

ДИФРАКЦИОННОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ И РАДИАЦИОННЫЕ
РАСПАДЫ РЕЗОНАНСОВ

Н. П. Зотов ^{ж)}, В. А. Царев

УДК 539.121

Обсуждается возможность изучения динамики дифракционных процессов, основанная на детектировании радиационных каналов распада возбужденной адронной системы.

1. В настоящей работе мы хотим обратить внимание на то, что изучение процессов дифракционного возбуждения адронов с радиационным распадом конечной системы (рис. 1а)

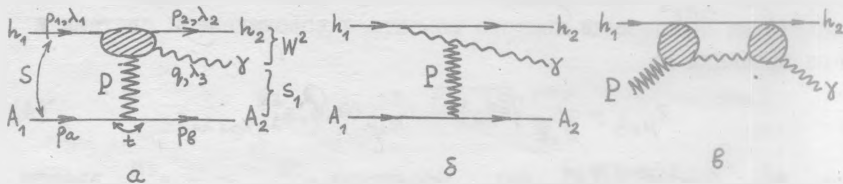


может дать важную информацию относительно механизма дифракционного рождения.

а) Одной из проблем физики дифракционных процессов является определение относительной роли резонансных и нерезонансных состояний возбужденной адронной системы. Вопрос этот широко обсуждается уже многие годы /1/, однако до сих пор он не получил прямого экспериментального решения. Основная трудность здесь связана с "резонансноподобным" характером фона, обусловленного нерезонансными механизмами (типа Дека /1/). Для процессов (I) нерезонансный фон имеет иной характер (порог сдвинут к $w = M_{h_2}$, пренебрежимо мал вклад нерезонансного механизма (рис. 1б), аналогичного π -мезонному обмену Дека) и для выделения вклада резонансов может быть использовано сравнение чисто адронных и радиационных каналов (см. ниже).

б) Существенно также то, что эффекты взаимодействия в конечном состоянии (рис. 1в) для рассматриваемых процессов (I) малы.

^{ж)} НИИЯФ МГУ.



Р и с. I.

В то же время в случае адронных конечных состояний эти эффекты играют важную роль в формировании спектра масс возбужденной системы и могут приводить к сдвигу в положении пиков в $d\sigma/dW$ на сотни МэВ /1/.

в) Наличие фотона в конечном состоянии в (I) делает возможным изучение абсорбтивных эффектов /1/ в иных условиях, нежели в чисто адронных процессах, из-за малости эффектов перерассеяния.

г) Сопоставление адронных и радиационных каналов в реакциях на ядрах представляет интерес с точки зрения изучения пространственно-временного развития резонансных и нерезонансных систем.

д) Радиационные распады резонансов могут служить источником наиболее высокоэнергичных гамма-квантов в адронных реакциях при высоких энергиях, в частности, в космических лучах /2/.

Изучение реакций (I) может оказаться также полезным в связи с проверкой кварковых моделей дифракционной диссоциации /3/.

2. Рассмотрим более подробно процесс дифракционного возбуждения резонансов в pp-столкновениях:



Сечение этого процесса может быть записано в следующем виде:

$$\frac{d\sigma}{dt dW^2 d\cos\theta d\varphi} = \frac{1}{8(2\pi)^4} \frac{s_1^2}{s^2} \frac{q}{W} \sum_{\mu, \lambda} |F_{\mu, \lambda}|^2, \quad (3)$$

где $F_{\mu, \lambda}(s, t, W^2, \theta, \varphi)$ - спиральные амплитуды процесса (2), $\mu = \lambda_3 - \lambda_2$ - разность спиральностей фотона и протона, $\lambda = \lambda_1$ - спиральности налетающего протона (далее $\lambda = 1/2$). В (3) опущены спиральности протонов мишени, поскольку при малых $|t|$ зависимость от сина угла эластичной дифракционной вершины незначительна. Кинематические переменные показаны на рис. 1а, θ и φ - углы вылета конечного нуклона в системе Готфрида-Джексона. Спиральные

амплитуды $F_{\mu, \lambda}$ можно разложить по парциальным амплитудам с определенными значениями полного момента J возбужденной системы и его проекции M :

$$F_{\mu, \lambda} = \sum_{J, M} \sqrt{\frac{2J+1}{4\pi}} D_{M, \mu}^{J*}(\theta, \varphi) a_{\lambda_3 \lambda_2, \lambda_1}^{JM} \quad (4)$$

