

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



7032

Экз. чит. зал

P2 - 7032

В.Г.Гришин

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ
МЕЖДУ СТРУКТУРНЫМИ ФУНКЦИЯМИ
В ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССАХ ДЛЯ ЧАСТИЦ,
ОТНОСЯЩИХСЯ К ОДНОМУ ИЗОМУЛЬТИПЛЕТУ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P2 - 7032

В.Г.Гришин

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ
МЕЖДУ СТРУКТУРНЫМИ ФУНКЦИЯМИ
В ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССАХ ДЛЯ ЧАСТИЦ,
ОТНОСЯЩИХСЯ К ОДНОМУ ИЗОМУЛЬТИПЛЕТУ

Направлено в ЯФ

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

1. Введение

В настоящее время интенсивно исследуются процессы множественного рождения частиц в адрон-адронных взаимодействиях. В основном изучаются инклюзивные реакции типа

$$a + b \rightarrow c + \dots, \quad /1/$$

где a, b - первичные частицы и c - вторичная /например, π, K, N и т.д./. В связи с гипотезой масштабной инвариантности широко используются структурные функции $f_i(\vec{q}, s)$, которые определяются выражением

$$f_i(\vec{q}, s) = \omega_i \frac{d^3\sigma}{d^3\vec{q}_i}. \quad /2/$$

Здесь ω_i и q_i - энергия и импульс вторичной частицы i -того типа, s - квадрат полной энергии сталкивающихся частиц*. Интеграл по инвариантному фазовому объему от $f_i(\vec{q}, s)$:

$$\int f_i(\vec{q}_i, s) \frac{d^3\vec{q}_i}{\omega_i} = N_i \sigma_{in}^i, \quad /3/$$

* Если имеет место масштабная инвариантность, то f_i не зависит явно от s .

где N_i - среднее число частиц данного типа, образованных в реакции /1/, и σ_{in} - сечение неупругого взаимодействия a и b . Соотношения между значениями средних множественностей вторичных частиц, вытекающие из изотопической и зарядовой инвариантности, законов сохранения странности, электрического и барионного зарядов, для процессов множественного рождения рассматривались в работах /1-6/.

В этой работе мы рассмотрим соотношения, вытекающие в основном из изотопической инвариантности, для структурных функций частиц, относящихся к одному изомультиплету. Это рассмотрение будет проведено как в общем случае, так и в рамках реалистической модели, которая описывает процессы множественного рождения.

2. Начальное состояние с $T=0$

Начнем рассмотрение с реакций, в которых изотопический спин начального состояния $T=0$. Примером таких систем являются dd , $He d$, Λd и т.д.*. Для вывода соотношений между структурными функциями воспользуемся методом Шмушкевича /7,3/. Отсутствие изотопической поляризации в начальном состоянии приводит к тому, что и в конечном состоянии средние числа частиц с данной проекцией изоспина (T_3) для любого изомультиплета равны между собой. Таким образом, для любого мультиплета:

$$N_1 = N_2 = N_3 = \dots,$$

или

$$\int f_1(\vec{q}_1, s) \frac{d^3 \vec{q}_1}{\omega_1} = \int f_2(\vec{q}_2, s) \frac{d^3 \vec{q}_2}{\omega_2} = \dots \quad /1/$$

* К этому же типу реакций относятся и те, которые связаны с диаграммными представлениями: $P\Lambda^0$; Pd ; PP и т.д. Здесь P - полюс Померанчука.

$$\text{Например, } N_{\pi^+} = N_{\pi^0} = N_{\pi^-}, \quad N_p = N_n, \quad N_{\bar{p}} = N_{\bar{n}},$$

$$N_{K^+} = N_{K^0}, \quad N_{\Delta^{++}} = N_{\Delta^+} = N_{\Delta^0} = N_{\Delta^-}$$

и т.д.

