

НАБЛЮДЕНИЕ РОЖДЕНИЯ МЕДЛЕННЫХ ПИОНОВ В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

А.И.Дубинина, Э.Д.Колганова, Е.А.Пожарова, В.А.Смирнитский

В ядерной фотоэмульсии наблюдалось рождение медленных π^{\pm} -мезонов в ядро-ядерных взаимодействиях. При энергии пионов до 13 МэВ спектр имеет характерную испарительную форму с температурой $T = 3,5 \pm 0,4$ МэВ и порогом $V = 0,2 \pm 0,3$ МэВ. Показано, что рождение пионов происходит, в основном, в центральных соударениях.

Наиболее тщательное изучение рождения медленных пионов в адрон-ядерных взаимодействиях в фотоэмульсии выполнено в работах ¹, где приведены энергетические спектры π^{\pm} -мезонов, относительные частоты их выхода из ядер и теоретический анализ результатов измерений. В этих опытах получена информация о ядерном взаимодействии медленных пионов с энергиями, близкими к кулоновским потенциалам родительских ядер. В работе ² описана методика регистрации мягких π^{\pm} -мезонов безмагнитным адронным спектрометром.

1. Мы наблюдали рождение медленных пионов, возникающих при взаимодействии с ядрами фотоэмульсии ионов Ne и Mg, ускоренных до энергии 4,1 ГэВ/нуклом на ускорителе ОИЯИ. Просмотром вдоль следа ядра-снаряда было найдено 1128 взаимодействий ("звезд"), образованных ускоренными ионами Ne и Mg. Все черные и черно-серые следы, возникавшие в звездах, прослеживались от точки взаимодействия на длину до 3 мм. При этом регистрировались остановки π^+ -мезонов по характерной конфигурации $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ -распада, а остановки π^- -мезонов по σ_{π^-} -звездам, образующимся при захвате ядром остановившихся π^- -мезонов. Рассматривались только те захваты ядром π^- -мезонов, которые приводили к испусканию заряженных частиц. Спектр множественности частиц из σ_{π^-} -звезд известен и доля остановок π^- -мезонов, образующих 0-лучевые звезды составляет $26,8 \pm 1,0\%$ ³. Полученный нами спектр множественности заряженных частиц, возникающих при захвате π^- -мезонов ядрами фотоэмульсии, хорошо согласуется с известными данными из работ ^{3, 4}. Это позволяет нам надежно ввести поправку на 0-лучевые σ_{π^-} -звезды. Истинный пробег π^{\pm} -мезонов до остановки определяется, как сумма длин отрезков ломаной линии, которая составляет траекторию π^{\pm} -мезона от точки вылета из звезды до его остановки. Энергия пионов вычислялась по табулированным значениям пробег-энергия ⁵.

2. Было зарегистрировано 89 медленных пионов с энергией до 13 МэВ; 12 π^+ -мезонов и 77 π^- -мезонов. С поправкой на 0-лучевые звезды это составляет 110 медленных пионов на 1128 ядро-ядерных взаимодействий. Для каждого пиона, кроме его кинетической энергии, измерялся угол вылета θ из звезды по отношению к направлению налетающего ядра-снаряда. Среднее значение быстрот, вычисленное по этим измерениям, оказалось равным $\langle \gamma \rangle = 0,035$, а угловое распределение имеет асимметрию вперед-назад: $N_{\text{вп}}/N_{\text{наз}} = 1,6 \pm 0,4$. Сред-

няя продольная скорость, определяемая по быстроте, позволяет перейти в систему центра масс. При этом распределение по $\cos\theta$ становится практически изотропным. Энергетический спектр пионов в этой системе незначительно отличается от спектра в лабораторной системе (из-за малости средней переносной скорости) и приведен на рис. 1. Сплошная кривая на этом рисунке соответствует испарительному спектру ⁶:

$$dN \approx \frac{E_{\kappa} - V}{T^2} \exp\left(-\frac{E_{\kappa} - V}{T}\right) dE_{\kappa},$$

