

О НАРУШЕНИИ СКЕЙЛИНГА ВО ФРАГМЕНТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ
ИНКЛЮЗИВНЫХ СПЕКТРОВ pp - И $p\bar{p}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ
ЭНЕРГИЯХ 10^{11} - 10^{14} ЭВ

Д. С. Адамов, А. Д. Ерылкин

УДК 539.171.112

Проведен анализ современных ускорительных данных по pp - и $p\bar{p}$ -взаимодействиям. Результаты свидетельствуют о нарушении фейнмановского скейлинга во фрагментационной области в исследуемом энергетическом диапазоне.

При скейлинге структурная функция $f(\vec{p}, s) \equiv \nu d^3\sigma/d^3\vec{p}$ зависит только от двух переменных: $f(\vec{p}, s) = f(x, p_{\perp})$, где $x = 2p_{\parallel}^{\text{СИМ}}/\sqrt{s}$ - фейнмановская переменная, p_{\parallel} и p_{\perp} - соответственно продольная и поперечная составляющие импульса \vec{p} .

Чтобы исключить тривиальное нарушение скейлинга, обусловленное ростом полного сечения, инклюзивные спектры нормируются на сечение неупругого взаимодействия σ_{in} :

$$\frac{1}{\sigma_{in}} \left[d^3\vec{p}E \frac{d^3\sigma}{d^3\vec{p}} \right] \equiv \left[d^3\vec{p}E \frac{d^3n}{d^3\vec{p}} \right]$$

В этой работе мы исследовали энергосодержание K фрагментационной области ($x > 0,2$) pp - и $p\bar{p}$ -взаимодействий:

$$K = \int d^3p \frac{E}{\sigma_{in}} \frac{d^3\sigma}{d^3p} = \int_{0,2}^{x_{max}} \frac{2E}{\sqrt{8}} \frac{dn}{dx} dx. \quad (I)$$

При больших энергиях, когда справедливо соотношение $(\sqrt{s}/2)0,2 \gg \gg (m^2 + p_1^2)^{1/2}$, формула (I) принимает вид

$$K = \int_{0,2}^1 x (dn/dx) dx.$$

Мы использовали экспериментальные данные двух ускорителей: Батавии ($\sqrt{s} = 13,7$ ГэВ) и ЦЕРНа ($\sqrt{s} = 540$ ГэВ). Энергии в системе покоя мишени E_L соответственно равны 10^{11} и $1,5 \cdot 10^{14}$ эВ. Результаты приведены в табл. I.

Таблица I.

Канал взаимодействия $p+p \rightarrow c+x$	$E_L = 10^{11}$ эВ		$E_L = 1,5 \cdot 10^{14}$ эВ
	$\int_0^{0,2} x \frac{dn}{dx} dx$	$\int_{0,2}^1 x \frac{dn}{dx} dx$	$\int_0^{0,2} x \frac{dn}{dx} dx$
π^+	0,091	0,062	Заряженные частицы 0,262 γ -кванты 0,156-0,189 0,034
π^-	0,073	0,041	
K^+	0,012	0,010	
K^-	0,006	0,008	
p	0,013	0,335	
π^0	0,082	0,052	
η^0	0,016	0,016	
K^0	0,018	0,018	
n	0,013	0,134	
Λ	0,003	0,016	
Сумма	0,327	0,692	0,452-0,485
	1,019		

Проинтегрированные по p_{\perp} инклюзивные спектры заряженных частиц (π^{\pm} , K^{\pm} , p) при $x > 0,2$ для pp -взаимодействия при энергии протона в пучке 100 ГэВ были взяты из работы /1/. При нормировке спектров мы использовали значение $\sigma_{in}/\sigma_{tot} = 0,82$ /2/. Дифракционный пик в реакции $p + p \rightarrow p + K$ аппроксимировался функцией $dn/dx = A/(1-x)$. Коэффициент A был определен из экспериментального значения спектра при $x = 0,36$. Интегрирование проводилось от $x = 0,2$ до $x_{max} = 0,991$ (см третий столбец табл. I).

Используя данные работ /3,4/, мы оценили также долю энергии, несомую заряженными частицами в центральной области быстрой ($x < 0,2$). Результаты приведены в четвертом столбце табл. I.

