*Краткие сообщения по физике № 1 1976*

# О МЕТОДЕ ВЫДЕЛЕНИЯ КЛАСТЕРОВ ПО ИНТЕРВАЛАМ БЫСТРОТ

А. М. Гершкович, И. М. Дремин

УДК 539.17.5

Получено общее выражение для распределений интервалов быстрот между вторичными частицами в неупругих соударениях при большой энергии в предположении о независимом образовании кластеров. Эксперимент указывает на наличие кластеров нерезонансного типа, для которых множественность при распаде возрастает по мере роста энергии первичной частицы в интервале 100–400 Гэв.

1. Идея рождения вторичных частиц через промежуточную стадию образования сгустков (или кластеров) частиц была выдвинута давно. Однако, проверка правильности этой идеи затруднена, если частицы из разных кластеров попадают в одну и ту же область фазового объема. А именно такая ситуация представляется весьма вероятной. Поэтому большое значение приобретают такие методы выделения кластеров, которые учитывают их возможное перекрытие.

В работе /1/ было предложено изучать распределение интервалов между соседними частицами на шкале быстрот и было показано, что наклон кривой распределения в области больших быстрот определяет плотность кластеров по быстротам. Мы покажем, как этот метод может быть использован на малых быстротах, и предложим его обобщение для распределений интервалов, внутри которых лежат 1,2,..., к частиц. Совокупность всех этих распределений (получаемых с помощью единой производящей функции) дает полную информацию о процессе, доступную из знания параллельных компонент импульсов частиц. При этом автоматически учитывается возможность перекрытия кластеров по быстротам.

Обработка экспериментальных данных с помощью полученных формул показывает, что кластеризация играет существенную роль, множественность частиц в кластере заметно превышает резонансную и растет с ростом первичной энергии в интервале 100–400

Гэв. Отсюда мы делаем вывод, что понятие "кластер" наряду с узкими резонансами учитывает и широко распределенные по массе файрболы, для которых рост фазового объема в указанном интервале энергий приводит к росту их эффективной массы, а, следовательно, и множественности.

2. Простейшей моделью является независимое рождение каждой частицы в неупругом процессе. Она предполагает равновероятное появление частицы в допустимом интервале быстрот $(-Y/2, Y/2)$ и не учитывает более детально законов сохранения. Такая модель эквивалентна хорошо известной задаче теории вероятностей о бросании точки на отрезок прямой (см., например, /2/) и приводит к распределению интервалов между частицами (точками), даваемому полиномиальным законом /3/:

$$f_{n,k}(x) \sim x^k (1 - x)^{n-k}. \qquad (\mathrm{I})$$

Хорошо известно, что такая модель нереалистична и, в частности, предсказывает более широкие распределения интервалов быстрот по сравнению с экспериментальными данными /3/.

Если независимо с равной вероятностью на интервале $(-Y/2, Y/2)$ рождаются не частицы, а группы частиц (кластеры), то модель соответствует задаче теории вероятностей о бросании "гребенок" на заданный отрезок. Проблема сводится к нахождению распределения длин интервалов между частицами ("зубьями гребенок") в случаях, когда внутри интервала находится 0 или I, или 2,... или k частиц. Для первого из них (при гауссовском распределении частиц в кластере) задача была решена в работе /I/ и показано, что при больших интервалах быстрот r распределение имеет вид

$$P_0 \sim \exp\left[-\rho r\right], \qquad (2)$$

где $\rho$ - плотность кластеров (их число в единичном интервале быстрот).

Введем производящую функцию

$$G_0(\alpha, r) = \exp\left\{\rho \int_{-Y/2}^{Y/2} dy' \left[\left(1 + \alpha \int_0^r D(y - y')dy\right)^M - 1\right]\right\}, \qquad (3)$$

где $M$ - число частиц в кластере, $D(y - y')$ - распределение быстрот частиц $y$ относительно центра кластера $y'$. При изотропном распаде кластера

$$D(y - y') = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta^2}} \exp\left[-(y - y')^2/2\delta^2\right] \qquad (4)$$