здесь E_{κ} — кинетическая энергия пиона, T — температура возбуждения системы, а V — потенциальный барьер. Фитирование по двум параметрам T и V дает для них наилучшие значения: $T = 3,5 \pm 0,4$ МэВ; $V = 0,2 \pm 0,3$ МэВ. Таким образом наблюдаемый нами энергетический спектр мягких пионов имеет характерное максвелловское (испарительное) распределение. Причем, температура T характерна для испарительных процессов, которые наблюдаются при взаимодействии адронов с ядрами фотоэмульсии (см., например, ⁷). Отношение числа медленных отрицательных и положительных пионов $R = 8,2 \pm 2,4$, что согласуется с аналогичным отношением в адрон-ядерных взаимодействиях. Если представить экспериментальный спектр в виде $f \sim \frac{E}{p} \frac{dN}{dE_{\kappa}} \sim \exp(-E_{\kappa}/T_0)$, то параметр наклона $T_0 = 5,0 \pm 1,0$ МэВ в интервале энергий до 13 МэВ. Мы установили, что медленные пионы, в основном, рождаются в случае центральных взаимодействий, когда происходит разрушение (развал) ядра. Для этой цели был измерен спектр множественностей h -частиц (черных и серых следов), показанный на рис. 2. События с наблюдаемыми медленными пионами показаны пунктирной гистограммой, а без них — сплошной. Видно, что пунктирная гистограмма, соответствующая событиям с медленными пионами, смещена в область больших множественностей.

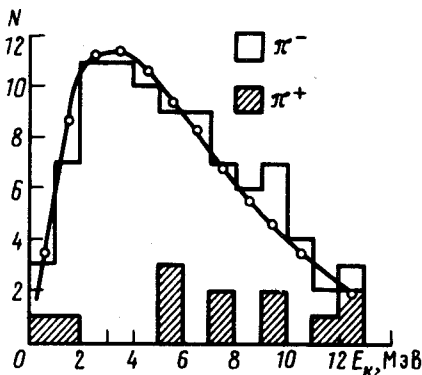


Рис. 1

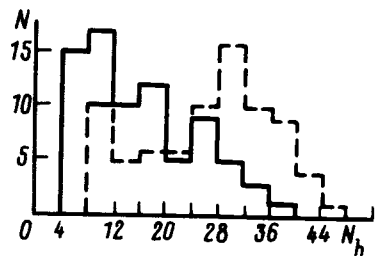


Рис. 2

Рис. 1. Энергетический спектр пионов, возникающих в ядро-ядерных взаимодействиях. Сплошная кривая — расчет по испарительной модели ⁶

Рис. 2. Спектр множественностей h -частиц, возникающих в ядро-ядерных взаимодействиях: пунктирная гистограмма — выборка событий с медленными пионами, сплошная гистограмма — события без медленных пионов

Мы не имеем объяснения причины возникновения "испарительных" пионов в ядро-ядерных взаимодействиях, но возможно, что такая максвелловская форма спектра может быть, в какой-то мере, обусловлена влиянием кулоновского поля движущегося ядра на кинетическую энергию вылетевших медленных пионов.

Авторы благодарят К.Д.Толстого за предоставление фотоэмульсионных камер, облученных ускоренными ионами, и обсуждение работы на фотоэмульсионном комитете ОИЯИ. Мы

благодарны также В.С.Борисову, Г.А.Лексину, И.М.Народецкому и Ю.А.Симонову за обсуждение проблемы и замечания; мы благодарим В.В.Дубинину и В.И.Кроткову за проведенные измерения.

Литература

1. *Костанашвили Н.И. и др.* ЯФ, 1967, 6, 528; 1971, 13, 1243; 1977, 16, 983.
2. *Воробьев Л.С. и др.* Препринт ИТЭФ 88-47, Москва, 1988.
3. *Menon R. et al.* Phil. Mag., 1950, 41, 583.
4. *Adelman W.* Phys. Rev., 1952, 85, 249.
5. *Fay H. et al.* Suppl. al Nuovo Cim., 1954, 11, 234.
6. *Skjeggsten O., Sorensen S.O.* Phys. Rev., 1959, 113, 1115.
7. *Dostrovsky I. et al.* Phys. Rev., 1958, 111, 1659.

Институт теоретической и
экспериментальной физики

Поступила в редакцию
14 июля 1988 г.