

## КОГЕРЕНТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛЕПТОНОВ С КВАРКАМИ В ГЛУБОКОНЕУПРУГИХ ПРОЦЕССАХ

В.В.Анисович

Рассматриваются процессы когерентного взаимодействия с двумя или с тремя кварками. Показано, что учет этих процессов приводит к  $W_2^{en}/W_2^{ep} \approx 1/3$  при  $x \approx 2/3$  и  $W_2^{en}/W_2^{ep} \approx 0$  при  $x \approx 1$ .

Кварк-партоновая картина, развитая Фейнманом [1] и Бьеркенем и Пашосом [2] довольно успешно описывает процессы столкновения лептонов с адронами при больших передачах импульса в глубоконеупругой области. Однако подобное рассмотрение процессов вблизи  $x = 1$  (область упругого рассеяния и рождения резонансов с большими передачами импульса) встречается с трудностями. В симметричной модели кварков-партонов [3, 4] отношение структурных функций в  $en$  и  $ep$ -взаимодействиях при  $x \approx 1$  должны удовлетворять неравенству  $W_2^{en}/W_2^{ep} \geq 2/3$ . Экспериментальные значения  $W_2^{en}/W_2^{ep}$  вблизи  $x = 1$  находятся существенно ниже величины  $2/3$  [5]. Значения  $W_2^{en}/W_2^{ep} \approx 1/3$  могут быть получены в несимметричной модели кварков-партонов [4, 6].

Составная модель кварков дает другую возможность решения создавшихся трудностей. Как известно, в составных системах процессы упругого и квазиупругого взаимодействия происходят когерентным образом.

Когерентные взаимодействия должны приводить к другим соотношениям между структурными функциями при больших  $x$ . Учету когерентных состояний в модели кварков партонов и посвящена настоящая работа.

Представление об адронах как о ядерноподобных системах, состоящих из двух (мезон) и трех (барион) квазичастиц-кварков, находящихся в среднем на значительных расстояниях друг от друга, возникло в результате попыток понять механизм  $SU(6)$ -симметрии. Доводом в пользу этой модели явился ее успех в описании процессов взаимодействия адронов при больших энергиях [7 – 9]. Далее будем исходить из предположения о существовании аналогии между структурой ядер и адронов.

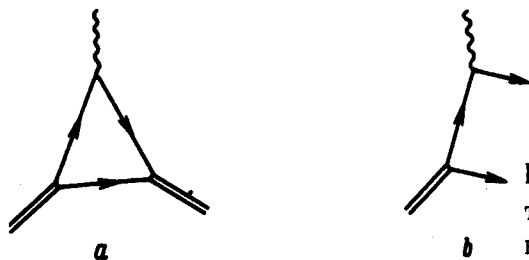


Рис. 1. Когерентные (а) и некогерентные (б) процессы при взаимодействии фотона с составной системой

Обратимся к рассмотрению процесса взаимодействия лептона с составной системой (для простоты будем считать ее дейтроноподобной, т. е. состоящей из двух частиц). Здесь возможны процессы двух типов — они показаны на рис. 1. В первом случае после поглощения фотона составляющие частицы взаимодействуют друг с другом, образуя первоначальную частицу или ее возбужденное состояние (рис. 1, а). Это когерентные процессы — амплитуды таких взаимодействий с разными составляющими частицами интерферируют друг с другом, и сечение взаимодействия фотона с составной системой пропорционально сумме зарядов кварков в квадрате:  $\sigma \sim (\sum e_i)^2$ . Второй тип процессов (рис. 1, б) является некогерентным — амплитуды взаимодействия фотона с различными кварками при больших передачах импульса не интерферируют друг с другом, и сечение пропорционально сумме квадратов зарядов кварков:  $\sigma \sim \sum e_i^2$ .

Партонная гипотеза предполагает, что адрон с большим импульсом  $P$  представляет собой суперпозицию состояний квазисвободных точечных частиц, несущих определенную долю  $x$  полного импульса этого адрона. В различных вариантах модели кварков-партонов считается, что такое представление адрона справедливо вплоть до  $x = 1$ . Поэтому взаимодействие фотона с адроном в этих моделях описывается только диаграммами типа 1, б. Однако, как мы видим в составных системах, упругие и квазиупругие взаимодействия должны осуществляться процессами первого типа. Физическая причина возникновения когерентных процессов при больших передачах заключается в следующем. При  $x$ , близких к единице, относительные импульсы частиц, составляющих адрон, велики, что соответствует относительно малым расстояниям между частицами. На этих малых расстояниях частицы взаимодействуют друг с другом как до, так и после поглощения фотона. Таким образом,

в составных моделях требуется модификация партонных представлений в области больших  $x$ .