с $\delta \approx 0{,}8 \div 0{,}9$. При $\alpha = -1$ формула (3) дает вероятность найти пустой интервал быстрот длиной $r$, откуда вероятность найти пустой промежуток такой же длины между двумя частицами $P_o(r)$ получается двукратным дифференцированием по $r$ (см. /I/):

$$P_o(r) = \frac{1}{\rho M} \frac{d^2 G_o(\alpha = -1, r)}{dr^2}. \qquad (5)$$

При произвольном $\alpha$ определим

$$P_o(\alpha, r) = \frac{1}{\rho M} \frac{d^2 G_o(\alpha, r)}{dr^2}. \qquad (6)$$

Тогда распределение промежутков между двумя частицами, внутри которых лежит ровно $k$ других частиц, дается формулой

$$P_k(r) = \frac{1}{\rho M} \left. \frac{d^k(P_o(\alpha, r)/\alpha^2)}{d\alpha^k} \right|_{\alpha=-1}. \qquad (7)$$

Формулы (3)-(7) легко понять, если учесть, что $w_{12} = \int_0^r D(y - y')dy$ означает вероятность какой-либо частице из кластера с центром в точке $y'$ попасть в интервал $0 \leqslant y \leqslant r$ [ж)]. Дифференцирование по $r$ приводит к фиксированию двух частиц на краях этого интервала, а дифференцирование по $\alpha$ означает помещение частицы внутрь этого интервала. Фактор $\alpha^{-2}$ связан именно с тем, что две крайние частицы не могут попасть внутрь интервала.

Используя полученные формулы, нетрудно показать, что при малых $r$ распределение пустых промежутков между двумя частицами будет иметь вид

$$P_o(r) \sim \exp\left[-\rho M r\right], \qquad (8)$$

откуда, сравнивая с формулой (2) и используя экспериментальные данные, приведенные в работе /I/, мы нашли средние значения чис-

---

ж) Вообще говоря, пределы интегрирования должны фиксировать положение частиц I и 2, т.е. $y_1$ и $y_2$, но при больших $Y \to \infty$ $G_o$ зависит лишь от разности $y_1 - y_2$. Поэтому можно фиксировать $y_1 = 0$, $y_2 = r$, а производную $\partial^2/\partial y_1 \partial y_2$ заменить на $d^2/dr^2$.

ла заряженных частиц в кластере $M$ при энергиях I02, 200 и 400 Гэв равными, соответственно, 2,3; 2,6 и 3,0, если принять $\rho$ = = I, указанное в /I/.

Форма полуинклюзивных распределений промежутков с I,2,.. частицами внутри них и положения максимумов этих распределений, даваемые приближенно формулой

$$r_{max}^{(k)} \approx \frac{k}{\rho M + (2k - 1)/2k}, \tag{9}$$

позволяют проверить самосогласованность гипотезы и значения остальных параметров.

Соотношение (9) получено нами как аппроксимационная формула для положений максимумов функций $P_1, P_2, P_3$. Эксперимент /3/ пока недостаточно точен, чтобы делать определенные выводы.

3. Обсудим полученные результаты.

Во-первых, среднее число заряженных частиц в кластере оказалось при 400 Гэв заметно превышающим двойку, которая является абсолютным верхним пределом, если образуются только резонансы. Отсюда мы делаем вывод, что наряду с резонансами должны образовываться файрболы, распадающиеся на большее число частиц.

Во-вторых, эти файрболы должны обладать широким распределением по массе, чтобы обеспечить наблюдаемый рост числа частиц в кластере с ростом первичной энергии.

В-третьих, образование кластеров позволяет качественно объяснить сдвиг максимумов распределений промежутков с лежащими внутри них $k$ частицами в сторону меньших значений по сравнению со случаем независимого рождения частиц /3/ (второе слагаемое в знаменателе выражения (9)). Более тщательный учет законов сохранения не меняет выводов. Более подробные результаты мы надеемся опубликовать в журнале "Ядерная физика".

Поступила в редакцию
9 сентября I975 г.

Литература

1. C. Quigg, P. Pirila, G. H. Thomas. Phys. Rev. Lett., 34, 290 (1975).
2. Ю. В. Прохоров, Ю. А. Розанов. Теория вероятностей, М., Наука, I973, стр. I7.
3. М. И. Адамович, Н. А. Добротин, В. Г. Ларионова, М. И. Третьякова, С. П. Харламов, М. М. Чернявский. ЯФ, 2I, 805 (I975).