



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P2-87-233

В.Н.Стрельцов

О ПРОДОЛЬНЫХ РАЗМЕРАХ  
БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1987

Одним из интересных вопросов физики высоких энергий является вопрос о том, какие продольные расстояния характерны для взаимодействий релятивистских частиц. Или может быть точнее — какие продольные размеры сталкивающихся частиц характеризуют их взаимодействие при высоких энергиях.

1. Обычно в рамках партонной модели принималась дисковая картина быстрого адрона. Из-за этого, однако, возникли определенные рассогласования между следствиями партонной картины и схемой реджонных диаграмм /1/. Чтобы устранить эту трудность, пришлось допустить, что релятивистский адрон представляет собою не сжатый диск, а длинную трубку длиной  $l \sim Em^{-2}$ . Здесь  $E$  и  $m$  — энергия и масса адрона,  $\hbar = c = 1$ . Следует отметить, что ранее также исходя из партонной модели и дисковой формы адрона при рассмотрении адрон-ядерных взаимодействий /2/ подчеркивалось тем не менее следующее. Самым важным обстоятельством развиваемого подхода является то, что существенные в адронных взаимодействиях продольные расстояния растут как  $E m^{-2}$  x).

Необходимо отметить, что рассматриваемый вопрос о продольных размерах быстрого адрона является одним из примеров поведения любых релятивистски движущихся объектов. А это в свою очередь означает, что здесь мы имеем дело с общей закономерностью, касающейся релятивистского преобразования длины.

2. Эксперименты по физике высоких энергий, связанные с измерением пространственных размеров области взаимодействия (области генерации тождественных частиц) в настоящее время являются, по-видимому, наиболее прямыми опытами, позволяющими непосредственно наблюдать релятивистское изменение длины. Полученные недавно результаты /4-6/ скорее всего не согласуются с привычными представлениями о том, что релятивистски движущиеся объекты должны всегда испытывать лоренцево сжатие, а свидетельствуют в пользу увеличения продольных размеров, хотя значительные экспериментальные ошибки требуют дальнейших исследований. В указанных экспериментах методом интерференции тождественных пионов определялись пространственные размеры области их генерации по отношению к различным (инерциальным) системам отсчета. Исследовались процессы множественного рождения, происходящие при взаимодействии отрицательных пионов с нуклонами и протонами при импульсах 40 ГэВ/с /4/ и 5 ГэВ/с /5/ и антипротонов с протонами при импульсе 22 ГэВ/с /6/. Было получено указание на то, что продольные размеры области взаимо-

x) В этой связи см. также /3/.

действия растут при переходе от системы центра инерции (с.ц.и.) к лабораторной системе (л.с.). Иначе говоря, при движении происходит релятивистское удлинение продольных размеров.

Этот результат можно понять с помощью следующей простой модели, если предположить, что испускание пионов источниками, разделенными расстоянием  $\Delta x^{(4)} = \ell_0$ , происходит одновременно ( $\Delta t^{(4)} = 0$ ) в собственной системе отсчёта (системе покоя  $S^{(4)}$ ) области взаимодействия. С точки зрения несобственной системы отсчёта (в том числе и л.с.) соответствующий продольный размер  $\Delta x = \ell$  на основании преобразований Лоренца выражается формулой

$$\ell = \ell_0 (1 - \beta^2)^{-1/2} = \ell_0 \gamma. \quad (I)$$

Здесь  $v_x = \beta c$  - скорость движения области взаимодействия,  $\gamma$  - лоренц-фактор.

3. Как было отмечено /5/, рассмотренная модель является по сути дела применением отличного от общепринятого определения понятия релятивистской длины /7,8/. Следствием этого определения, основанного на локационном методе измерения расстояний, является именно формула (I). При этом важно подчеркнуть, что релятивистские размеры в частности, представляют попросту "видимые" размеры объекта.