В составной ядерноподобной модели барион состоит из трех пространственно разделенных квазичастиц — кварков, окруженных своими облаками кварк-антикварковых пар. Поэтому быстро движущийся барион представляет собой три пространственно разделенных облака кварков партонных, окружающих валентный кварк (рис. 2, *a*)<sup>1)</sup>. Полный импульс каждого из облаков примерно равен трети импульса бариона. Таким образом кварки-партоны из этих облаков имеют  $x \lesssim 1/3$ . Вероятность найти в этой конфигурации партон в области  $x > 1/3$  резко падает с увеличением  $x$ . Вероятность нахождения отдельного валентного кварка максимальна вблизи  $x = 1/3$ . Значения  $x \approx 2/3$  осуществляются при достаточно сильном перекрытии двух облаков партонных. Находящиеся на близком расстоянии валентные кварки-партоны взаимодействуют с фотоном когерентным образом. Такую систему двух кварков мы назовем дикварком. Дикварк может быть окружен облаком партонных (см. рис. 2, *b*).

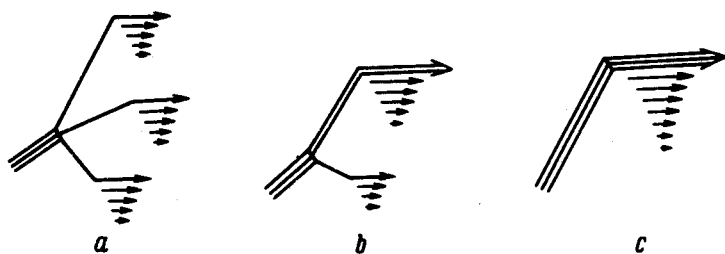


Рис. 2. Структура быстро движущегося нуклона; *a*) три пространственно разделенных кварка, окруженные облаками партонных, *b*) кварк и дикварк, окруженные партонными, *c*) трикварк с облаком партонных

Конфигурация 2, *b* относительно маловероятна по сравнению с 2, *a*, однако при  $x \approx 2/3$  она дает главный вклад. При  $x \approx 1$  три валентных кварка находятся на близких расстояниях и образуют единую систему (трикварк). Трикварк также может быть окружен своим морем партонных (см. рис. 2, *b*). В области  $x \approx 1$  фотон в основном взаимодействует с трикварком, при  $x \approx 2/3$  — с дикварками, при  $x \approx 1/3$  — с валентными кварками и при  $x \approx 0$  с кварками-партонными из моря. Здесь будет рассмотрена экстремальная ситуация, когда учет когерентных состояний не приводит к нарушению скейлинга. Это требует формфакторов дикварков и трикварков, не падающих с ростом передачи импульса

<sup>1)</sup> При быстром движении адрона радиусы облаков растут в поперечном направлении и при достаточно больших энергиях облака партонных перекрываются друг с другом. Однако существует область умеренно больших энергий, где облака не перекрываются. Мы ограничимся рассмотрением этой области.

Учет когерентных состояний валентных кварков (дикварков и трикварков) сразу же приводит к ряду качественных следствий.

1) При  $x \approx 1$  структурные функции в глубоконеупругом электрон-нуклонном взаимодействии пропорциональны заряду трикварка, равному заряду нуклона  $W \sim e_N^2$ . Поэтому для нейтронных и протонных взаимодействий при  $x \rightarrow 1$  имеем  $W^{en}/W^{ep} \rightarrow 0$ .

2) При  $x \approx 2/3$  структурные функции пропорциональны суммам квадратов зарядов дикварков:  $W \sim \sum (e_N - e_i)^2$  ( $e_i$  — заряд валентного кварка). Отношение структурных функций на нейтроне и протоне при таких  $x$  примерно равно  $W^{en}/W^{ep} \approx 1/3$ .

3) При  $x \approx 1/3$  структурные функции пропорциональны сумме квадратов зарядов валентных кварков  $W \sim \sum e_i^2$ , и поэтому в области  $x \approx 1/3$   $W^{en}/W^{ep} \approx 2/3$ .

Следствия 2)–3) хорошо согласуются с экспериментальными данными. Для описанной структуры адронов критичным является поведение  $W^{en}/W^{ep}$  при  $x \rightarrow 1$ . Экспериментальных данных, позволяющих сделать здесь определенные выводы, пока нет.

Автор глубоко благодарен А.А. Ансельму, П.Э. Волковицкому, В.Г. Грибову, Е.М. Левину и В.М. Шехтеру за полезные обсуждения.

Институт физики высоких энергий

Поступила в редакцию  
20 января 1975г.

## Литература

- [1] R.P.Feynman. Photon-Hadron interactions. Benjamin, New-York, 1972.
- [2] J.D.Bjorken, E.A.Pashos. Phys. Rev., **185**, 1975, 1969; Phys. Rev., **D1**, 3151, 1970.
- [3] P.V.Landshoff, J.C.Polkinghorn. Phys. Lett., **34B**, 621, 1971.
- [4] J.Kuti, V.F.Weisskopf. Phys. Rev., **D4**, 3418, 1971.
- [5] A.Bodek et al. Phys. Lett., **51B**, 417, 1974.
- [6] Е.М. McElhany. S.Tuan. Phys. Rev., **D8**, 2267, 1973.
- [7] Е.М. Левин, Л.Л. Франкфурт. Письма в ЖЭТФ, **3**, 652, 1965.
- [8] H.J.Lipkin, F.Scheck. Phys. Rev. Lett., **16**, 71, 1966.
- [9] L.Van Hove. CERN- preprint TH 676, 1966.