

ЭФФЕКТЫ ВЫСШИХ ТВИСТОВ В ПОЛУИНКЛЮЗИВНЫХ $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$ -РЕАКЦИЯХ

В.В.Аммосов ¹⁾, А.Э.Асратян ²⁾, Г.С.Гапиев ¹⁾, В.А.Гапиев ¹⁾,
 П.А.Горичев ²⁾, А.Г.Денисов ¹⁾, В.И.Ефременко ²⁾, В.Г.Заец ¹⁾,
 В.И.Клюхин ¹⁾, В.И.Корешев ¹⁾, С.П.Кручинин ²⁾, М.А.Кубанцев ²⁾,
 И.В.Махлюева ²⁾, П.В.Питухин ¹⁾, В.И.Сиротенко ¹⁾, Е.А.Слободюк ¹⁾,
 З.У.Усубов ¹⁾, А.В.Федотов ²⁾, В.Г.Шевченко ²⁾, В.И.Шекелян ²⁾

Сообщается о наблюдении y - z -корреляции для полуинклюзивных $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$ -процессов в области фрагментации тока в антинейтринном эксперименте, выполненном с помощью 15-футовой пузырьковой камеры Фермилаб. Эта корреляция может быть объяснена эффектом высших твистов. Без учета кинематического эффекта значение параметра $\langle P_T^2 \rangle$, определяющего величину вклада высших твистов, оценено равным $0,18 \pm \pm 0,06$ (ГэВ/с)².

Нарушение скейлинга, наблюдаемое в структурных функциях и функциях фрагментации, удовлетворительно описывается в рамках квантовой хромодинамики (КХД) ¹. Однако корректность сравнения экспериментальных данных с предсказаниями КХД существенным образом зависит от вклада высших твистов (ВТ) ², величина которого, как ожидается, уменьшается с ростом квадрата импульса, переданного от лептона адронам (Q^2), или квадрата инвариантной массы адронной системы (W^2).

Об экспериментальном изучении эффекта ВТ в полуинклюзивных лептон-нуклонных процессах сообщалось в работах ^{3, 4}. Выражение для полуинклюзивного сечения образования отрицательных адронов (h^-) для процесса $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$ можно записать в виде ^{4, 5}:

$$d^3 \sigma / dx dy dz \sim (x/z) [(q(x)(1-y)^2 + \bar{q}(x)) \cdot$$

¹ Институт физики высоких энергий, Серпухов, СССР.

² Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва, СССР.

$$\cdot (1 - z)^2 + (4/9) ((1 - y)/Q^2)(q(x) + \bar{q}(x)) < P_T^2 >] .$$

Здесь $x = Q^2/2mE_H$, $y = E_H/E_\nu$, $z = E_h/E_H$, E_ν — энергия антинейтрино, E_H — энергия, переданная адронам, E_h — энергия адрона, m — масса нуклона, $\langle P_T^2 \rangle$ — параметр, определяющий величину вклада ВТ, а через xq и $x\bar{q}$ обозначены импульсные распределения кварков и антикварков в нуклоне. Это выражение получено в приближении нулевых масс, малых поперечных импульсов адронов и больших z . В случае образования положительных адронов (h^+) в реакции $\nu N \rightarrow \mu^+ h^+ X$ выражение для сечения получается заменой $q \leftrightarrow \bar{q}$. Член, нарушающий скейлинг в этом выражении ($\sim 1/Q^2$), возникает из вклада ВТ и значителен при умеренных Q^2 .

В области больших x , где вкладом антикварков можно пренебречь, эффект ВТ приводит к простому следствию: для νN ($\bar{\nu} N$)-взаимодействии при малых y z -распределение для h^+ (h^-) становится жестче (мягче), чем при больших y . При этом y - z -корреляция в νN ($\bar{\nu} N$)-взаимодействиях должна отсутствовать для „нелидирующих“ h^+ (h^-) адронов. Целью настоящей работы является изучение y - z -корреляции в реакции $\bar{\nu} N \rightarrow \mu^+ h^+ X$.

Ранее указывалось ⁶, что наблюдаемая y - z -корреляция в νN -взаимодействиях для h^+ имеет кинематическую природу и может быть удовлетворительно воспроизведена с помощью модели продольного фазового пространства (ПФП). В модели ПФП причина корреляции проста: при малых y доминируют события с малыми множественностями. Следовательно, вероятность иметь адрону большую величину z велика. Таким образом, учет эффекта ВТ для h^+ в νN -рассеянии приводит к такой же y - z -корреляции, как и кинематический эффект. В то же время, действие эффекта ВТ для h^- в $\bar{\nu} N$ -взаимодействии противоположно кинематическому эффекту. Поэтому $\bar{\nu} N$ -рассеяние представляет исключительную возможность для изучения эффекта ВТ.

