

Дьяченко А. Т., Барышников В. Н.

О СПЕКТРЕ БЫСТРЫХ ПОДПОРОГОВЫХ ПИОНОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/7/22.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 7 (14). С. 66-68. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

О СПЕКТРЕ БЫСТРЫХ ПОДПОРОГОВЫХ ПИОНОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Дьяченко А. Т., Барышников В. Н.

*Петербургский государственный университет путей сообщения
НИИ физики им В. А. Фока Санкт-Петербургского государственного университета*

Ярким проявлением коллективной динамики, проявляющейся в столкновениях тяжелых ионов, является образование подпороговых пионов.

Это происходит при энергиях ионов меньше 300 МэВ/нукл. - порога рождения пиона в свободных нуклон - нуклонных соударениях. Причиной понижения порога пионорождения может быть ферми - движение нуклонов, которое проявляется уже в протон - ядерных столкновениях [Дьяченко 2007: 1, Дьяченко 2008: 2], а также коллективное движение ядерной материи, которое эффективно описывается в рамках ядерной гидродинамики.

Такой подход позволяет адекватно описывать временную эволюцию образующегося горячего пятна hot spot [Дьяченко 1994: 3] и испускание вторичных частиц (протонов, пионов и др.) [Дьяченко 1994: 3, Дьяченко 2008: 4].

Образование пионов как при релятивистских энергиях, так и при подпороговых энергиях сталкивающихся ядер носит тепловой характер. При этом спектры пионов имеют обычно характерный экспоненциальный вид. Однако дополнительный вклад в пионорождение вносит распад $\Delta \rightarrow N + \pi$, образующихся Δ - частиц.

Учет этого эффекта при релятивистских энергиях проявляется в «выползании» пионного спектра для его мягкой части [D'yachenko 2000: 7]. При подпороговых энергиях происходит ужесточение высокоэнергетических «хвостов» пионов. Это находится в соответствии с экспериментальными данными [Noll 1984: 8].

Действительно, в работе [Дьяченко 2008: 4] было показано, что экспериментальные данные для спектров пионов, образующихся в ядро - ядерных столкновениях [Badala 1991: 6] достаточно хорошо описываются по модели некогерентного источника подпороговых π - мезонов, основанной на гидродинамическом подходе.

В рамках этого подхода дается описание временной эволюции hot spot, то есть описание того, как система сталкивающихся ядер проходит стадию сжатия, последующую стадию разрезания и стадию разлета системы на вторичные частицы - нуклоны, фрагменты и пионы. Распространение этого подхода на релятивистские энергии 1 - 2 ГэВ/нукл. оказалось вполне успешным.

Как было показано в работе [D'yachenko 2000: 7] спектры π - мезонов, образующихся в реакции $A + B \rightarrow \pi + X$, описываются релятивистски инвариантным сечением пионорождения

$$E \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = \frac{2\pi}{h^3} \int dl \int d^3 \vec{r} \gamma(E - p v \cos \vartheta) f(E, p, t) Q, \quad (1)$$

где функция распределения π - мезонов имеет вид

$$f(E, \vec{p}, t) = g \left(\exp\left(\frac{\gamma(E - p v \cos \vartheta)}{T} - 1\right) \right)^{-1} \quad (2)$$

Здесь E и p соответственно полная энергия и импульс π - мезона ($E = \sqrt{p^2 + m_\pi^2}$), $\vec{v}(\vec{r}, t)$ и $T(\vec{r}, t)$ соответственно поля скоростей и температур, являющиеся решениями уравнений релятивистской гидродинамики, $\gamma(\gamma = 1/\sqrt{1-v^2})$ - лоренц фактор, l - параметр удара, Q - фактор поглощения π - мезонов в ядре, причем соответствующая длина свободного пробега $\lambda = 5$ фм, $g = 1$ для пионов.

В гидродинамическом подходе динамику движения ядерной среды определяет уравнение состояния, которое дает зависимость давления P и плотности энергии e от плотности ρ и представляет собой сумму кинетических членов и членов взаимодействия ($P = P_{kin} + P_{int}$, $e = e_{kin} + e_{int}$). Вклад членов взаимодействия (мы выбираем взаимодействие типа Скимма) в давление и плотность энергии определяется следующим образом:

$$e_{int} = \rho m_N \left[1 + a \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{2/3} - b \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) + c \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\alpha+1} \right], \quad (3)$$

$$P_{int} = \rho \frac{\partial e_{int}}{\partial \rho} - e_{int} \quad (4)$$

Параметры a, b, c определяются из условий, чтобы холодное ядерное вещество имело равновесное состояние при $\rho = \rho_0$, $\alpha = 1/3$, $\rho_0 = 0.17$ фм⁻³ с энергией связи $\varepsilon = 16$ МэВ и модулем сжатия $K = 210$ МэВ. Вклад кинетических членов в давление и плотность энергии определяется тепловым и ферми - движениями [D'yachenko 2000: 7].

