

УДК 539.172.1

СКОРОСТЬ ИСТОЧНИКА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 3.6 ГэВ С ЗОЛОТОЙ МИШЕНЬЮ

© 2020 г. С. П. Авдеев^{1, *}, В. Карч¹, В. В. Киракосян¹, П. А. Рукояткин¹, В. И. Стегайлов¹, А. С. Ботвина²

¹Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Институт передовых исследований во Франкфурте, Франкфурт-на-Майне, Германия

*E-mail: avdeyev@aol.com

Поступила в редакцию 02.03.2020 г.

После доработки 15.04.2020 г.

Принята к публикации 27.04.2020 г.

Исследованы инвариантные поперечные сечения фрагментов углерода в функции продольной и поперечной компонент скорости для взаимодействия $p(3.6 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$. Обнаружено, что фрагменты испускаются одним медленно движущимся источником.

DOI: 10.31857/S0367676520080086

ВВЕДЕНИЕ

Основным способом распада сильно возбужденных ядер ($E^* \geq 4 \text{ МэВ/нуклон}$) является множественная эмиссия фрагментов промежуточной массы (ФПМ), которые тяжелее α -частиц и легче, чем осколки деления. Эффективным способом приготовления горячих ядер являются реакции с тяжелыми ионами с энергиями до сотен МэВ на нуклон. В этом случае нагрев ядра может сопровождаться сжатием, вращением и деформацией, которые могут значительно влиять на свойства распадающихся ядер. Картина становится более понятной, когда используются легкие релятивистские налетающие частицы. В этом случае фрагменты испускаются одним источником — медленно движущимся спектатором мишени. Его энергия возбуждения — тепловая. Таким образом, легкие релятивистские налетающие частицы дают уникальную возможность для изучения тепловой мультифрагментации.

В статье исследуются характеристики источника мультифрагментации при взаимодействии протонов с энергией 3.6 ГэВ с золотой мишенью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Использовался пучок 3.6 ГэВ протонов сверхпроводящего ускорителя НУКЛОТРОН в Дубне. Спектры кинетических энергий ФПМ, вылетающих из золотой мишени анализировались 4 π установкой ФАЗА, которая состоит из тридцати телескопов ΔE – E и 58 CsI(Tl) детекторов, покрывающих 81% от полного телесного угла 4 π . Подробное описание экспериментальной установки приведено в [1, 2].

Важным шагом в интерпретации наблюдаемых величин процесса мультифрагментации является определение степени термализации вымороженного объема и определение средней скорости источника. В представленной работе для определения степени термализации и определения средней скорости источника использовался скоростной анализ. Рисунок 1 показывает распределение продольных и поперечных скоростей (β_{\perp} , β_{\parallel}) для фиксированных значений инвариантных поперечных сече-

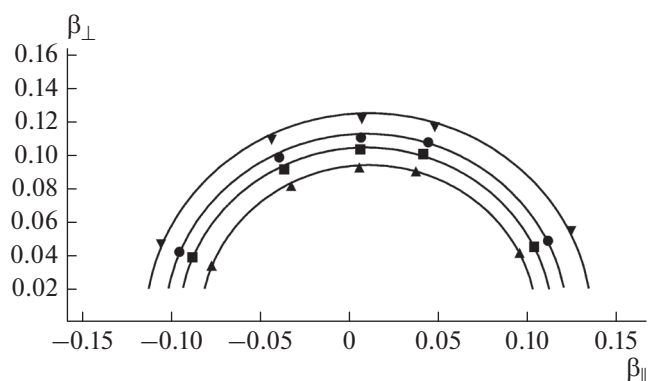


Рис. 1. Распределение продольных (β_{\parallel}) и поперечных (β_{\perp}) скоростей для фиксированных значений инвариантных поперечных сечений $(1/p)d^2\sigma/dEd\Omega$ фрагментов углерода, образованных в реакции $p(3.6 \text{ ГэВ}) + \text{Au}$. Точки — экспериментальные данные. Окружности проведены через значения одинаковых инвариантных поперечных сечений, соответствующих изотропной эмиссии фрагментов в системе движущегося источника.

