



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 $l \sim E m^{-2}$. 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 $\Delta x^{(0)} = \ell_0$, происходит одновременно ($\Delta t^{(0)} = 0$) в собственной системе отсчёта (системе покоя $S^{(0)}$) 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, γ - 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.1 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. Бариионы, 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 растягиваться 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 β ? Во всех случаях: осциллирующей, вращающейся или пульсирующей струны соответствующие продольные размеры будут пропорциональны лоренц-фактору γ .

Чтобы проиллюстрировать это, рассмотрим струну, имеющую в начальный момент ($t^{(0)} = 0$) форму прямолинейного отрезка длины ℓ_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 β_1 - скорость стягивания в с.ц.и. $S^{(0)}$. 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 γ 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).

ЛИТЕРАТУРА

1. Канчели О.В. Письма в ЖЭТФ, 1975, т.22, с.491.
2. Канчели О.В. Письма в ЖЭТФ, 1978, 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 ОИИИ, Р1-86-725, Дубна, 1986.
7. Стрельцов В.Н. Сообщения ОИИИ, Р2-5555, Дубна, 1971.
8. Стрельцов В.Н. Сообщения ОИИИ, Р2-10912, 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.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Стрельцов В.Н.

P2-87-233

О продольных размерах быстрых частиц

Отмечается, что продольные размеры быстрого адрона /в рамках партонной и струнной моделей/ растут линейно с ростом его энергии /лоренц-фактора/. Указывается на связь этого факта с данными экспериментов по исследованию влияния движения на пространственные размеры области взаимодействия. Подчеркивается, что отмеченные результаты являются следствием релятивистского изменения продольных размеров.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод автора.

Strel'tsov V.N.

P2-87-233

On Longitudinal Sizes of Fast Particles

It is noted that longitudinal sizes of a fast hadron (within the parton and string models) increase linearly with the growth of its energy (Lorentz-factor). The connection of this fact with the experimental data on investigation of the effect of motion upon space dimensions of interaction region is pointed to. It is stressed that the mentioned results are the consequence of relativistic variation of longitudinal sizes.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987