

**ДВОЙНАЯ НЕУПРУГАЯ ПЕРЕЗАРЯДКА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
 $\pi^-$ -МЕЗОНОВ С ИМПУЛЬСОМ 50 ГэВ / с С НУКЛОНAMI,  
ЛЕГКИМИ (CNO) И ТЯЖЕЛЫМИ (AgBr) ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ  
И СОСТАВНАЯ МОДЕЛЬ КВАРКОВ**

*Г.И.Орлова, М.И.Третьякова, М.М.Чернявский*

Приводятся экспериментальные данные о двойной неупругой перезарядке, определяемой как отношение числа событий, в которых вторичная частица с максимальным импульсом по знаку заряда отличается на 2 от налетающей частицы, к числу событий, в которых вторичная частица с максимальным импульсом имеет тот же знак заряда, что и налетающая. Полученные результаты для взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 50 ГэВ / с с нуклонами, легкими (CNO) и тяжелыми (AgBr) ядрами фотоэмulsionии сравниваются с расчетами, выполненными в рамках составной модели кварков. Наблюдается удовлетворительное согласие.

В настоящей работе изучалась вероятность неупругой двойной перезарядки во взаимодействиях  $\pi^-$ -мезонов с нуклонами, легкими и тяжелыми ядрами фотоэмulsionии, экспонированной на ускорителе ИФВЭ (Серпухов) при энергии 50 ГэВ в импульсном магнитном поле. Эта методика позволяет надежно определять знак заряда вторичной частицы и измерять импульсы с точностью  $10 \div 15\%$ .

Для разделения взаимодействий на ядрах эмульсии на взаимодействия с нуклонами, легкими (CNO) и тяжелыми (AgBr) ядрами использовались критерии, подробно изложенные в работе [1].

Для каждого взаимодействия были определены:  $n_s$  – число релятивистских частиц ( $\beta > 0,7$ ,  $J < 1,4 J_0$ );  $n_g$  – число "серых" следов ( $\beta \leq 0,7$ ,  $J \geq 1,4 J_0$ ,  $30 \text{ МэВ} \leq E_p \leq 400 \text{ МэВ}$ );  $n_b$  – число "черных" следов – следов частиц испарения ядра ( $E_p < 30 \text{ МэВ}$ );  $n_h = n_g + n_b$ . Здесь  $J_0$  – минимальная ионизация,  $\beta$  и  $E$  – скорость и энергия частицы.

После этого все взаимодействия были разделены на четыре группы: 1)  $\pi N$ -взаимодействия со свободными и квазисвободными нуклонами фотоэмulsionии, когерентные взаимодействия были исключены; 2) группа "L" –  $pA$ -взаимодействия с  $1 \leq n_h \leq 6$  и минимальным пробегом черного следа  $R_{min} \leq 80 \text{ мкм}$ , которая составляет часть взаимодействий на ядрах (CNO) –  $\sim 70\%$ ; 3) группа " $T_1$ " –  $pA$ -взаимодействия с  $1 \leq n_h \leq 6$  и  $R_{min} > 80 \text{ мкм}$ ; 4) группа " $T_2$ " –  $pA$ -взаимодействия с  $n_h \geq 7$ . События групп " $T_1$ " и " $T_2$ " относятся к взаимодействиям на тяжелых ядрах (AgBr) и составляют соответственно  $\sim 40$  и  $\sim 50\%$  от всех взаимодействий с этой группой ядер.

Чтобы получить характеристики взаимодействий на ядрах (CNO) и (AgBr) группы "L" и " $T_1 + T_2$ " были дополнены событиями из  $\pi N$ -взаимодействий согласно геометрическим сечениям (использовано  $\sigma \sim A^{0,75}$ ).

Считалось, что в данном взаимодействии налетающий  $\pi^-$ -мезон испытывал двойную неупругую перезарядку, если вторичная частица с максимальным значением импульса имела знак заряда, отличающийся от первичного на 2, т.е. в нашем случае имела знак заряда "+" (такие события помечены индексом  $\pi^- \rightarrow h^+$ ). В событиях без неупругой перезарядки вторичная частица с максимальным значением импульса имела тот же знак заряда, что и налетающая, т.е. "-" (индекс  $\pi^- \rightarrow h^-$ ).

Отношение числа событий с двойной неупругой перезарядкой к числу событий без перезарядки для первичного  $\pi^-$ -мезона  $R(\pi^-) = \frac{N_{\pi^- \rightarrow h^+}}{N_{\pi^- \rightarrow h^-}}$

в зависимости от атомного номера ядра, вычислено в работе [2] в рамках составной модели кварков. Эта модель предполагает, что адроны состоят из двух (мезоны) или из трех (барионы) составляющих кварков. При столкновении с нуклоном взаимодействует только одна пара кварков — один из налетающей частицы и один из мишени. Оставшийся夸克 (при налетающем, как у нас, мезоне) выступает в роли пассивного кварка-спектатора, сохраняющего свой импульс, в среднем равный половине импульса налетающего мезона. В случае столкновения с ядром появляется и другая возможность: кроме процесса, аналогичного мезон-нуклонному, когда взаимодействует только одна пара кварков, возможны процессы, в которых неупруго взаимодействуют оба кварка налетающего мезона. Вероятность процессов с кратным взаимодействием кварков растет при увеличении атомного номера ядра мишени.

