

**ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ АДРОНОВ
С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ
В ПРОТОН-ДЕЙТРОННЫХ СОУДАРЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ 70 ГэВ**

*В.В.Абрамов, Б.Ю.Балдин, А.Ф.Бузулуцков, Ю.Н.Вражнов,
В.Ю.Глебов, А.С.Дышкант, В.Н.Евдокимов, А.О.Ефимов,
В.В.Змушко, В.И.Крышкин, А.Н.Кринецын, Н.Ю.Кульман,
Ю.М.Мельник, М.И.Мутафян, В.М.Подставков,
Р.М.Суляев, Л.К.Турчанович*

В работе представлены результаты измерений инвариантных сечений образования π^{\pm} , K^{\pm} , p и \bar{p} в pd -соударениях при энергии 70 ГэВ в интервале поперечных импульсов $1,55 \leq P_T \leq 4,22$ ГэВ/с под углом 90° в СЦМ. Наблюдается существенное отклонение от суммы сечений на свободных нуклонах.

Изучалась реакция $p+d \rightarrow h + X$ в интервале поперечных импульсов $1,55 \leq P_T \leq 4,22$ ГэВ/с под углом 90° в СЦМ двух нуклонов при энергии 70 ГэВ, где $h = \pi^{\pm}$, K^{\pm} -мезоны, p и \bar{p} . Образование адронов с большими P_T изучалось ранее при $\sqrt{s} = 27,4$ ГэВ и $X_T = 2P_T / \sqrt{s}$ меньше 0,50¹.

Эксперимент выполнен на фокусирующем двухплечевом спектрометре ИФВЭ² и является продолжением нашей предыдущей работы³ на медленно выведенном из ускорителя пучке.

Инвариантные сечения $E d^3\sigma/d^3p$ (мбн/ГэВ²) образования положительно (верхняя строка) и отрицательно (нижняя строка) заряженных адронов в pd -соударениях при энергии 70 ГэВ

P_T , ГэВ/с	π	K	P
1,550	$(0,261 \pm 0,002) \cdot 10^{-1}$ $(0,232 \pm 0,002) \cdot 10^{-1}$	$(0,732 \pm 0,009) \cdot 10^{-2}$ $(0,259 \pm 0,006) \cdot 10^{-2}$	$(0,233 \pm 0,002) \cdot 10^{-1}$ $(0,888 \pm 0,024) \cdot 10^{-3}$
1,993	$(0,244 \pm 0,002) \cdot 10^{-2}$ $(0,207 \pm 0,002) \cdot 10^{-2}$	$(0,790 \pm 0,009) \cdot 10^{-3}$ $(0,256 \pm 0,005) \cdot 10^{-3}$	$(0,295 \pm 0,002) \cdot 10^{-2}$ $(0,818 \pm 0,024) \cdot 10^{-4}$
2,889	$(0,192 \pm 0,002) \cdot 10^{-4}$ $(0,145 \pm 0,001) \cdot 10^{-4}$	$(0,711 \pm 0,013) \cdot 10^{-5}$ $(0,160 \pm 0,008) \cdot 10^{-5}$	$(0,358 \pm 0,002) \cdot 10^{-4}$ $(0,325 \pm 0,014) \cdot 10^{-6}$
3,256	$(0,266 \pm 0,005) \cdot 10^{-5}$ $(0,195 \pm 0,003) \cdot 10^{-5}$	$(0,103 \pm 0,005) \cdot 10^{-5}$ $(0,180 \pm 0,022) \cdot 10^{-6}$	$(0,579 \pm 0,004) \cdot 10^{-5}$ $(0,370 \pm 0,025) \cdot 10^{-7}$
4,220	$(0,641 \pm 0,020) \cdot 10^{-8}$ $(0,432 \pm 0,013) \cdot 10^{-8}$	$(0,316 \pm 0,022) \cdot 10^{-8}$ $(0,194 \pm 0,053) \cdot 10^{-9}$	$(0,248 \pm 0,004) \cdot 10^{-7}$ $(0,379 \pm 0,240) \cdot 10^{-10}$

Инвариантные сечения $E \frac{d^3\sigma}{d^3p}$ образования адронов h на дейтроне, которые далее обозначены как $\alpha(h)_d$, представлены в таблице. Ошибки приведены только статистические. Точность абсолютной величины сечений составляет $\pm 15\%$, куда включена и погрешность абсолютной нормировки мониторов ($\pm 6\%$). В перекрывающейся области значений по P_T результаты хорошо согласуются с нашими первыми измерениями³. Инвариантное сечение образования пионов на „нейтроне” определялось как разность инвариантных сечений для pd - и pp -соударений.