Экспериментальный анализ основан на статистике ~ 155000 снимков, полученных с помощью 15-футовой пузырьковой камеры Фермилаб, заполненной тяжелой неон-водородной смесью (64 % атомов не). Более подробно детали эксперимента и отбора событий были описаны ранее ^{7, 8}. В данной работе энергия антинейтрино корректировалась индивидуально для каждого события ⁹. После обрезаний $P_\mu > 4$ ГэВ, $E_\nu > 10$ ГэВ, $Q^2 > 1$ (ГэВ/с)², $W > 2$ ГэВ имеем ~ 3900 $\bar{\nu} N$ -взаимодействий, идущих через заряженный ток. Для этих события $\langle Q^2 \rangle = 6,3$ (ГэВ/с)², $\langle W^2 \rangle = 22$ ГэВ². При анализе использовались только частицы с относительной ошибкой в импульсе $\Delta P/P < 30$ %. Потери плохо измеренных треков учитывались с помощью введения соответствующих поправок ¹⁰. Образец положительных мезонов, для которых ожидается отсутствие эффекта ВТ, использовался для нормировки, что позволяет скомпенсировать одинаковые кинематические зависимости и чисто выявить исследуемый эффект. Анализ вклада неидентифицированных протонов (с импульсом больше 1 ГэВ/с) в образце h^+ адронов, сделанный методом, описанным в работе ¹¹, показал, что для $z > 0,4$ при вышеуказанных обрезаниях их вкладом можно пренебречь. При анализе корреляций рассматривались только адроны, движущиеся в переднюю полусферу в адронной СЦМ.

Для надежного выделения вклада ВТ отбирались события с $x > 0,15$, что позволяет подавить вклад взаимодействия антинейтрино на антикварках. Для изучения Q^2 — зависимости эффекта ВТ анализ был проведен для двух областей по Q^2 : $1 < Q^2 < 8$ (ГэВ/с)² (~ 1900 событий, $\langle Q^2 \rangle = 3,9$ (ГэВ/с)²) и $8 < Q^2 < 50$ (ГэВ/с)² (~ 790 события, $\langle Q^2 \rangle = 16,2$ (ГэВ/с)²).

На рис.1 приведена зависимость от z отношения средних значений y , $\langle y \rangle_{h^-} / \langle y \rangle_{h^+}$ для отрицательных и положительных адронов в двух областях Q^2 . Экспериментальные данные сравниваются с предсказаниями фрагментационной модели Филда и Фейнмана (ФФ) ¹².

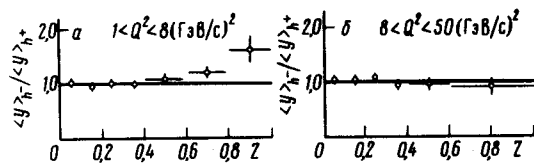


Рис.1. Зависимость от z отношений средних значений y , $\langle y \rangle_{h^-} / \langle y \rangle_{h^+}$, для h^- и h^+ -адронов в реакции $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- (h^+) X$ при $W > 2$ ГэВ и $a = 1$. $\langle Q^2 < 8 (\text{ГэВ}/c)^2$; б - $8 < Q^2 < 50 (\text{ГэВ}/c)^2$. Сплошные линии - предсказания по модели Филда и Фейнмана

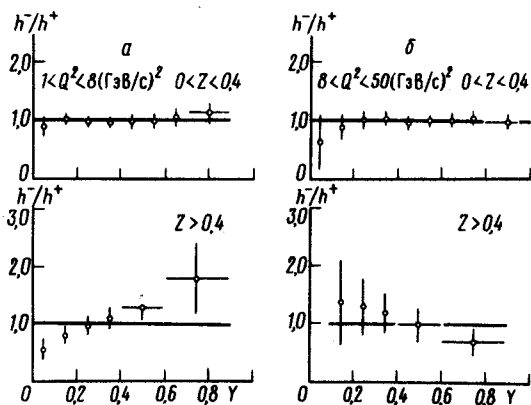


Рис.2. Отношение форм y -распределений для h^+ и h^- -адронов, выбранных в двух областях по z , $z < 0,4$ и $z > 0,4$, для реакции $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- (h^+) X$ при $W > 2$ ГэВ и $a = 1$. $\langle Q^2 < 8 (\text{ГэВ}/c)^2$; б - $8 < Q^2 < 50 (\text{ГэВ}/c)^2$. Сплошные линии - предсказания по модели Филда и Фейнмана

Из рисунка видно, что экспериментальные данные показывают превышение $\langle y \rangle_{h^-}$ над $\langle y \rangle_{h^+}$ в области больших z для малых значений Q^2 , что согласуется с поведением, ожидаемым от вклада ВТ.