Наиболее энергичные вторичные частицы формируются из кварк-спектатора и кварка, подхваченного из "моря". Сформированная таким образом частица-лидер в случае, если налетающая частица  $\pi^-$ -мезон может, главным образом, быть либо  $\pi^-$ - или  $\pi^0$ -мезонами, для которых  $\langle P_\pi \rangle = \langle P_q \rangle = 1/2 \cdot P_0$ . Кроме того возможно превращение кварка-спектатора в  $\rho^-$ ,  $\rho^0$  или  $\omega^0$ -мезоны, тогда рождающиеся при их распаде  $\pi$ -мезоны будут иметь средние значения импульсов равные соответственно  $\langle P_\pi \rangle = 1/2 \langle P_q \rangle = 1/4 \cdot P_0$  или  $\langle P_\pi \rangle = 1/3 \langle P_q \rangle = 1/6 \cdot P_0$ .  $\pi^+$ -или  $\rho^+$ -мезонами лидирующая частица быть не может, так как у них нет с  $\pi^-$ -мезоном общих составляющих кварков.

Для вычисления отношения  $R(\pi^-)$  в работе [2] используются следующие соотношения между множественностями лидирующих частиц, полученные по правилам кварковой комбинаторики:

$$\langle N_{\pi^-}^{f_-} \rangle = 2 \langle N_{\pi^-}^{f_0} \rangle,$$

$$\langle N_{\rho^-}^{f_-} \rangle = 2 \langle N_{\rho^0}^{f_0} \rangle),$$

$$\langle N_{\rho^0}^{f_0} \rangle = \langle N_{\omega^0}^{f_0} \rangle.$$

$$\langle N_{\rho^-} \rangle = \langle N_{\rho^0} \rangle$$

Значения отношения  $r = \frac{\langle N_{\rho^-} \rangle}{\langle N_{\pi^-} \rangle} = \frac{\langle N_{\rho^0} \rangle}{\langle N_{\pi^0} \rangle}$  при сравнении с результатами данной работы брались равными 1 и 3,  $r = 3$  появляется в случае, если учитывается наличие спина у  $\rho$ -мезона. Вклад  $K$ -мезонов не учитывался. Тогда на основании формул из работы [2] можно получить следующее приближенное выражение для вычисления отношения  $R$  для

$\pi^-N$ -взаимодействий:

$$R(\pi^-) = \frac{N_{\pi^- \rightarrow h^+}}{N_{\pi^- \rightarrow h^-}} \approx \frac{(0,5 < N_{\rho^0} > + 0,3 < N_{\omega^0} >) : < N_{\Sigma} >}{(< N_{\pi^-} > + 0,5 < N_{\rho^-} > + 0,5 < N_{\rho^0} > + 0,3 < N_{\omega^-} >) : < N_{\Sigma} >} , \quad (1)$$

где  $< N_{\Sigma} >$  — суммарная средняя множественность всех лидирующих частиц.

$$R(\pi^-) = \frac{0,11}{0,54} = 0,21 \text{ при } r = 1 \text{ и } R(\pi^-) = \frac{0,16}{0,49} = 0,33 \text{ при } r = 3.$$

Для взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с ядрами:

$$R(\pi^-) = \frac{0,11 \cdot V_1 + 0,3 \cdot V_2}{0,54 \cdot V_1 + 0,3 \cdot V_2} \text{ при } r = 1, \quad (2)$$

$$R(\pi^-) = \frac{0,16 \cdot V_1 + 0,3 \cdot V_2}{0,49 \cdot V_1 + 0,3 \cdot V_2} \text{ при } r = 3, \quad (3)$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — зависящие от атомного номера ядра мишени вероятности провзаимодействовать с ядром одному и двум составляющим кваркам соответственно.

Полученные на эксперименте значения отношения  $R(\pi^-) = \frac{N_{\pi^- \rightarrow h^+}}{N_{\pi^- \rightarrow h^-}}$  для нуклонов и ядер CNO и AgBr приведены на рис.1, там же сплошными линиями показаны зависимости  $R$  от  $A$  рассчитанные по формулам (1), (2) и (3). Можно отметить качественное согласие экспериментальных результатов и результатов расчета. Экспериментальные данные указывают на то, что значение отношения  $r = \frac{< N_{\rho^-} >}{< N_{\pi^-} >} = \frac{< N_{\rho^0} >}{< N_{\pi^0} >}$  скорее ближе к единице, чем к трем.