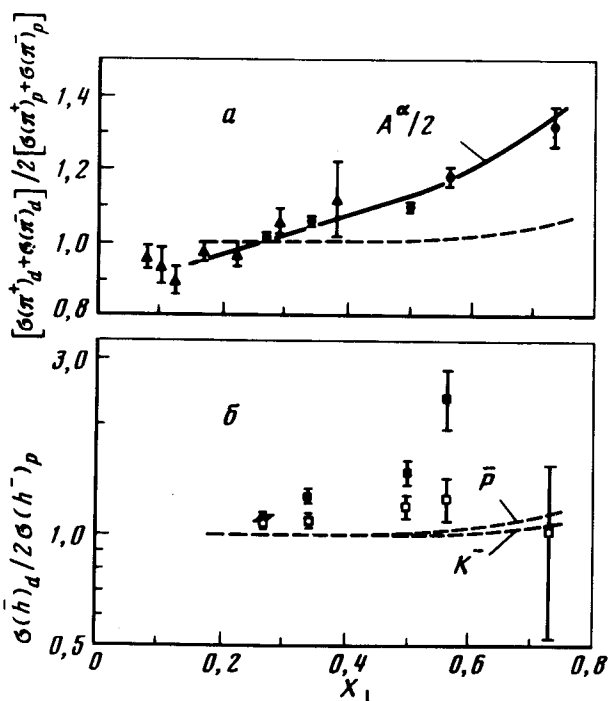


Рис. 1. Ядерные эффекты на дейтроне как функция X_T . Пунктирными кривыми показан вклад фермиевского движения нуклонов в дейтроне: а - отношение величин $[\sigma(\pi^+)_d + \sigma(\pi^-)_d] / 2[\sigma(\pi^+)_p + \sigma(\pi^-)_p]$, точки: ● - данная работа, ▲ - работа³; б - отношение сечений $\sigma(\bar{p})_d / 2\sigma(\bar{p})_p$ - черные и $\sigma(K^-)_d / 2\sigma(K^-)_p$ - светлые квадраты

Данные анализировались с целью получения информации о соударениях протонов с нейтронами и проявлении ядерных эффектов в дейтроне, под которыми подразумевается отличие от суммы сечений на свободных протонах и нейтронах.

Для выявления ядерных эффектов использовались экспериментальные величины, которые в кварк-партонной модели ⁵ предсказываются близкими для pp - и pn -соударений. Во-первых, анализировалась сумма сечений образования π^+ - и π^- -мезонов на протонах и дейтронах:

$\sigma(\pi^+)_d + \sigma(\pi^-)_d$ и $\sigma(\pi^+)_p + \sigma(\pi^-)_p$, которая представляет собой симметричную по кварковому составу ($ud + \bar{u}\bar{d}$) величину, отличающуюся для pp - и pn -соударений лишь из-за различного вклада интерференционных членов. На рис. 1, а представлены отношения $(\sigma(\pi^+)_d + \sigma(\pi^-)_d)$ к $2(\sigma(\pi^+)_p + \sigma(\pi^-)_p)$, которые больше единицы, начиная с $X_T = 0,3$ и при $X_T = 0,7$ достигают значения 1,3. Учет фермиевского движения нуклонов в дейтроне, выполненный в рамках модели ⁶, как видно из рисунка, не объясняет наблюдаемого превышения. С другой стороны, экспериментальные результаты хорошо описываются зависимостью вида $A^{\alpha(P_T)}$, где показатель степени $\alpha(P_T)$ взят как среднее значение показателей для π^+ - и π^- -мезонов из наших измерений ⁷ на паре легких ядер углерод – алюминий. Применимость такого описания указывает на единство эффектов в дейтроне и более сложных ядрах.

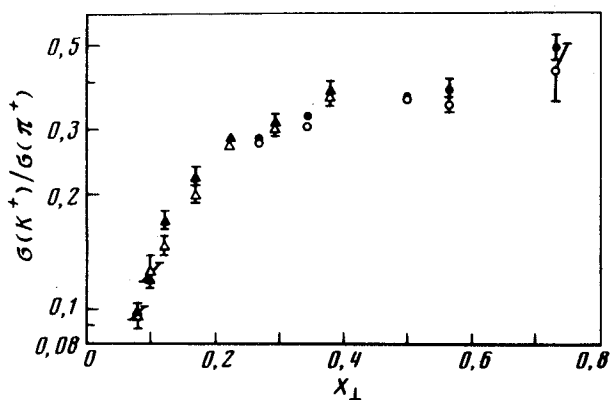


Рис. 2. Отношение выходов частиц $\sigma(K^+)$: $\sigma(\pi^+)$ в зависимости от X_T на протоне (точки: \circ – данная работа, Δ – работа ⁴) и дейтроне (точки: \bullet – данная работа, \blacktriangle – работа ³)