Сделанное выше утверждение справедливо и для любого выделенного объема в обычном фазовом пространстве $\Delta\Omega$, т.е.

$$f_1(\vec{q}_1, s) = f_2(\vec{q}_2, s) = f_3(\vec{q}_3, s), \quad /2/$$

или

$$n_{\pi^+} = n_{\pi^-} = n_{\pi^0}, \quad n_p = n_n, \quad n_{\bar{p}} = n_{\bar{n}},$$

$$n_{K^+} = n_{K^0}, \quad n_{\Delta^{++}} = n_{\Delta^+} = n_{\Delta^0} = n_{\Delta^-}$$

где n_i - среднее число частиц данного сорта в $\Delta\Omega$. Таким образом, если, например, наблюдалась масштабная инвариантность для π^- -мезонов, то она имеет место и для π^+ - и π^0 -мезонов.

Если начальная система имеет определенную C -четность /например, η или PP /, то в этом случае соотношения /1/ и /2/ выполняются для соответствующих частиц и античастиц / $n_{K^+} = n_{K^-}$, $n_p = n_{\bar{p}}$ и т.д./.

3. Состояние с $T=1/2$

/Например, Nd , Kd , dHe_3 , PN и т.д./

С помощью метода Шмушкевича легко получить, что в этом случае для вторичных изодублетов нет общих соотношений, а для триплетов и квартетов имеем:

$$n_{\pi^+} + n_{\pi^-} = 2n_{\pi^0}, \quad n_{\Sigma^+} + n_{\Sigma^-} = 2n_{\Sigma^0},$$

/3/

$$n_{\Delta^{++}} + n_{\Delta^-} = n_{\Delta^+} + n_{\Delta^0}$$

или

$$f_+ (\vec{q}, s) + f_- (\vec{q}, s) = 2f_0 (\vec{q}, s),$$

$$f_{++} (\vec{q}, s) + f_{--} (\vec{q}, s) = f_0 (\vec{q}, s) + f_+ (\vec{q}, s),$$

где первое равенство для f_1 справедливо для триплетов, второе - для квартетов. Нетрудно получить аналогичные соотношения для изомультиплетов с $T > 3/2$.

Соотношение /3/ не дает уже такой однозначной связи между структурными функциями частиц, относящихся к одному изомультиплету. Здесь наблюдение масштабной инвариантности, например, для π^- -мезонов оставляет возможность зависимости f_1 от s для π^+ - и π^0 -мезонов.

Перейдем к выводу соотношений, связанных с модельным подходом. При высоких энергиях первичных частиц $E \approx 100$ Гэв/ реалистической моделью является модель, в которой учитывается дифракция первичных частиц / a и b / и рождение адронов в "центральной области", которая имеет $T=0$ и $C=+1$ / PP -взаимодействие" /8/. С точки зрения этой модели реакции с $T=1/2$ мы можем рассматривать как независимые дифракции частиц с $T=0$ и $T=1/2$ /например, d и N / и рождение адронов в "центральной области" с $T=0$ и $C=+1$. В этом случае можно считать, что соотношения /1/ и /2/ также приблизительно выполняются. Действительно, нарушение /1/ и /2/ в этой модели связано лишь с дифракцией частиц с $T=1/2$. Оценим степень этого нарушения при $E \approx 100$ Гэв для π -мезонов *. Дифракция частиц составляет $\approx 0,1$ долю от полного сечения неупругого взаимодействия и $N_D = 0,5 N$ /9/. Таким образом, соотношение /1/ должно выполняться с точностью $\leq 5\%$. С другой стороны, соотношение /2/ будет выполняться точно в тех же областях фазового пространства, в которых нет продуктов дифракции частиц с $T=1/2$ /например, в "центральной области"/.

В рассматриваемой модели множественность вторичных частиц с увеличением s растет в основном за

* Доля π^+ -мезонов среди вторичных частиц составляет $\approx 80\%$ при $E \approx 100$ Гэв.

счет PP - "взаимодействия" ($T=0, C=+1$). Поэтому при $s \rightarrow \infty$ соотношение /1/ будет выполняться все с большей точностью. Кроме того, аналогичное соотношение будет справедливо для частиц и античастиц.

4. Начальное состояние - суперпозиция $T=0$ и $T=1$ / NN, KN, Ne, N_3 и п.д. /

В этом случае нет общих соотношений для структурных функций, вытекающих только из изотопической инвариантности *. Однако в рассматриваемой модели выполняется соотношение /3/, так как имеется три независимых процесса: дифракция частиц a ($T=1/2$), b ($T=1/2$) и рождение адронов в PP -взаимодействии с $T=0$ и $C=+1$.