Наиболее ярко y - z -корреляция проявляется при сравнении форм y -распределений для выделенных h^+ и h^- адронов. Отношение форм y -распределений представлено на рис. 2 для двух областей по z ($z < 0,4$ и $z > 0,4$) при малых и больших Q^2 . Сплошные линии - предсказания по модели ФФ. Как видно, y -распределение для h^- более жесткое, чем для h^+ только при $z > 0,4$ и малых Q^2 .

Таким образом, наблюдаемое поведение y - z -корреляции согласуется с влиянием вклада ВТ в $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ h^- X$ -процесс.

для количественной оценки величины вклада ВТ мы использовали зависимость доли частиц с большими z ($z > a$) от y , обусловленную y - z -корреляцией. Следуя работам ^{4,5}:

$$D^{h^-}(z > a) = \int_a^1 D^{h^-}(z) dz = \int_a^1 (1/N_{\text{собр}}) (dN^{h^-}/dz) dz =$$

$$= A \int_a^1 (1-z)^2/z dz + AR \langle P_T^2 \rangle \int_a^1 (1/z) dz,$$

где

$$R = (4/9) (q(x) + \bar{q}(x)) / (q(x)(1-y)^2 + \bar{q}(x)(1-y)) / Q^2,$$

A - нормировочная константа. Величина вклада ВТ более чувствительна к введенному таким образом параметру R , чем к y . Если нарушение скейлинга является результатом только эффекта ВТ, то $\langle P_T^2 \rangle$ можно оценить из параметров прямой

$$D^{h^-}(z > a) = b + cR,$$

описывающей зависимость $D^{h^-}(z > a)$ от R . Здесь $b = A \int_a^1 ((1-z)^2/z) dz$ $c =$
 $= A \langle P_T^2 \rangle \int_a^1 (1/z) dz$. При $Q^2 > 1 (\text{ГэВ}/c)^2$; $W > 2$ ГэВ, всех x и $a = 0,4$ найдено значе-

ние $\langle P_T^2 \rangle = 0,18 \pm 0,06 \text{ (ГэВ/с)}^2$ ³⁾. Оценка величины $\langle P_T^2 \rangle$ не чувствительна к обрезанию по x . Так как кинематический эффект частично компенсирует влияние вклада ВТ, то эта оценка величины $\langle P_T^2 \rangle$ является заниженной.

Из проведенного анализа следует, что в процессе $\bar{\nu}N \rightarrow \mu^+ \bar{h} X$ наблюдается y - z -корреляция в области фрагментации тока при $1 < Q^2 < 8 \text{ (ГэВ/с)}^2$. Наблюдаемая корреляция согласуется с эффектом, ожидаемым от вклада ВТ.

В заключение авторы выражают свою искреннюю благодарность физикам Фермиевской национальной ускорительной лаборатории и Мичиганского Университета за активное участие на первой стадии эксперимента.

Литература

1. Perkins D.H. Acta Phys. Polonica, 1980, B11, 39.
2. Gross D.J., Treiman S.B. Phys. Rev., 1971, D4, 1059.
3. Haguenaer M. et al. Phys. Lett., 1981, 100B, 185; Schmitz MN. Proc. of 1981 Int. Symp. of Lepton and Photon Interactions at High Energies, Boon, 1981, p. 527; Allasia D. et al. Saclay Preprint D Ph P E 83-02.
4. Cooper A.M. Proc. of Int. Conference „Neutrino-82”, Budapest, 1982, 2, 163.
5. Berger E.L. Phys. Lett., 1980, 89B, 241.
6. Mazzanti P., Odorico R., Roberto V. Phys. Lett., 1981, 98B, 360.
7. Berge J.P. et al. Nucl. Phys., 1981, B184, 13.
8. Ammosov V.V. et al. Nucl. Phys., 1982, B199, 399.
9. Myatt G. CERN/ECFA, 72-4, 1972, 2, 117.
10. Ammosov V.V. et al. Phys. Lett., 1981, 102B, 213.
11. Ammosov V.V. et al. Nucl. Phys., 1982, B203, 1.
12. Field R.D., Feynman R.P. Nucl. Phys., 1978, B136, 1.
13. Field R.D., Feynman R.P. Phys. Rev., 1977, D15, 2590.