Вклад нейтральных пионов и каонов мы определяли из следующих предположений: $K_{\pi^0} = (K_{\pi^+} + K_{\pi^-})/2$, $K_K^0 = K_{K^+} + K_{K^-}$. Для нейтронов использовались данные /5/

$$\int_{x_1}^{x_2} x \frac{dn_p}{dx} dx \Big/ \int_{x_1}^{x_2} x \frac{dn_p}{dx} dx = \begin{cases} 0,4; & x_1 = 0,2, & x_2 = 1, \\ 1; & x_1 = 0, & x_2 = 0,2. \end{cases}$$

Наконец, вклад η^0 -мезонов и Λ -гиперонов был оценен по расчетам /6/ для $\sigma_{pp}^{tot} = 40$ мб.

Полное энергосодержание фрагментационной области ($K(E_0 = 10^{11}$ эВ) = 0,692. Точность ограничивается неопределенностью 7% в нормировке экспериментальных данных /1/. Для коэффициента неупругости в pp -взаимодействиях при 10^{11} эВ получается величина 0,50.

Спектры заряженных частиц и фотонов по псевдобыстроте $\eta = -\ln t_g(\theta/2)$, полученные на ускорителе SPSC в ЦЕРНе /7,8/, относятся к центральной области быстрой pp -взаимодействия. Однако можно считать, что при энергиях коллайдера ($\sqrt{s} = 540$ ГэВ) взаимодействия протон-протон и протон-антипротон отличаются очень незначительно. При интегрировании инклюзивных спектров от 0 до $x = 0,2$ мы пользовались соотношением

$$\int_0^{0,2} x \frac{dn}{dx} dx = \int_0^{\eta(x=0,2)} \frac{2p_{\perp}}{\sqrt{s}} \frac{dn}{d\eta} \sinh \eta d\eta.$$

Средний поперечный импульс заряженных частиц мы принимали равным 0,42 ГэВ/с, а фотонов — 0,21 ГэВ/с. Если для заряженных частиц экспериментальные данные позволяют провести интегрирование от 0 до $x = 0,2$, то для фотонов прямые измерения существуют только примерно до $x = 0,05$. Экстраполяция инклюзивных спектров фотонов на область $0,05 < x < 0,2$ проводилась в предположении их происхождения только от π^0 -мезонов. Тем не менее, она приводит к некоторой неопределенности результата. Вклады в энергосодержание нейтронов, K^0 -мезонов и Λ -гиперонов при энергии $1,5 \cdot 10^{14}$ эВ были приняты такими же, как и при 10^{11} эВ. Результаты интегрирования приведены в четвертом столбце табл. I. Чтобы получить энергосодержание фрагментационной области $0,2 < x < 1$ при энергии $1,5 \cdot 10^{14}$ эВ, надо воспользоваться инклюзивным правилом сумм:

$$\sum_{x=0}^1 \int_0^1 x(dn_1/dx)dx = 1. \text{ Вычитая сумму всех интегралов от } 0 \text{ до } x = 0,2 \text{ из единицы, получим следующую оценку: } K(E_0 = 1,5 \cdot 10^{14} \text{ эВ}) = 0,515 - 0,548.$$

Из приведенных выше цифр следует, что энергосодержание фрагментационной области при увеличении энергии от 10^{11} до $1,5 \cdot 10^{14}$ эВ уменьшается в 1,26–1,34 раза. Хотя это изменение слабее, чем полное сечение, которое в том же интервале изменяется в 1,70 раз, тем не менее оно сильнее, чем в некоторых теоретических моделях. Так, например, в аддитивной кварковой модели изменение энергосодержания фрагментационной области составляет 1,06 /6/.

Таким образом, из данных ускорителей следует заключить, что существует нарушение скейлинга во фрагментационной области.

В заключение авторы благодарят А. Б. Кайдалова и Ю. М. Шабельского за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
6 июня 1983 г.

Л и т е р а т у р а

1. A. E. Brenner et al., Phys. Rev. D, 26, 1497 (1982).
2. A. J. Buras, J. Dias de Deus, Nucl. Phys., B71, 481 (1974).
3. A. D. Erlykin, L. K. Ng, A. W. Wolfendale, J. Phys. A, 7, 1059 (1974).