Для описания экспериментальных данных, например, по спектрам π^- - мезонов в реакции $^{28}\text{Si}+^{28}\text{Si}$ при энергии ионов 2 ГэВ/нукл. кроме тепловых пионов нужно учитывать пионы от распада $\Delta \rightarrow N + \pi$ и заменить формулу (2) на формулу из работы [Мишустин 1991: 5]:

$$Ef(E, \bar{p}, t) = \frac{m_\Delta g_\Delta T}{2pq_0 h^3} \left[(E_-^\pi + T) \exp\left(\frac{\mu - E_-^\pi}{T}\right) - (E_+^\pi + T) \exp\left(\frac{\mu - E_+^\pi}{T}\right) \right] \quad (5)$$

где $E_\pm^\pi = \frac{m_\Delta}{m_\pi} [E_\pi(q_0)E \pm q_0 p]$, $p = \sqrt{E^2 - m_\pi^2}$, $E_\pi(q_0) = \sqrt{q_0^2 + m_\pi^2} = \frac{m_\Delta^2 + m_\pi^2 - m_N^2}{2m_\Delta}$, $q_0 = \{[m_\Delta^2 - (m_\pi + m_N)^2][m_\Delta^2 - (m_N - m_\pi)^2]\}^{1/2} / 2m_\Delta$, $m_\Delta = 1232$ МэВ - масса Δ -частицы, $g_\Delta = 4$, μ - химический потенциал.

На Рис. 1 показан спектр тепловых пионов (кривая (1)), спектр пионов от распада $\Delta \rightarrow N + \pi$ (кривая (2)) и результирующий спектр π^- - мезонов под углом 90° для реакции (2 ГэВ/нукл.) $^{28}\text{Si}+^{28}\text{Si}$. Экспериментальные точки из работы [Shor 1989: 9]. Как видно из рисунка, максимум спектра соответствует энергии пионов ~ 140 МэВ.

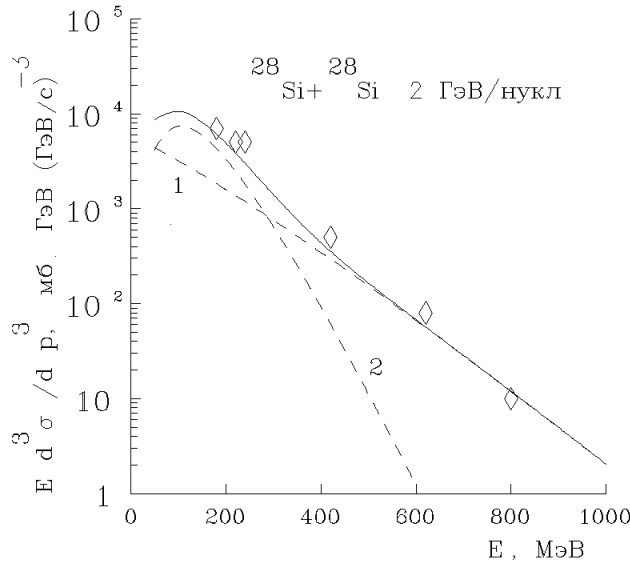


Рис. 1. Экспериментальный (точки) [Shor 1989: 9] и расчетный (сплошная линия) спектры π^- - мезонов, образующихся в реакции $^{28}\text{Si}+^{28}\text{Si}$ при энергии ионов ^{28}Si 2 ГэВ/нукл. Пунктирная кривая (1) - вклад тепловых пионов. Пунктирная кривая (2) - вклад пионов, образующихся в результате распада $\Delta \rightarrow N + \pi$

Нами проведен расчет по приведенной выше модели для столкновений тяжелых ионов при подпороговых энергиях образующихся π^0 - мезонов.

$$\frac{d\sigma}{dE}$$

На Рис. 2 приведены проинтегрированные по углам энергетические спектры π^0 - мезонов, вычисленные для реакции $^{12}\text{C}+^{238}\text{U}$ при энергии 84 МэВ/нукл., $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ при 74 МэВ/нукл. и 60 МэВ/нукл. - две нижние кривые (сплошные линии). Точки - экспериментальные данные из работы [Noll 1984: 8].

Сплошные кривые соответствуют учету вклада тепловых пионов (пунктирные кривые) и учету вклада пионов, образующихся при распаде $\Delta \rightarrow N + \pi$. Последние приводят к характерному ужесточению спектра π^0 - мезонов в области энергий 100 - 140 МэВ.

То есть в подпороговой области энергий вклад образования пионов от распада Δ - частиц приходится на область вблизи хвоста спектра, что находится в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными.