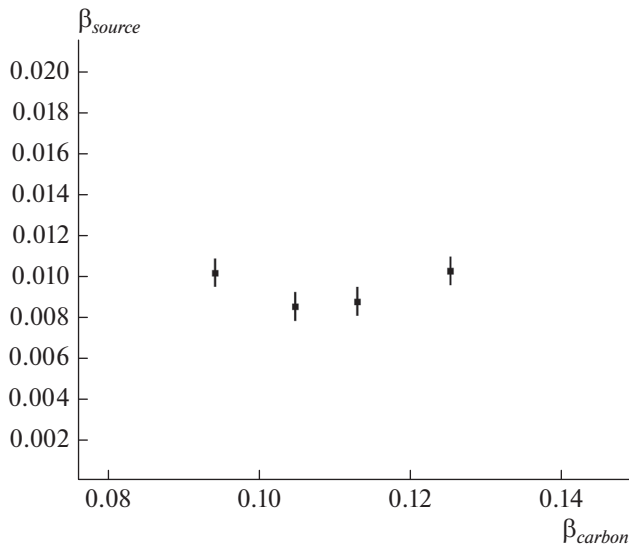


Рис. 2. Скорость источника (β_{source} , табл. 1) спектрогра мишени в функции скорости фрагмента углерода (β_{carbon}) в единицах скорости света.

ний $(1/p)d^2\sigma/dEd\Omega$ фрагментов углерода с энергией E и импульсом p , регистрируемых в телесном угле Ω с поперечным сечением σ .

Для источника, изотропно испускающего фрагменты, значения инвариантных поперечных сечений должны попадать в область, отвечающую лабораторной скорости источника. Линии на рис. 1 — результат фитирования данных с фиксированными значениями инвариантных поперечных сечений в плоскости $(\beta_{\perp}, \beta_{\parallel})$. Получено в хорошем приближении, что фрагменты испускаются изотропно, т.е. значения для фиксированных инвариантных сечений могут быть описаны окружностью с фиксированным радиусом (скорость фрагмента) и центром окружности (скорость источника). Это означает, что перед эмиссией фрагментов система находится, по крайней мере, в состоянии “кинетического равновесия”. Скорость источника (см. табл. 1) в функции скорости фрагмента по-

Таблица 1. Скорость источника спектрогра мишени в функции скорости фрагментов углерода (в единицах скорости света) при взаимодействиях протонов с энергией 3.6 ГэВ с золотой мишенью

$\langle\beta_{carbon}\rangle$	$\langle\beta_{source}\rangle$
0.094 ± 0.002	0.0102 ± 0.0007
0.105 ± 0.002	0.0086 ± 0.0007
0.113 ± 0.002	0.0089 ± 0.0007
0.125 ± 0.002	0.0103 ± 0.0007

казана на рис. 2. Таким образом, взаимодействие $p(3.6 \text{ ГэВ}) + Au$ может быть описано одним источником с фиксированной скоростью. Измеренная средняя скорость спектрогра мишени равна 0.0095 ± 0.0003 (в единицах скорости света).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На 4π установке ФАЗА, расположенной на выведенном пучке сверхпроводящего ускорителя НУКЛОТРОН в Дубне, изучалось взаимодействие $p + Au$ при энергии налетающих 3.6 ГэВ протонов.

На основе анализа скоростных распределений обнаружено, что имеет место “кинетическое равновесие” системы перед мультифрагментацией. Данные для взаимодействия $p(3.6 \text{ ГэВ}) + Au$ могут быть описаны одним источником с фиксированной скоростью. Средняя скорость источника составляет 0.0095 ± 0.0003 (в единицах скорости света).

Авторы благодарны А.И. Малахову и В.Д. Кекелидзе. Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 19-02-00499а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avdeyev S.P., Karnaukhov V.A., Kuznetsov W.D. et al. // Nucl. Instrum. Meth. A. 1993. V. 332. P. 149.
2. Киракосян В.В., Симоненко А.В., Авдеев С.П., Карнаухов В.А. // ПТЭ. 2008. № 2. С. 5; Kirakosyan V.V., Simonenko A.V., Avdeev S.P. et al. // Instrum. Exp. Tech. 2008. V. 51. № 2. P. 159.