где $D_{M, \mu}^J = e^{i(\mu-M)\varphi} d_{M, \mu}^J(\theta)$. Обозначив $a_{\lambda_3 \lambda_2, \lambda_1}^{JM} = a_{\mu, \lambda}^{JM}$, введем спиральные парциальные амплитуды с определенной четностью $P = \pm (-1)^{J-1/2}$:

$$a_{\mu, \lambda}^{JM\pm} = a_{\mu, \lambda}^{JM} \pm a_{-\mu, \lambda}^{JM} \quad (5)$$

Вклад дифракционно возбужденного резонанса в $a_{\mu, \lambda}^{JM\pm}$ можно параметризовать стандартным образом:

$$a_{\mu, \lambda}^{JM\pm} = i c_{N^*}^{JM}(t) g(t) s_{\alpha_P(t)} \frac{\sqrt{\Gamma_{N^*}^{JM}}}{M_{N^*}^2 - W^2 - i M_{N^*} \Gamma_{N^*}} \quad (6)$$

Здесь $c_{N^*}^{JM}(t)$ - вершина связи pN^* , слабо зависящая от t , $g(t) = g(0)e^{bt/4}$ - вершина связи pp (b - параметр наклона дифференциального сечения упругого pp -рассеяния), $\Gamma_{N^*}^{JM}$ - парциальная ширина распада резонанса $N^* \rightarrow p + \gamma$, известная из анализа фоторождения, M_{N^*} и Γ_{N^*} - масса и полная ширина резонанса. Используя (5) и подставляя (6) в (4), можно вычислить вклад данного резонанса в сечение процесса (2). Зная соотношение парциальных ширин распадов $N^* \rightarrow$ адроны и $N^* \rightarrow N + \gamma$, легко связать резонансные вклады в адронный и радиационный каналы:

$$\frac{d\sigma^{N^* \rightarrow \text{адроны}}}{dt dW^2} = \frac{\Gamma_{N^*}^{\text{адроны}}}{\Gamma_{N^*}^{\gamma N}} \frac{d\sigma^{N^* \rightarrow N\gamma}}{dt dW^2} \quad (7)$$

В качестве конкретного примера рассмотрим дифракционное рождение и распад резонансов $N^*(1520)$ и $N^*(1688)$. Используя формулы (3) - (6), легко найти характерные угловые распределения распадов этих резонансов (при $M = 1/2$):

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma(1520)}{d\cos\theta} &\sim (1 - \cos\theta)(1 + \cos\theta)^2, \\ \frac{d\sigma(1688)}{d\cos\theta} &\sim (1 - \cos\theta)(1 - 4\cos\theta - 5\cos^2\theta). \end{aligned} \quad (8)$$

Чтобы получить представление о характерных величинах сечения,

энергии и углах вылета фотонов, приведем оценки при $p_1 = 45 \text{ ГэВ/с}$. Используя значения $0,4 \text{ мб}$ и $0,9 \text{ мб}$ /4/ для сечений дифракционного возбуждения $N^*(1520)$ и $N^*(1688)$ и принимая вероятности их распадов соответственно равными $\sim 0,6\%$ и $0,3\%$ /5/, с помощью (9) получим для сечений процессов (2) примерно одинаковую величину $\approx 25 \text{ мб}$ для обоих резонансов.

Для среднего значения $w = 1600 \text{ МэВ}$ и $|t| \sim 0,1 (\text{ГэВ/с})^2$ энергия фотонов в лабораторной системе в зависимости от углов распада будет меняться в интервале примерно от 2 до 30 ГэВ . Наибольший угол вылета фотонов в лабораторной системе по отношению к направлению первичного пучка составит $\approx 10^\circ$.

Авторы благодарны Н. И. Старкову за помощь при проведении численных оценок.

Поступила в редакцию
20 декабря 1979 г.

Л и т е р а т у р а

1. V. A. Tsarev, *in*: Proc. of the 1977 Eur. Conf. on Particle Physics Budapest, 1977, v. 1, p. 55; Proc. of the XIX Intern. Conf. on High Energy Physics, Tokyo, 1978, p. 639. Н. П. Зотов, В. А. Царев, ЭЧАЯ, 9, 651 (1978).
2. С. Н. Колточник, И. А. Кучин, Препринт ИФВЭ АН Казах. ССР, 53, Алма-Ата, 1977 г.
3. В. А. Царев, ЯФ, 28, 1054 (1978).
4. U. Amaldi, M. Jacob, G. Matthiae, Ann. Rev. of Nucl. Sci., 26, 385 (1976).
5. Particle Properties, CERN, 1976.