Список использованной литературы

1. Дьяченко А. Т. Рождение π - мезонов протонами на ядрах вблизи порога / А. Т. Дьяченко, В. Н. Барышников // Изв. РАН. Сер. физ. - 2007. - Т. 71. - № 6. - С. 905-907.
2. Дьяченко А. Т. Околопороговое рождение пионов протонами на ядрах / А. Т. Дьяченко, В. Н. Барышников // Изв. РАН. Сер. физ. - 2008. - Т. 72. - № 3. - С. 371-374.
3. Дьяченко А. Т. Спектр быстрых частиц в гидродинамической модели столкновений тяжелых ионов // Ядерная физика. - 1994. - Т. 57. - С. 2006-2012.
4. Дьяченко А. Т. Модель некогерентного источника подпороговых π - мезонов / А. Т. Дьяченко, В. Н. Барышников // Альманах современной науки и образования. – Тамбов, 2008. - № 1 (8). - С. 61-64.
5. Мишустин И. Н. Гидродинамическая модель столкновений релятивистских ядер / И. Н. Мишустин, В. Н. Русских, Л. М. Сагаров // Ядерная физика. - 1991. - Т. 54. - С. 429-521.
6. Badala A. Statistical and Microscopic Description of Energetic Products in the Reactions Induced by ^{16}O on ^{27}Al , ^{58}Ni and ^{197}Au at 94 MeV / Nucleon / Badala A. et al. // Phys. Rev. - 1991. - V. C43. - P. 190-210.
7. D'yachenko A. T. Subthreshold K-Meson and Antiproton Production in the Nucleus-Nucleus Collisions within the Framework of the Fluid Dynamics Approach // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. - 2000. - V. 26. - P. 861-869.
8. Noll H. Cooperative Effects Observed in the π^0 Production from Nucleus-Nucleus Collisions / Noll H., Grosse E., Braun - Munzinger P. et al. // Phys. Rev. Lett. - 1984. - V. 52. - P. 1284-1287.
9. Shor A. Subthreshold Antiproton, K^- , K^+ , and Energetic Pion Production in Relativistic Nucleus - Nucleus Collisions / Shor A. et al. // Phys. Rev. Lett. - 1989. - V. 63. - P. 2192-2195.

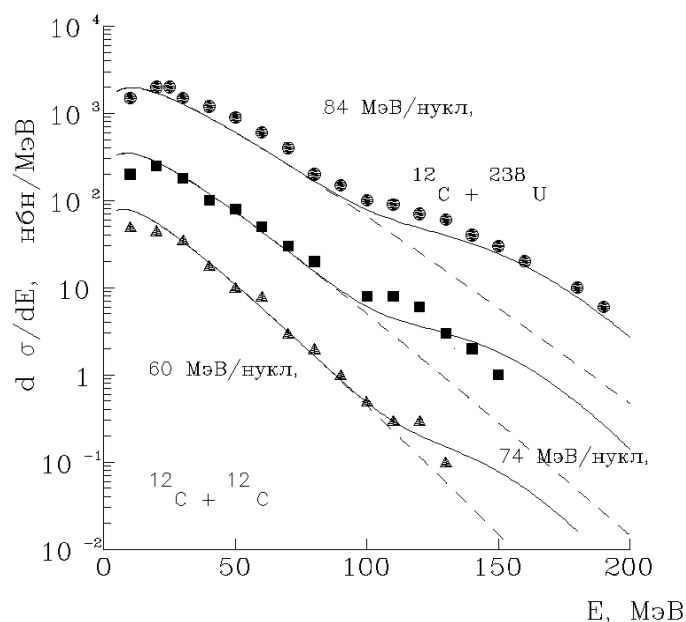


Рис. 2. Экспериментальные (точки) [Noll 1984: 8] и расчетные, проинтегрированные по углам, спектры π^0 - мезонов, образующиеся в реакции $^{12}\text{C} + ^{238}\text{U}$ при энергии ионов ^{12}C 84 МэВ/нукл. и в реакции $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ при энергии ионов ^{12}C 74 МэВ/нукл. и 60 МэВ/нукл. Пунктирные кривые - вклад тепловых пионов. Сплошные кривые - спектры с учетом пионов, образующихся в распаде $\Delta \rightarrow N + \pi$

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ЦЕЛЯХ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Есмагамбетов Б.-Б. С.

Университет «Мирас», г. Шымкент, Республика Казахстан

Эффективность национальной экономики, устойчивый экономический рост традиционно определяются качеством функционирования транспортной системы.

Железнодорожный транспорт является основой транспортной системы и оказывает формирующее воздействие на инфраструктуру экономики в целом. Рост производства промышленной продукции предприятий, развитие регионов, развитие малого и среднего предпринимательства оказывают существенное влияние на увеличение объемов перевозок пассажиров и грузов.

Другая, не менее важная особенность работы железных дорог связана с активным ростом внешнеэконо-