На рис.2 приведены экспериментальные зависимости отношений  $R(\pi^-)$  от  $P_d/P_o$  для взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с нуклонами, ядрами CNO и AgBr, при построении которых требовалось, чтобы максимальное значение импульса вторичной частицы во взаимодействии было больше данного  $P_d/P_o$ . Полученные зависимости также качественно согласуются с предсказаниями модели составных夸克ов, согласно которой с одной стороны (как видно из рис.1) отношение  $R(\pi^-)$  должно быть тем больше, чем больше атомный номер ядра мишени. И с другой стороны, так как "прямых" лидирующих  $\pi^+$ -мезонов нет, то в области достаточно больших значений  $P_d/P_o$ , где вклад частиц от распада  $\rho$ - и  $\omega$ -мезонов не-существенен, отношение  $R(\pi^-)$  должно стремиться к нулю.

Таким образом, для взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с ядрами фотозмульсии при энергии 50 ГэВ получены следующие значения отношения  $R(\pi^-) = \frac{N_{\pi^- \rightarrow h^+}}{N_{\pi^- \rightarrow h^-}}$ , характеризующего двойную неупругую перезарядку  $\pi^-$ -мезона в  $\pi^+$ -мезон:  $0,20 \pm 0,06$ ;  $0,29 \pm 0,06$  и  $0,49 \pm 0,06$  для квазинуклонных взаимодействий, взаимодействий с легкими (CNO) и тяжелыми (AgBr) ядрами соответственно.

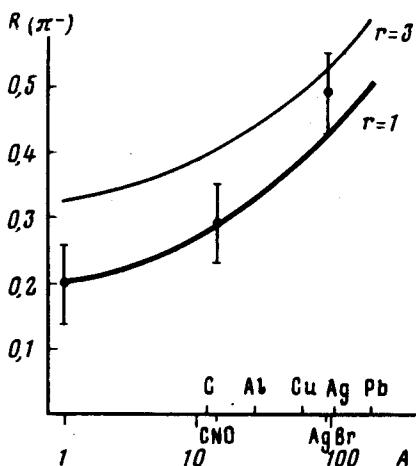


Рис.1

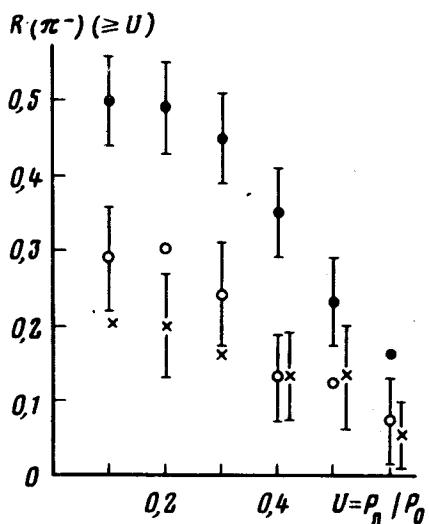


Рис.2

Рис.1. Зависимость отношения  $R(\pi^-) = \frac{N_{\pi^- \rightarrow h^+}}{N_{\pi^- \rightarrow h^-}}$  от атомного номера ядра мишени для взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 50 ГэВ/с. Кривые – расчет, выполненный в рамках аддитивной квark-парточной модели [2] для значений отношения  $r = \frac{\langle N_{\rho^-} \rangle}{\langle N_{\pi^-} \rangle} = \frac{\langle N_{\rho^0} \rangle}{\langle N_{\pi^0} \rangle}$  равных единице и трем

Рис.2. Зависимость отношения  $R(\pi^-) = \frac{N_{\pi^- \rightarrow h^+}}{N_{\pi^- \rightarrow h^-}}$  от  $U = P_n / P_0$  для взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 50 ГэВ/с с нуклонами (x), легкими CNO (o) и тяжелыми AgBr (●) ядрами фотоэмulsionии

Полученные данные согласуются с расчетами выполненными в рамках составной модели квакров [2], при следующих соотношениях между множественостями вторичных частиц, в состав которых входит квакр-спектатор:

$$\langle N_{\pi^-}^f \rangle = 2 \langle N_{\pi^0}^f \rangle = \langle N_{\rho^-}^f \rangle,$$

$$\langle N_{\rho^-}^f \rangle = 2 \langle N_{\rho^0}^f \rangle = 2 \langle N_{\omega^0}^f \rangle.$$

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Ю.М.Шабельскому за плодотворное обсуждение результатов работы.

Физический институт им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
25 мая 1981 г.

### Литература

- [1] М.И.Адамович, В.Г.Ларионова, Н.В.Масленникова. Труды ФИАН, 108, стр. 70, изд. Наука, 1979.
- [2] Ю.М.Шабельский. Препринт ЛИЯФ, № 610, Ленинград, 1980.