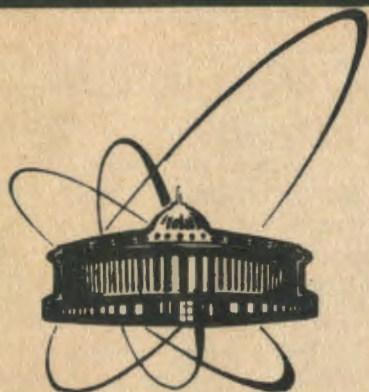


89-366



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

С 844

P2-89-366

В. Н. Стрельцов

О ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1989

1. Ядерные реакции суть превращения атомных ядер при взаимодействии с элементарными частицами или друг с другом. Различают упругое рассеяние и прямые процессы, в которых вносимая в ядро энергия передается преимущественно одному или небольшой группе нуклонов. Наконец, возможно образование составного ядра, которое неустойчиво и через определенное время (время жизни) распадается. Различные механизмы ядерных реакций характеризуются разным временем протекания. Наименьшее время идет прямая ядерная реакция ($\sim 10^{-22}$ с). Среднее время жизни составного ядра значительно больше ($\sim 10^{-16} - 10^{-15}$ с). При больших энергиях преобладают прямые процессы. Однако при переходе к высоким энергиям все возрастает вклад реакций с рождением резонансных состояний.

В настоящее время понятие "ядерная реакция" является достаточно широким и охватывает также взаимодействия самих элементарных частиц, то есть, например, нуклонов с нуклонами, мезонов с нуклонами и т.д.*. Ниже речь фактически пойдет о ядерных реакциях, происходящих под действием частиц высоких энергий, а следовательно, вообще говоря, о процессах множественного рождения. Как уже отмечалось, в подавляющем числе случаев эти процессы идут с рождением промежуточных состояний - резонансов.

Цель работы заключается в выяснении вопроса о том, как изменяется время протекания (длительность) ядерной реакции с ростом энергии. Поводом же послужило бытующее мнение, что указанная длительность уменьшается с увеличением энергии пропорционально γ^{-1} , где γ - лоренц-фактор. Вместе с тем мы коснемся физического обоснования причины уменьшения угла испускания вторичных частиц с ростом энергии ($\theta \sim \gamma^{-1}$) в процессах их множественного рождения.

2. Утверждение о том, что длительность ядерных реакций ($\tau_{я.р.}$) уменьшается с ростом энергии, фактически базируется на предположении, что продольные размеры движущегося ядра или

* Заметим, что, например, α -распад приводит также к превращению атомных ядер, а поэтому, казалось бы, и его следует считать ядерной реакцией.

другой частицы сжимаются, то есть определяются "синхронной длиной"*. При этом совершенно не учитываются релятивистские эффекты поведения поля, определяющего, по существу, механизм протекания ядерных реакций. Но прежде, чем перейти к этому вопросу, мы хотим заметить следующее. Имеется определенная аналогия между образованием составного ядра и рождением резонансов. Однако если длительность ядерных реакций первого типа определяется фактически временем жизни составного ядра, то во втором случае это будет время жизни резонансов. Ввиду релятивистского замедления времени рост скоростей рожденных резонансов ведет к увеличению их времени жизни, а следовательно, и длительности соответствующих реакций. Конечно, здесь возможны возражения, что длительностью таких ядерных реакций надо называть собственно процессы рождения резонансов без последующих стадий распада. Но эти же возражения можно отнести и к упомянутым реакциям с образованием составного ядра.

С другой стороны, можно ввести "полевое" определение т.р. Представляется вполне разумным называть началом реакции момент, когда поле налетающей частицы в точке нахождения пробной частицы - мишени (или ее элемента) достигает заданной величины, а концом - момент, когда по мере пролета частицы ее поле в этой точке уменьшается до прежней величины.

С учетом сказанного перейдем теперь к рассмотрению поведения поля релятивистской частицы, которое, по нашему мнению, и определяет основные особенности протекания ядерных реакций. Как было установлено на основании формул для запаздывающих потенциалов^{/1/}, поле впереди движущейся частицы с ростом ее энергии действует на все большие расстояния. Поскольку, например, векторное поле вытянуто вперед на расстояние $r_x \sim \gamma^2$,

(1)

то и время взаимодействия (для центральных соударений) должно возрастать. Для периферических столкновений рост, конечно, будет значительно меньше. Но бесспорно, что в общем можно говорить об увеличении длительности ядерных реакций с ростом энергии. Вместе с тем подчеркнем, что указанное поле перед релятивистской частицей сосредоточено в узком конусе (направленном вперед) с углом раствора

$$\theta \sim \gamma^{-1}.$$

(2)

* Расстоянием между одновременными положениями граничных точек объекта.

По нашему мнению, именно следствием этого факта является то, что излучение* релятивистской частицы сосредоточено в основном в направлении ее движения** в интервале углов (2) вокруг вектора скорости (см., например, /2/). Можно с уверенностью сказать, что аналогичная причина лежит и в основе другого известного явления. В процессах множественного рождения при высоких энергиях вторичные частицы испускаются в основном в узком конусе, угол раствора которого уменьшается с ростом энергии в соответствии с (2).

3. Следующий вопрос, который мы хотим затронуть, касается длины, или времени формирования. Хотя в общем существуют процессы, в которых область (или время) взаимодействия может быть значительно меньше длины (или времени) формирования, однако возможны и такие реакции, когда эти понятия могут совпадать (см., например, /3/). Во всяком случае, сильным взаимодействиям, которые вызываются короткодействующими силами, в большей степени соответствует вторая возможность. Поэтому рост длины формирования быстрых адронов с импульсом p (см., например, /4/)

$$l_F \approx p/m^2, \quad (3)$$

где m - характерная масса, должен быть связан с увеличением времени взаимодействия или длительности реакции. С другой стороны, как уже отмечалось (см., например, /5/), сам рост длины формирования обусловлен увеличением продольных размеров релятивистских объектов, что вытекает из "формулы удлинения", являющейся следствием концепции релятивистской длины (см., например, /6/).

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельцов В.Н. - Сообщения ОИЯИ P2-89-175, P2-89-234, Дубна, 1989.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Теория поля. М.: ГИФМЛ, 1960, с.237.
3. Фейнберг Е.Л. - УФН, 1980, т.132, с.268.

* Которое можно трактовать как превращение виртуальных квантов поля в реальные.

** Представляется, что увеличение дальнего действия поля с ростом скорости как раз и обуславливает релятивистский рост ионизационных потерь.

4. Николаев Н.Н. - УФН, 1981, т.134, с.369.
5. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ Р2-88-61, Дубна, 1988.
6. Стрельцов В.Н. - Сообщение ОИЯИ Р2-87-817, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 мая 1989 года.