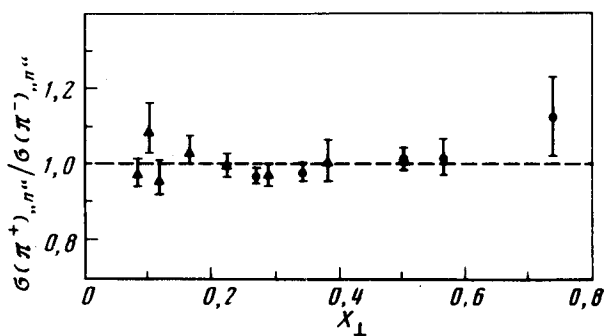


Рис. 3. Отношение выходов частиц $\sigma(\pi^+)_n$: $\sigma(\pi^-)_n$ в зависимости от X_T на "нейтроне". Точки: \bullet – данная работа, \blacktriangle – работа ³

Другими тестами ядерных эффектов служат сечения образования K^- -мезонов и антипротонов – частиц, не содержащих валентных кварков в исходных pp - и pn -системах. Экспериментальные отношения указанных сечений на дейтронах к удвоенным сечениям на протонах показаны на рис. 1, б. По оценкам, величина возможного отличия от единицы должна быть еще меньше, чем для пионов. Однако, оба отношения вопреки предсказаниям кварк-партонных моделей отличаются от единицы и систематически растут с увеличением X_T , причем, наибольший эффект наблюдается для антипротонов. Как и в первом случае, учет фермиевского движения не объясняет экспериментальных данных.

Особый интерес в этой связи представляет систематическое превышение сечений $\sigma(K^+)_d / \sigma(\pi^+)_d$ над $\sigma(K^+)_p / \sigma(\pi^+)_p$ (см. рис.2) во всем диапазоне X_T . Средняя величина превышения составляет $0,039 \pm 0,012$. В кварк-партонных моделях эти отношения на протонах и нейтронах совпадают. Более того, из-за равенства наклонов в спектрах инвариантных сечений образования K^+ - и π^+ -мезонов устраняется влияние на это отношение фермиевского движения и перераспределения. Уместно напомнить, что отношение выходов частиц (K^+/π^+) растет с увеличением A — массового числа ядра-мишени ⁷.

Отношение сечений образования заряженных пионов на „нейтроне“ в зависимости от X_T представлено на рис.3. Во всем исследованном интервале X_T экспериментальные значения отношений согласуются с единицей. Средняя величина этого отношения равна $0,995 \pm 0,009$. Ядерные эффекты на дейтроне влияют на отношение сечений для нуклонов. С учетом этого влияния среднее значение отношений сечений $\sigma(\pi^+)_n / \sigma(\pi^-)_n$ становится равным $0,98 \pm \pm 0,01$, если за масштаб ядерных эффектов принять отличие от единицы величины $[\sigma(\pi^+)_d + \sigma(\pi^-)_d] / 2[\sigma(\pi^+)_p + \sigma(\pi^-)_p]$. Значение единица предсказывается, исходя из изотопической инвариантности сильных взаимодействий при регистрации пионов под углом 90° в СЦМ. В рамках кварк-партонной модели ⁵ π^+ - и π^- -мезоны с большими P_T образуются, в основном, за счет рассеяния валентных u - и d -кварков соответственно. С этой точки зрения полученный результат приобретает более глубокий смысл и по сути подтверждает симметрию взаимодействий u - и d -кварков на малых расстояниях.

Таким образом, совокупность полученных данных свидетельствует о заметном отклонении экспериментальных результатов от ожидаемых в рамках кварк-партонных моделей для свободной пары протон-нейтрон. Простой учет фермиевского движения нуклонов в ядре не объясняет наблюдаемых величин. Возможно, что в данном случае проявляются широко обсуждающиеся в настоящее время коллективные взаимодействия кварков.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить А.М.Балдина, Л.И.Лепидуса, Е.М.Левина и В.К.Лукиянова и за полезные советы и обсуждения.

Литература

1. Antreasyan D., Cronin J.W., Frisch H.J. et al Phys. Rev. D, 1979, 19, 764.
2. Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др. Препринт ИФВЭ 81-46, Серпухов, 1981.
3. Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др. ЯФ, 1980, 31, 1483.
4. Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др. ЯФ, 1980, 31, 937.
5. Feynman R.P., Field R.D., Fox G.C. Phys. Rev., 1978, D18, 3320.
6. Bodek A., Ritchie J.L. Phys. Rev. D, 1981, 23, 1070.
7. Абрамов В.В., Балдин Б.Ю., Бузулуцков А.Ф. и др. ЯФ, 1982, 35, 1199.

Поступила в редакцию

8 декабря 1983 г.