

Реальность глюонов и кварков

Если глюоны и кварки отсутствуют в свободном состоянии вследствие эффектов конфайнмента цветового заряда, то можно ли их рассматривать как реальные объекты? Можно ли назвать кварки и глюоны составляющими частицами, если адрон принципиально нельзя на них разделить?

На протяжении нашей книги мы уже проследили изменение представления о частицах. Частицы могут

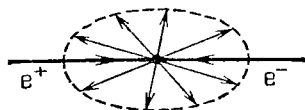


Рис. 20. При электрон-позитронной аннигиляции в адроны можно было бы ожидать равномерного распределения вылета рождающихся адронов по всем направлениям. Однако такая картина получалась только при наложении большого числа отдельных процессов аннигиляции

рождаться и уничтожаться. Могут превращаться друг в друга. Могут быть нестабильными и распадаться на другие более легкие частицы. Важно, чтобы у частиц были определенные характеристики (спин, масса, электрический заряд, ...). Важно, чтобы мы могли наблюдать следы их образования. Кварки и глюоны имеют определенные характеристики. Кварки и глюоны можно назвать частица-

ми, поскольку имеются наблюдательные эффекты их существования на малых расстояниях. Эти эффекты проявляются в образовании струй адронов.

Если бы кварки реально не существовали, то рождающиеся в e^+e^- -аннигиляции адроны разлетались бы по разным направлениям, так что картина каждого отдельного события аннигиляции выглядела бы, как показано на рис. 20. Но если сначала образуются кварки и антикварки, разлетающиеся с большой энергией в противоположные стороны, то и образующиеся затем адроны должны разлетаться в том же направлении, в котором первоначально летели кварк и антикварк. Кварк и антикварк выступают в роли шланга, направляющего движение двух адронных струй, или в роли концов каната, который натягивается и разрывается.

Кварк и антикварк могут разлетаться под разными углами относительно направления движения сталкивающихся электрона и позитрона. Но в каждом отдельном событии аннигиляции направление разлета

кварка и антикварка фиксировано. Это направление и определяет направление разлета струй адронов. Если собрать все события e^+e^- -аннигиляции и наложить одно на другое, мы получим ту же картину, что и на рис. 20. Но в каждом отдельном событии мы имеем не равномерное распределение адронов по всем углам, а концентрацию всех адронов, рождаемых в данном событии, вдоль одного направления. Имеем две разлетающиеся в противоположные стороны

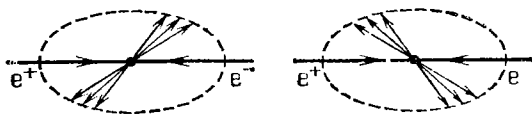


Рис. 21. В каждом отдельном процессе аннигиляции преимущественно рождаются струи адронов, разлетающиеся в противоположные стороны под определенным углом к аннигилирующим электрону и позитрону. Наложение друг на друга большого числа отдельных событий аннигиляции дает картину, изображенную на рис. 20

адронные струи (рис. 21). Именно такую двухструйную картину, а не равномерное распределение адронов по всем углам (рис. 20) и наблюдают в эксперименте по e^+e^- -аннигиляции. Образование двух струй адронов в аннигиляции рассматривают поэтому как доказательство реального существования кварков.

Электрон и позитрон оставляют след в камере Вильсона, разбивая атомы на своем пути. Подобно этому струи адронов — это следы кварков в вакууме, рождающих по пути кварк-антикварковые пары.

Адронные струи наблюдают и в процессах глубоко-неупругого рассеяния лептонов на нуклонах и даже в процессах взаимодействия адронов. В последнем случае происходит большая передача импульса и энергии, так что процесс эффективно определяется взаимодействием отдельных кварков или глюонов. Экспериментально пока не удается определить, образована данная струя кварком или глюоном. Однако то, что глюоны несомненно образуются и формируют адронные струи, было установлено в экспериментах по e^+e^- -аннигиляции.

Дело в том, что квантовая хромодинамика предсказывала, что с ростом энергии сталкивающихся электрона и позитрона возрастает относительная ве-

роятность того, что образующиеся в e^+e^- -аннигиляции кварк или антикварк могут испускать глюон под достаточно большим углом к направлению разлета кварка и антикварка *). Вместо двух струй адронов в этом случае должны наблюдаться три струи адронов. Поэтому согласно квантовой хромодинамике следовало ожидать, что с повышением энергии сталкивающихся электронов и позитронов наряду с двухструйными событиями должно появляться и некоторое количество трехструйных событий. И в 1979 г. такие трехструйные события действительно были обнаружены. Открытие трехструйных событий служило доказательством существования глюонов.

Каждому типу взаимодействия частиц отвечает свой тип зарядов — источников поля соответствующего взаимодействия. Так оказалось возможным единообразно описать такие внешне разные взаимодействия, как электромагнитное, слабое и сильное. Но заряды слабого взаимодействия обладают еще одним специфическим свойством: несохранением пространственной четности.

Четность

До 1956 г. все опыты, атомные и ядерные, казалось, подтверждали естественное предположение о зеркальной симметрии законов природы. Если и существуют несимметричные предметы, например, «правые» перчатки, то с тем же успехом можно изготовить и перчатку на левую руку. То же относится и к сложным органическим молекулам; великие химики XIX в. установили, что в органических молекулах

типа $\begin{array}{c} R_2 \quad R_1 \\ \quad \diagdown \quad / \\ \quad C \\ \quad / \quad \diagdown \\ R_3 \quad R_4 \end{array}$, где R_1, R_2, R_3, R_4 — разные атомы или

разные группы атомов, эти группы располагаются по углам тетраэдра (пирамиды с треугольным основанием (рис. 22)), в центре которого находится атом углерода С.

*) Глюоны электронейтральны и не имеют взаимодействия с электромагнитными квантами, электронами и позитронами. В e^+e^- -аннигиляции глюоны могут образовываться только после рождения пары кварк — антикварк,