

ИНКЛЮЗИВНЫЕ СЕЧЕНИЯ РОЖДЕНИЯ АДРОНОВ В ПРОТОН- И ПИОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ HARP

А. Е. Большакова^{1,2}

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В данной статье опубликованы результаты систематических измерений инклюзивных дважды дифференциальных сечений рождения адронов во взаимодействиях протонов и заряженных пионов с импульсами от ± 3 до ± 15 ГэВ/с с тонкими мишенями, изготовленными из Be, C, Cu, Sn, Ta и Pb.

We report on double-differential inclusive cross-sections of the production of secondary protons and charged pions, in the interactions with the thin stationary targets made of Be, C, Cu, Sn, Ta and Pb, of proton and pion beams with momentum from ± 3 to ± 15 GeV/c.

PACS: 25.40.Qa; 29.30.Aj; 29.40.Gx

1. ЭКСПЕРИМЕНТ HARP

Задачей эксперимента HARP [1] является прецизионное систематическое измерение инклюзивных дважды дифференциальных сечений рождения адронов во взаимодействиях протонов и заряженных пионов (π^+ , π^-) с импульсами 3, 5, 8, 12, 15 ГэВ/с с различными ядрами. Для этого применялись тонкие мишени толщиной 5% от длины ядерного взаимодействия, изготовленные из Be, C, Cu, Sn, Ta и Pb. Результаты измерений могут использоваться для предсказания характеристик нейтринных пучков в экспериментах с ускорительными нейтрино, моделирования потоков атмосферных нейтрино и уточнения работы программ-генераторов, моделирующих по методу Монте-Карло взаимодействия адронов с различными видами вещества.

Детектор HARP изображен на рис. 1.

В данной работе представлены результаты измерений сечений с помощью спектрометра больших углов. В нем использовалось два типа детектора: времяпроекционная камера (Time Projection Chamber, TPC), регистрирующая треки вторичных заряженных частиц, и система резистивных плоских камер (Resistive Plate Chamber, RPC), служащая

¹Работа выполнена в составе группы HARP-CDP.

²E-mail: nst@nusun.jinr.ru

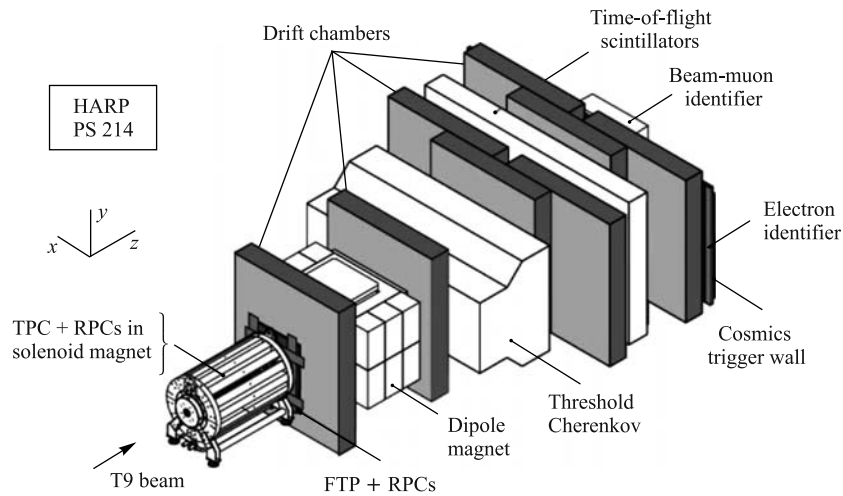


Рис. 1. Детектор HARP

для идентификации типа частиц по времени пролета. Детекторы установлены внутри соленоидального магнита с напряженностью магнитного поля 0,7 Тл. Мишени устанавливались внутри ТРС, что позволило регистрировать рождение частиц в широком диапазоне полярного угла вылета ($20^\circ < \theta < 125^\circ$).

2. КАЛИБРОВКА ВРЕМЯПРОЕКЦИОННОЙ КАМЕРЫ

Времяпроекционная камера применялась в качестве трекового детектора в спектрометре больших углов, а также позволяла идентифицировать частицы по ионизационным потерям. Камера ТРС регистрирует кластеры ионизационных электронов, рождающихся при прохождении заряженной частицы в газе детектора, что позволяет получить пространственное изображение трека. Кроме того, измерение величины ионизационных потерь (dE/dx) используется для идентификации типа частицы. Конструкция и характеристики HARP ТРС описаны в [2]. Камера рассчитана на регистрацию событий с множественностью до 10 вторичных заряженных частиц. Диапазон измеряемых поперечных импульсов 50 МэВ/с – 1,5 ГэВ/с.

