Краткие сообщения по физике № 10 1975

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ЧИСЛА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

А. С. Белоусов, Я. А.Ваздик, Е. И. Малиновский,
В. В. Самедов, Ю. В. Соловьев

УДК 539.I.074

Предложен метод определения среднего числа заряженных частиц, основанный на использовании детекторов с малой эффективностью.

Одной из важных задач экспериментальной физики является измерение среднего числа заряженных частиц, образовавшихся в каком-либо процессе. При высоких энергиях, например, характерной особенностью адронных взаимодействий является множественное образование вторичных частиц. Средняя множественность заряженных частиц является при этом важным параметром, позволяющим сделать выбор между различными теоретическими моделями множественного рождения /I/. Подобная задача возникает и при изучении взаимодействия адронов с ядрами. В качестве другого примера можно привести изучение развития электронно-фотонных ливней в веществе, что связано с измерениями среднего числа частиц на различных глубинах поглотителя.

В данной работе предлагается один из возможных методов измерения среднего числа заряженных частиц, основанный на использовании детекторов с малой эффективностью.

Предположим, что через детектор с эффективностью ε проходит постоянно i частиц. В этом случае эффективность регистрации определяется выражением

$$\varepsilon_i = 1 - (1 - \varepsilon)^i \qquad (I)$$

или

$$\varepsilon_i = \sum_{j=1}^{i} (-1)^{j+1} \varepsilon^j C_i^j .$$

Это следует из того, что вероятность регистрации i частиц является дополнительным событием к событию, когда не зарегистрировано ни одной частицы.

Если на детектор падает переменное число частиц с распределением p_i, то в этом случае вероятность регистрации равна /2/

$$\bar{\varepsilon} = \sum_{i=1}^{\infty} p_i \varepsilon_i, \qquad (2)$$

где ε_i - вероятность регистрации i частиц, p_i - вероятность появления i частиц. Для малых ε, однако, можно и в этом случае использовать выражение (I) и определять среднее число частиц по формуле

$$n = \frac{\ln(1 - \bar{\varepsilon})}{\ln(1 - \varepsilon)}. \qquad (3)$$

Оценим поправку к (3). Для этого, используя (I) и изменив порядок суммирования, представим (2) в виде ряда по степеням ε

$$\bar{\varepsilon} = \sum_{j=1}^{\infty} (-1)^{j+1} \frac{\varepsilon^j \alpha_{[j]}}{j!}, \qquad (4)$$

где $\alpha_{[j]} = \sum_{i=j}^{\infty} p_i i(i - 1)\ldots(i - j + 1)$ - факториальный момент распределения.

Приравняв (I) и (4) и разложив (I) также в ряд по степеням ε, получим для поправки к среднему числу частиц следующее выражение

$$(N - n) = \sum_{j=2}^{\infty} (-1)^j \varepsilon^{j-1} \left[\alpha_{[j]} - C_n^j\right], \qquad (5)$$

где N - истинное среднее число заряженных частиц, $C_n^j = n(n - 1)\ldots(n - j + 1)/j!$ - биномиальные коэффициенты.

Для примера рассмотрим множественное образование вторичных заряженных частиц в адронных столкновениях, где распределение по множественности близко к пуассоновскому /I/. Допустим, что среднее число заряженных частиц равно $N = 10$. Вероятность регистрации одной частицы примем равной $\varepsilon = 0{,}1$. В соответствии с (2) эффективность детектора в этом случае равна

$$\bar{\varepsilon} = 1 - \exp(-\varepsilon N),$$

Используя (3), для средней множественности получим значение $n \simeq 9{,}49$. Ошибка составляет $(\Delta n/n) \simeq 5{,}4\%$. Оценим ошибку, исходя из выражения (5). Учитывая только первый член ряда и пренебрегая членами, квадратичными по $(\Delta n/n)$, получим

$$\Delta n/n \simeq \varepsilon/2. \qquad (6)$$

В нашем случае это составляет 5%. Выражение (6) можно использовать для ориентировочного выбора эффективности детектора ε. Она должна быть порядка $\sim 2\Delta N/N$.

Поступила в редакцию
3 июля 1975 г.

Литература

1. В. С. Мурзин, Л. П. Сарычева. "Множественные процессы при высоких энергиях". Атомиздат, 1974 г.
2. А. С. Белоусов, Я. А. Ваздик, Е. П. Малиновский, В. В. Самедов Препринт ФИАН № 88, 1974 г.
3. Б. В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. "Наука", М., 1967 г.