Для нас здесь существенно то, что процесс "видения" связан со взаимодействием, скажем, излученных световых сигналов (в конечном счете - фотонов) с наблюдателем или регистрирующим прибором (в общем случае пробным телом, частицей). Иными словами, отмеченные "видимые" размеры можно назвать динамическими, поскольку они отражают сам характер взаимодействия (в данном случае - электромагнитного). Вообще можно сказать, что по современным представлениям в основе механизма электромагнитных, так же как и сильных взаимодействий, лежит фактически локация (или "видение") с помощью фотонов и глюонов соответственно. С учетом сказанного становится понятным, почему рассмотренный в п. I взаимодействующий быстрый адрон должен представлять собой именно вытянутую трубку, а не сжатый диск.

4. Современные представления о строении адронов и механизме их взаимодействия при высоких энергиях привели к струнной модели (см., например, /9/). В её рамках конфигурации глюонного поля, локализованного вдоль линий, соединяющих кварки, моделирует релятивистская струна с точечными массами на концах. При этом струна, соединяющая два кварка, моделирует мезон. Барions, в образовании которых участвуют три кварка, могут, например, описываться замкнутой треугольной струнной конфигурацией и т.д. Струна - это одномерный протяженный объект. Для адронной физики наибольший интерес представляют релятивистские струны конечных размеров или же замкнутые струны.

Прежде всего, длина струны может меняться, причём струна может даже стягиваться в точку. Замкнутая струна пульсирует во времени, то сжимаясь в точку, то принимая первоначальную форму. Иными словами, релятивистская струна существует только в постоянном движении.

Как будет выглядеть струнная конфигурация с точки зрения несобственной системы отсчёта, где её центр инерции движется со скоростью  $\beta$ ? Во всех случаях: осциллирующей, вращающейся или пульсирующей струны соответствующие продольные размеры будут пропорциональны лоренц-фактору  $\gamma$ .

Чтобы проиллюстрировать это, рассмотрим струну, имеющую в начальный момент ( $t^{(4)} = 0$ ) форму прямолинейного отрезка длины  $\ell_0$  с серединой в начале координат и направленного вдоль оси OX. Покоившаяся вначале струна начинает осциллировать, то сжимаясь в точку, то принимая исходные размеры. По наблюдениям из л.с., левый конец струны пройдет к моменту стягивания в точку расстояние  $(1 + \beta \beta_1) \gamma \ell_0 / 2$ , а правый -  $(1 - \beta \beta_1) \gamma \ell_0 / 2$ . Здесь  $\beta_1$  - скорость стягивания в с.ц.и.  $S^{(4)}$ . Таким образом, суммарное расстояние составит

$$\ell = (1 + \beta \beta_1) \gamma \ell_0 / 2 + (1 - \beta \beta_1) \gamma \ell_0 / 2 = \ell_0 \gamma. \quad (2)$$

Иными словами, с точки зрения л.с. струна будет вытянута в  $\gamma$  раз по сравнению с её собственной длиной в полном соответствии с формулой (I). Размеры струны, направленной вдоль оси OY, останутся, очевидно, неизменными. Что касается замкнутой и имеющей в с.ц.и., например, форму окружности, струны, то в л.с. мы будем иметь пульсирующий эллипс, вытянутый в направлении своего движения.

Таким образом, как в рамках партонной, так и струнной моделей продольные размеры быстрых адронов должны определяться "формулой удлинения" (I).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Канчели О.В. Письма в ЖЭТФ, 1975, т. 22, с. 491.
2. Канчели О.В. Письма в ЖЭТФ, 1973, т. 18, с. 465.
3. Грибов В.Н. и др. ЯФ, 1965, т. 2, с. 768.
4. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1983, т. 37, с. 338.
5. Глаголев В.В. и др. ЯФ, 1985, т. 42, с. 181.
6. Стрельцов В.Н., Глаголев В.В. Препринт ОИЯИ, P1-86-725, Дубна, 1986.
7. Стрельцов В.Н. Сообщения ОИЯИ, P2-5555, Дубна, 1971.
8. Стрельцов В.Н. Сообщения ОИЯИ, P2-10912, Дубна, 1977.
9. Барбашов Б.М., Нестеренко В.В. Модель релятивистской струны в физике адронов, М., Энергоатомиздат, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 апреля 1987 года.