На регистрацию координат кластеров ТРС, с использованием которых восстанавливались треки, оказывали влияние два непредвиденных заранее явления: перекрестные помехи от выходов на входы предусилителей сигналов, полученных с сигнальных электродов ТРС, и искажения электрического и магнитного полей в объеме ТРС. В то время как искажения полей были в конечном итоге хорошо изучены и компенсированы, эффекты от перекрестных помех были исправлены только частично. Все эти явления приводили к искажениям регистрируемых координат траекторий вторичных частиц и, соответственно, к ошибкам в измерении их импульсов. В процессе калибровки было выявлено два типа искажений треков: статические и динамические. Статические искажения не зависят от наличия пучка ускорителя, в то время как динамические возникают во время сброса пучка и усиливаются к концу сброса. Калибровка

Основные характеристики TPC HARP

Разрешение $1/p_T$, (ГэВ/с) ⁻¹	0,20–0,25
Разрешение по θ для 60°, мрад	~ 9
Разрешение по dE/dx , %	~ 16

TPC позволила уменьшить искажения до приемлемого уровня: 150 мкм для статических и 300 мкм для динамических искажений. Также была проведена калибровка камер RPC.

Подробное описание имеющихся искажений, методов их коррекции и их влияние на конечный результат можно найти в [2]. Характеристики TPC, полученные после калибровки детектора, сведены в таблицу.

3. ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ РОЖДЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ В ПРОТОН- И ПИОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ НА ТОНКИХ МИШЕНЯХ

Измерение инклюзивных дважды дифференциальных сечений проводилось в интервалах полярного угла θ и поперечного импульса p_T и представлялось в виде $d^2\sigma/dp_T d\Omega$.

Измеренные инклюзивные дважды дифференциальные сечения рождения вторичных протонов и заряженных пионов опубликованы в виде таблиц для Be [3, 4], C [5], Cu [6], Sn [7], Ta [8] и Pb [9]. Результаты измерений находятся в хорошем согласии с результатами экспериментов E802 [10] и E910 [11]. В таблицы включены статистические и систематические ошибки. Статистические ошибки в большинстве интервалов находятся на уровне 2–5%. Систематические ошибки составляют несколько процентов. В таблицах также указаны средние значения полярного угла и поперечного импульса. Имеется доступ к электронным таблицам в формате ASCII для данных [12].

Также были измерены сечения рождения дейтронов для каждой из перечисленных выше мишеней. Результаты измерений опубликованы в виде отношений количества дейтронов к вторичным протонам.

На рис. 2 показаны некоторые результаты измерения сечений рождения вторичных протонов и заряженных пионов во взаимодействиях пучковых протонов с тонкой танталовой мишенью в зависимости от произведения поперечного импульса на заряд.

На рис. 3 показаны в сравнении инклюзивные сечения рождения π^+ и π^- в интервалах полярного угла $20 < \theta < 30^\circ$, рожденных во взаимодействиях протонов с ядрами бериллия¹, углерода, меди, олова, тантала и свинца. На рисунке хорошо видна зависимость величины сечений от типа вещества мишени.

Сечения, измеренные в данной работе, были применены при выборе оптимальной энергии протонного ускорителя нейтринной фабрики [13].

¹Данные на бериллиевой мишени набирались при импульсе пучка 8,9 ГэВ/с, они были интерполированы на этих графиках для импульса пучка 8 ГэВ/с для удобства сравнения.