Экспериментальные данные по π^0 -, π^+ - и π^- -мезонам, рожденным в PP -взаимодействиях при $E = 500-1500$ Гэв, показывают, что соотношение /3/ хорошо выполняется /10/.

5. Суперпозиция состояний с $T=1/2$ и $T=3/2$ / $\pi N, \Sigma N, \bar{\Sigma} N$ и п.д. /

В этом случае отсутствуют соотношения между f_1 даже в рассматриваемой модели из-за дифракции частиц с $T=1$ / π, Σ и т.д. /. Однако нарушение равенств /3/ не должно быть сильным. Действительно, дифракция частиц с $T=1$ вносит лишь небольшой вклад в N_1 . В настоящее время наиболее точные экспериментальные данные для соотношения /3/ получены в работе /11/:

$$N_{\pi^0} = (0,48 \pm 0,01) (N_{\pi^+} + N_{\pi^-})$$

для π^-p -столкновений,

$$N_{\pi^0} = (0,47 \pm 0,01) (N_{\pi^+} + N_{\pi^-})$$

* Для случая взаимодействия p_{sr} имеются соотношения типа $f_{\pi^+}(\theta^*) = f_{\pi^-}(\pi - \theta^*)$, где θ^* - пространственный угол вылета π^+ -мезонов в с.с. инерции /7/.

для π^-p - взаимодействий при $p_c = 40$ Гэв/с. Таким образом, нарушение равенства /3/ при $p_c = 40$ Гэв для π^- -мезонов составляет $\leq 5\%$ *.

В рамках рассматриваемой модели аналогичные соотношения для π^- -мезонов в выделенной области обычного фазового пространства будут выполняться с лучшей точностью вне области дифракции π^- -мезонов. С увеличением энергии первичных частиц следует ожидать сначала более точного выполнения соотношения /3/, затем соотношений /1/ и /2/ для всех типов вторичных частиц.

Мы рассмотрели соотношения между структурными функциями для частиц, относящихся к одному изомультиплету, для всех практически возможных начальных состояний ($T \leq 3/2$). В результате было получено, что соотношение /3/ начинает выполняться уже при $E \approx \approx 100$ Гэв для π^- -мезонов, а соотношения /1/ и /2/ являются предельными в рамках реалистической модели.

В заключение мне приятно поблагодарить М.И.Подгорецкого и Г.Янчо за полезные обсуждения.

Литература

1. R.N.Cahn, M.V.Einhorn. *Phys.Rev., D*, v. 4, No. 11, 3337 (1971).
2. J.Honercamp, K.H.Mutter. *Nucl.Phys., B38*, 565 (1972).
3. В.Г.Гришин. *ОИЯИ, P2-6357*, Дубна, 1972.
4. C.H.L.Smith and A.Pais. *Phys.Rev.Lett.*, 28, 865 (1972).
5. H.J.Lipkin, M.Peshkin. *Phys.Rev.Lett.*, 28, 862 (1972).
6. S.Papageorgiou. *Nuovo Cim.*, v. 13, 1, 210 (1973).
7. И.Шмушкевич. *ДАН СССР*, 103, 235 /1955/;
В.Г.Гришин, В.А.Никитин, М.И.Подгорецкий. *ОИЯИ, P-480*, Дубна, 1960.
8. W.R.Frazer, L.Ingber, C.H.Mehta et al. *Rev of Mod. Phys.*, v. 44, No. 2, 284 (1972).

* При нахождении приведенного соотношения из данных работы /11/ пренебрегалось N_k^{\pm} и коэффициент перезарядки протонов полагался равным 0,4.

9. K.Fialkowski, H.Miettinen. *RPP/T/37*, 1972.

L. Van Hove. *TH-1581*, CERN, 1972.

10. G.R.Charlton, G.H.Thomas. *Preprint ANL/HEP 7217*, 1972.

11. Дубна - Будапешт - Бухарест - Варшава - Краков - Серпухов - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. *Сотрудничество ОИЯИ, P1-6491*, 1972;
ЯФ, 16, в. 5, 989, 1972 г.; *ОИЯИ, P1-6928*, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 марта 1973 года.