et al.* Preprint CERN/EP 87-46.
10. *Aubert J.J. et al.* Nucl. Phys., 1985, **B259**, 189.
11. *Shuryak E.V., Vainshtein A.I.* Nucl. Phys., 1982, **B199**, 451; Nucl. Phys. 1982, **B201**, 141.