

УДК 531.1
PACS 25.40-Ep

КВАРКОВАЯ МОДЕЛЬ В ПРОЦЕССАХ С ОБРАЗОВАНИЕМ НЕЙТРАЛЬНЫХ ВЕКТОРНЫХ МЕЗОНОВ

С.Г.АБДУЛВАГАБОВА, Н.Ш.БАРХАЛОВА, Т.О.БАЙРАМОВА
Бакинский Государственный Университет
sajida.gafar@gmail.com

В кварковой модели взаимодействия элементарных частиц исследованы процессы дифракционного рассеяния адронов с образованием нейтральных векторных мезонов при высоких энергиях и малых передаваемых импульсах. Для образования векторных мезонов вблизи порога предложена модель, основанная на аналогии между ядром, испускающим гамма кванты, и кварковой системой, испускающей нейтральные векторные мезоны. Модель позволяет объяснить зависимость дифференциальных сечений этих процессов от квадрата передаваемого импульса, а также энергетическую зависимость дифференциальных сечений образования векторных мезонов под нулевым углом. Обсуждено возможное дальнейшее развитие теоретических исследований.

Ключевые слова: кварк, мезон, рассеяние, дифракция, адрон, дифференциальное сечение.

Кварки, входящие в состав адронов, движутся как нерелятивистские частицы в некотором самосогласованном поле. В таком подходе удалось получить согласующиеся с опытом соотношения между сечениями, а также предсказать угловые распределения продуктов распада нестабильных частиц, образующихся в различных реакциях. При отличных от нуля передаваемых импульсах необходимо учитывать формфакторы адронов. Поэтому зависимость амплитуд различных процессов от квадрата передаваемого импульса t в общем случае определяется зависимостью от t кварковых амплитуд. Если при этом размеры адронов сравнимо с размерами кварков, то зависимость амплитуды рассматриваемого процесса от t определяется зависимостью от t кварковых амплитуд. Напротив, если размеры кварка значительно меньше размеров адронов, то зависимость от t должна определяться только формфакторами адронов.

В кварковой модели нет необходимости конкретизировать зависимость от энергии и переданного импульса кварковых амплитуд. Важно

получить простое правило для решения вопроса о том, в каких процессах должно наблюдаться несколько дифракционных максимумов в дифференциальных сечениях, а в каких процессах должен наблюдаться только первый главный дифракционный максимум. Необходимо отметить, что попытки объяснить появление второго дифракционного максимума предпринимался в рамках модели полюса Редже [1].

В предыдущей публикации [2] в кварковой модели взаимодействия элементарных частиц были исследованы процессы дифракционного рассеяния нуклонов на нуклонах при высоких энергиях и малых передаваемых импульсах. В этой модели изучения аналитических свойств амплитуды рассеяния позволяет перевести результаты аксиоматического изучения рассеяния на простой физический язык.

В настоящей работе мы обсуждаем отличающиеся от стандартных кварковые механизмы образования векторных мезонов в рассеяниях адронов на адронах.

Образование векторных мезонов при взаимодействии адронов

Рассмотрим процесс образования нейтрального векторного мезона вблизи порога:

$$\pi + N \rightarrow N + V^0, \quad (V^0 \equiv \nu, \omega, \varphi) \quad (1)$$

Для (1) обнаружена дифракционная картина с двумя максимумами в угловом распределении. При больших энергиях (в порядке $\Gamma \text{ЭВ}$) основным для процесса (1) является дифракционный механизм, который можно описать в рамках периферической кварковой модели. Напротив, вблизи порога реакций (1) мы будем считать применимо модель «центральных» кварковых столкновений.

Будем предполагать, что процесс (1) протекает следующим образом: при столкновении адрона все кварки образующейся при этом системы испускают нейтрального векторного мезона, после чего в кварковой системе происходит соответствующая трансформация кварков, необходимая для образования в конечном состоянии определенной частицы или групп частиц.

Размеры кварковой системы могут быть существенно меньше размеров нуклона. Размеры кварковой системы r_0 , образующейся при столкновении адронов порядка $1-1,5 \Gamma \text{ЭВ}^{-1}$. Если r_0 отождествить с эффективным радиусом взаимодействия кварков, то из анализа полных сечений взаимодействия адронов вытекает, что этот радиус в 2-3 раза меньше эффективного радиуса адронов [3].

При выполнении условия

$$qr_0 < 1, \quad (2)$$

где q -импульс V^0 -мезона в адронных столкновениях, можно ожидать, что V^0 в процессе (1) должен вести себя как фотон, испущенной ядром. Поскольку квантовые числа нейтральных векторных мезонов и фотонов одинаковы, можно провести параллель между ядром, испускающим фотоны, и между кварковой системой, испускающей векторные мезоны. По аналогии с фотоном, преобладающим в процессе (1) должно быть образование векторов низшей мультипольности. Поскольку масса V^0 отлична от нуля, то с большей вероятностью испускается мезон электрического монополярного типа с полным моментом, равным нулю.

Воспользовавшись законами сохранения четности и полного углового момента, легко показать, что образование электрических монополярных векторных мезонов должно сопровождаться поглощением фотона магнитного дипольного типа. Учитывая это, для матричного элемента процесса (1) запишем

$$M = (\chi_f \vec{\sigma} \cdot \vec{k} \chi_i) (\vec{q} \vec{U}), \quad (3)$$

где χ_i , χ_f двухкомпонентные спиноры начального и конечного нуклонов, $\vec{k}(\vec{q}, \vec{U})$ -3-импульс векторного мезона.