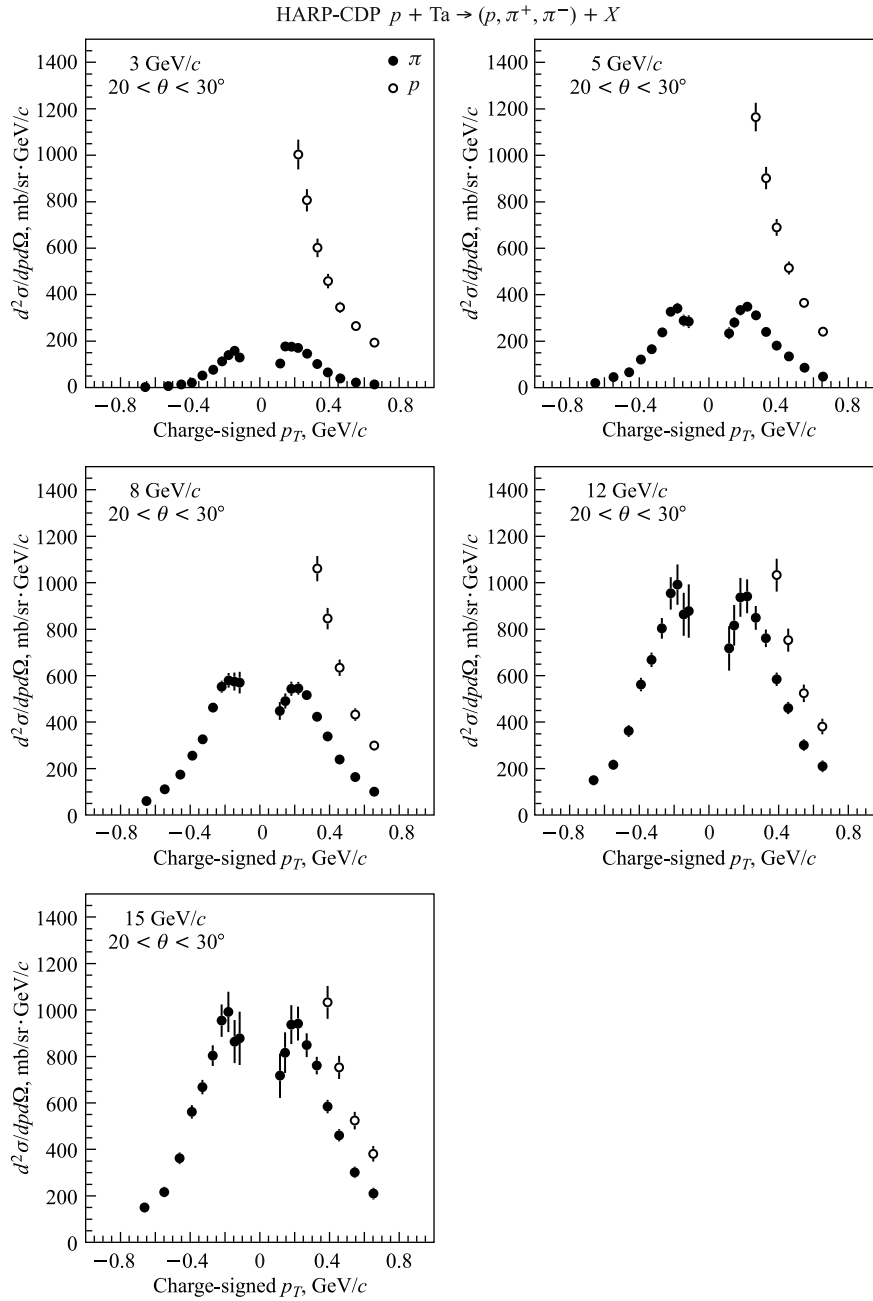


Рис. 2. Инклюзивные дважды дифференциальные сечения рождения вторичных протонов, π^+ и π^- , полученных при взаимодействии протонов с ядрами тантала в интервале полярных углов $20 < \theta < 30^\circ$ для различных импульсов пучковых частиц, в зависимости от произведения поперечного импульса вторичных частиц на их заряд. Показаны полные ошибки

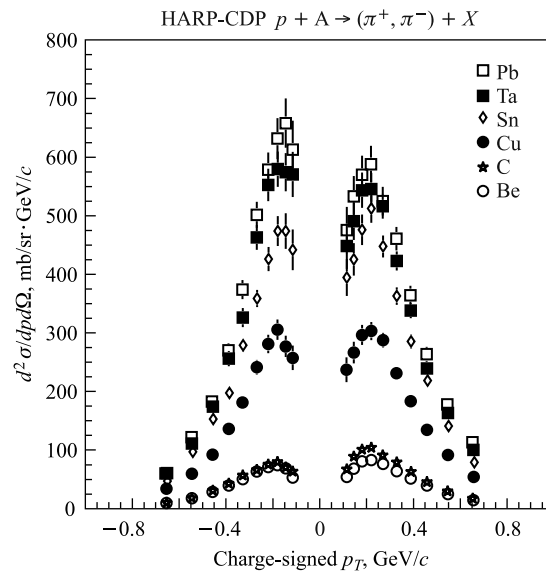


Рис. 3. Инклюзивные сечения рождения пионов в диапазоне углов $20 < \theta < 30^\circ$, полученных во взаимодействиях пучковых протонов с импульсом 8 ГэВ/с с ядрами бериллия, углерода, меди, олова, тантала и свинца. Сечения показаны в зависимости от произведения поперечного импульса на заряд частицы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Catanesi M. G. et al.* CERN-SPSC/2004-018, SPSC-M-717. 2004.
2. *Ammosov V. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2008. V. 588. P. 294.
3. *Bolshakova A. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2009. V. 62. P. 293.
4. *Bolshakova A. et al.* // Ibid. P. 697.
5. *Bolshakova A. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2010. V. 70. P. 573.
6. *Bolshakova A. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2009. V. 64. P. 181.
7. *Bolshakova A. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2011. V. 71. P. 1719.
8. *Bolshakova A. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2009. V. 63. P. 549.
9. *Bolshakova A. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2010. V. 66. P. 57.
10. *Abbott T. et al.* // Phys. Rev. D. 1992. V. 45. P. 3906.
11. *Chemakin I. et al.* // Phys. Rev. C. 2002. V. 65. P. 024904.
12. *Bolshakova A. et al.* CERN Document Server. <http://cdsweb.cern.ch/collection/HARP-CDP>.
13. *Strait J., Mokhov N. V., Striganov S. I.* // Phys. Rev. ST Accel. Beams. 2010. V. 13. P. 111001; arXiv:1011.2537 [physics.acc-ph].