

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

P-378

В.Н.Стрельцов

ЗАМЕЧАНИЯ
ОБ ИЗОТОПИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЯХ
ПРИ РАССЕЯНИИ ЧАСТИЦ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЯДРАХ

Дубна 1959 год

P - 378

В.Н.Стрельцов

ЗАМЕЧАНИЯ
ОБ ИЗОТОПИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЯХ
ПРИ РАССЕЯНИИ ЧАСТИЦ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЯДРАХ



При взаимодействии нуклонов и π -мезонов высокой энергии / ≈ 1 Бэв / с нуклонами сечения перезарядки малы по сравнению с сечениями соответствующих упругих процессов, т.е. мала вероятность изменения ориентации изотопических спинов взаимодействующих частиц. На основании этого факта в работах [1,2] было получено, что сечения рассеяния π^- , π^0 , π^+ -мезонов на протонах /нейтронах/ равны между собой. Аналогичным образом было получено равенство сечений рассеяния протонов и нейтронов на протонах /нейтронах/.

Можно предполагать, что подобные соотношения должны иметь место и при взаимодействии элементарных частиц высоких энергий с ядрами, поскольку рассеяние частиц на ядре можно приближенно рассматривать в духе оптической модели как сумму рассеяний на отдельных независимых нуклонах. Ниже приводится строгое обсуждение ожидаемых соотношений, не связанное с какими-либо модельными представлениями.

Рассмотрим рассеяние π^- , π^0 , π^+ -мезонов на ядре с изотопическим спином j и проекцией m . Тогда можно показать, что в случае равенства нулю любых двух амплитуд рассеяния с перезарядкой /исключая комбинацию из двух амплитуд рассеяния с двойной перезарядкой/ амплитуды рассеяния в состояниях $T=j+1$, $T=j$ и $T=j-1$ (f, g и h) равны между собой. Из равенства f, g и h следует, что равны нулю амплитуды всех остальных рассеяний с перезарядкой, а также равны между собой амплитуды всех упругих рассеяний без перезарядки. Используя известную оптическую теорему, получим также равенство полных сечений.

$$\sigma_t(A^{jm} \pi^-) = \sigma_t(A^{jm} \pi^0) = \sigma_t(A^{jm} \pi^+)$$

что приводит и к равенству сечений соответствующих неупругих реакций.

Перейдем к доказательству. Амплитуды рассеяния для всех возможных процессов имеют вид:

$$a_1 = a(A^{jm} \pi^- | A^{jm} \pi^-) = \frac{1}{2j(j+1)(2j+1)} \left[j(j-m+1)(j-m+2)f + \right. \\ \left. + (2j+1)(j-m+1)(j+m)g + (j+1)(j+m)(j+m-1)h \right]$$

$$a_2 = a(A^{jm} \pi^- | A^{j, m-1} \pi^0) = \frac{\sqrt{(j-m+1)(j+m)}}{\sqrt{2} j(j+1)(2j+1)} [j(j-m+2)f + (2j+1)(m-1)g - (j+1)(j+m-1)h]$$

$$a_3 = a(A^{jm} \pi^- | A^{j, m-2} \pi^+) = \frac{\sqrt{[j^2 - (m-1)^2](j-m+2)(j+m)}}{2j(j+1)(2j+1)} [jf - (2j+1)g + (j+1)h]$$

$$a_4 = a(A^{jm} \pi^0 | A^{jm} \pi^0) = \frac{1}{2j(j+1)(2j+1)} [j(j-m+1)(j+m+1)f + (2j+1)m^2g + (j+1)(j-m)(j+m)h]$$

$$a_5 = a(A^{jm} \pi^0 | A^{jm} \pi^-) = \frac{\sqrt{(j+m-1)(j-m)}}{\sqrt{2} j(j+1)(2j+1)} [j(j-m+1)f + 2(j+1)mg - (j+1)(j+m)h]$$

$$a_6 = a(A^{jm} \pi^0 | A^{j, m-1} \pi^+) = \frac{\sqrt{(j-m+1)(j+m)}}{\sqrt{2} j(j+1)(2j+1)} [j(j+m+1)f - 2(j+1)mg - (j+1)(j-m)h]$$

$$a_7 = a(A^{jm} \pi^+ | A^{jm} \pi^+) = \frac{1}{2j(j+1)(2j+1)} [j(j+m+1)(j+m+2)f + (2j+1)(j+m+1)(j+m)g + (j+1)(j-m-1)(j-m)h]$$

$$a_8 = a(A^{jm} \pi^+ | A^{j, m+1} \pi^0) = \frac{\sqrt{(j+m+1)(j-m)}}{\sqrt{2} j(j+1)(2j+1)} [j(j+m+2)f - (2j+1)(m+1)g - (j+1)(j-m-1)h]$$

$$a_9 = a(A^{jm} \pi^+ | A^{j, m+2} \pi^-) = \frac{\sqrt{[j^2 - (m+1)^2](j+m+2)(j-m)}}{2j(j+1)(2j+1)} [jf - (2j+1)g + (j+1)h]$$

Предположим, например, что $a_2 = a_3 = 0$. Решая систему уравнений

$$j(j-m+2)f + (2j+1)(m-1)g - (j+1)(j+m-1)h = 0$$

$$jf - (2j+1)g + (j+1)h = 0$$

получим $f = g = h$ ^{x/}, что приводит к $a_1 = a_4 = a_7 = f$ и

$$a_2 = a_3 = a_5 = a_6 = a_8 = a_9.$$
 ^{xx/}

Полученная теорема может быть обобщена на случай взаимодействия частиц с произвольными изотопическими спинами и проекциями ^{xxx/}.

Рассмотренные соотношения могут быть полезны при анализе экспериментов по взаимодействию быстрых частиц с ядрами. Так, например, опыты по рассеянию π^- -мезонов высокой энергии в фотоэмульсии свидетельствуют, по-видимому, о малости сечения перезарядки. Можно поэтому ожидать, что сечения упругих рассеяний π^+ - и π^- -мезонов будут равны друг другу, несмотря на то, что в состав фотоэмульсии входят тяжелые ядра с неравным числом протонов и нейтронов.

Автор выражает благодарность М.И.Подгорецкому за постановку задачи и обсуждение результатов, а также В.Г.Гришину за ценные замечания.

^{x/} При этом естественно предполагается, что перезарядки происходят с сохранением электрического заряда, т.е. исключаются случаи $m = -j$, для перезарядки с уменьшением $m, m = j$, для перезарядки с увеличением m и $|m| = j-1, j$ для двойной перезарядки.

^{xx/} Полученные выводы могут быть распространены и на взаимодействие с участием других ядер, обладающих тем же изотопическим спином, но иным значением его проекции /например, He_2^3 , если исходным ядром является H_1^3 /. При этом справедливо также дополнительное положение о равенстве сечений всех упругих рассеяний безотносительно к тому какое ядро участвует во взаимодействии.

^{xxx/} Физический смысл доказанной теоремы можно пояснить следующим качественным рассуждением. Равенство нулю сечений перезарядок свидетельствует об отсутствии взаимодействий, приводящих к переориентации проекций изотопического спина сталкивающихся частиц. Это, в свою очередь, означает, что рассматриваемые взаимодействия вообще не зависят от изотопического состояния системы.

Л и т е р а т у р а

1. Л.Б.Окунь и И.Я.Померанчук, ЖЭТФ, 30, 424 /1956/.
2. С.З.Беленький, ЖЭТФ, 33, 1248 /1957/.

Рукопись поступила в издательский отдел 3 июля 1959 года.