Мы рассматриваем случай $t = 0$, поэтому полученные результаты не зависят от вариантов кварковой модели. Если даже $t \neq 0$, будем предполагать, что зависимость от t определяется зависимостью от t кварковых амплитуд. Отметим, что при $t \neq 0$ становятся кинематически разрешенными также амплитуды с переворачиванием спина, но вклад этих амплитуд пренебрежимо мал.

Известно, что дифференциальное сечение рассеяния выражается через амплитуду рассеяния следующим образом:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(q)|^2. \quad (4)$$

Полученная в дифракционном приближении амплитуда удовлетворяет "оптической" теореме. Напомним, что согласно этой теореме полное сечение рассеяния определяется амплитудой рассеяния на нулевой угол

$$\sigma_{tot} = \frac{4\pi}{k_i} f(0). \quad (5)$$

Отсюда, учитывая (3), можно получить для дифференциального сечения процесса (1) следующее выражение:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = 9\chi^2 \frac{q}{k} \left[\frac{k}{4\pi} \sigma_{tot}(\pi V^0) \right]^2, \quad (6)$$

где k и q – абсолютные значения 3-импульсов начального и конечного сос-

тояний реакции (1), χ -константа взаимодействия, определяющая переход $\pi \rightarrow V^0$.

Основываясь на (3), можно сказать, что дифференциальное сечение должно иметь угловую зависимость типа $\sin^2 \theta$, где θ угол между импульсами π и V^0 мезонов. Наблюдающуюся на эксперименте асимметрия углового распределения относительно $\theta = 90^\circ$ можно получить, учитывая формфактор нуклона, подавляющий образование V^0 под большими углами.

Заклучение

В кварковой модели нет необходимости конкретизировать зависимость от энергии и переданного импульса кварковых амплитуд, и она используется с целью получения соотношений между сечениями различных процессов. Правдоподобное предположение о различной зависимости от t амплитуд рассеяния кварка на кварке позволяет получить простое правило для решения вопроса о том, в каких процессах должно наблюдаться несколько дифракционных максимумов в дифференциальных сечениях, а в каких процессах должен наблюдаться только первый главный дифракционный максимум.

При больших энергиях адронов ($E > 4$ ГэВ) основным для процесса образования нейтрального векторного мезона является дифракционный механизм [4], который можно описать в рамках периферической кварковой модели, а вблизи порога обычно применяется модель центральных кварковых столкновений.

Таким образом, кварковая модель приводит к несомненному успеху, восстановив согласие между теорией и экспериментом. Кроме того, с помощью этой модели можно сделать некоторые вычисления, имеющие предсказательный характер и рассчитанные на будущие эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулвагабова С.Г. Journal of Qafqaz University, 2010, №29, v. 2, p.112-117.
2. Абдулвагабова С.Г., Бархалова Н.Ш., Байрамова Т.О. Вестник БДУ, сер. физ-мат, 2, 2012, с. 96-100.
3. Fujimura K., Kobayashi T., Namiki M., Prog.Theor. Physics, Preprint CERN TH-676, 1997.
4. Hartmann J.L., Phys.Rev.Lett, 2007, v.39, p. 975.

NEYTRAL VEKTOR MEZONLARININ YARANMASINDA KVARK MODELİ

S.Q.ƏBDÜLVANABOVA, N.Ş.BARXALOVA, T.O.BAYRAMOVA

XÜLASƏ

Elementar zərrəciklərin qarşılıqlı təsirlərinin kvark modelində adronların neytral mezonların yaranması ilə baş verən difraksiya səpilməsinə baxılmışdır. Proses yüksək enerjilərdə və

ötürülən momentin kiçik qiymətlərində baş verir. Enerjinin astana enerjisinə yaxın qiymətlərində qamma kvant buraxan nüvə ilə neytral vektor mezonu buraxan kvark sistemi arasında oxşarlığa əsaslanan model təklif olunmuşdur. Model bu proseslərin differensial kəsiyinin ötürülən momentin kvadratından asılı olmasını və neytral vektor mezonunun sıfır bucağı altında yaranmasının diferensial kəsiyinin enerjiden asılılığını izah edə bilir. İşdə gələcək nəzəri tədqiqatların aparılması da müzakirə edilir.

Açar sözlər: kvark, mezon, səpilmə, difraksiya, adron, diferensial kəsik.

THE QUARK MODEL IN THE PROCESSES WITH THE PRODUCTION OF NEUTRAL VECTOR MESONS

S.G.ABDULVAHABOVA, N.Sh.BARKHALOVA, T.O.BAYRAMOVA

SUMMARY

In the quark model interactions of elementary particles the diffraction scattering of hadrons with production of neutral vector mesons at high energies and small momentum transfers is investigated. A model which is based on the analogy between a nucleus emitting gamma - quanta and the quark system emitting vector mesons is suggested for vector meson production near the threshold. The model allowed explaining the dependence of the cross sections of these processes on the squared momentum transfer as well as the energy dependence of the cross sections for the vector meson production at zero angle. The general line of further theoretical investigations is discussed.

Key words: quark, meson, scattering, diffraction, hadron, differential cross-section.

Поступила в редакцию: 03.04.2013 г.

Подписано к печати: 24.05.2013 г.