

## ТЕСТИРОВАНИЕ СКЕЙЛИНГА В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ МОДЕЛЯХ МНОЖЕСТВЕННОГО РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО ДАННЫМ КОЛЛАБОРАЦИИ UA-7 ЦЕРН

М.Д. Смирнова, Ю.А. Смородин

*Данные коллаборации UA-7 о рождении пионов при энергии  $\sqrt{s}^{1/2} = 630$  ГэВ подтверждают основное положение двухкомпонентной модели о формировании фрагментационной области за счет идущих с не зависящим от энергии сечением процессов типа дифракционного возбуждения нуклона.*

Результаты первых экспериментов на коллайдере /1, 2/ по рождению при крайних быстротах  $\pi^0$ -мезонов существенно снижают неопределенность экстраполяции на сверхвысокие энергии распределений  $dn/dx$  во фрагментационной области множественного рождения частиц. До сих пор эта область на коллайдере не наблюдалась, и распределение оценивалось по данным космических лучей и теоретическим соображениям.

Из обсуждающихся в последнее время можно выделить три значительно различающиеся возможности, иллюстрированные рис. 1.

1) Существование скейлинга, т.е. независимости от энергии взаимодействия распределения  $dn/dx = (1/\sigma)(d\sigma/dx)$ . Такова точка зрения японских физиков /3/, допускающих лишь незначительное падение распределения при энергиях  $\sim 10^{16}$  эВ при значениях параметра  $\chi \gtrsim 0,3$ .

2) Нарушение скейлинга рассматривается в моделях кварк-глюонных струн /4, 5/. В качестве предельного нарушения скейлинга можно рассматривать соотношение Вдовчика – Вольфендейла /6/, экстраполирующее ускорительные данные в центральной нефрагментационной области.

3) Характерное скейлинговое поведение – независимость от энергии распределения  $d\sigma/dx$  в двухкомпонентных моделях /7, 8/. Так, в /7/ фрагментационная область целиком формируется за счет процессов типа дифракционного возбуждения налетающего нуклона. Независимость от энергии взаимодействия распределений  $dn/dx$  и  $dn/dp_T$  возникает здесь как следствие независимости от энергии сечения дифракционного возбуждения, спектра возбуждаемых масс и мод распада возбужденных состояний. Рост полного неупругого сечения в двухкомпонентной модели /7/ полностью связан со второй, центральной компонентой взаимодействия, не дающей вклада в область фрагментации и в момент  $\alpha = \int_0^1 x^Y \times X(dn/dx) dx$ , определяющий скейлинговое поведение вторичных компонент космических лучей, генерируемых в атмосфере при прохождении первичного излучения.

Первые данные о распределениях  $d^2\sigma/dYdp_T$  при быстротах, близких к скорости налетающего нуклона, докладывались коллаборацией UA-7 /1/ на 20-ой московской ICRC, а сейчас стали известными результаты завершеного, уточненного анализа /2/. Эти результаты при энергии  $\sqrt{s} = 630$  ГэВ позволяют сделать выбор между указанными выше возможностями в пользу двухкомпонентной модели /7/.

1. Основным выводом авторов работы /2/ является утверждение фейнмановского скейлинга как независимости от энергии взаимодействия распределения  $d\sigma/dY$ . Результаты для энергий SPS и ISR показаны на рис. 2 вместе с предсказаниями двухкомпонентных моделей /7, 8/.

Памирская двухкомпонентная модель /7/ достаточно хорошо описывает экспериментальные данные как по высоте максимума (т.е. величине сечения процессов типа дифракционного возбуждения), так и по положению максимума, определяющегося средним значением возбуждаемых масс.

Спад слева от максимума, определяющийся спектром масс и угловым распределением частиц при распаде возбужденной системы, по данным UA-7 несколько круче экспериментального спада по данным ISR и совпадающего с ним предсказания модели /7/. Выпадение вниз точки UA-7 при скорости  $Y = 0,65$  может быть связано с тем, что эта точка лежит вне показанных на рис. 2 интервалов скоростей, детектируемых калориметрами UA-7, и получена интерполяцией.

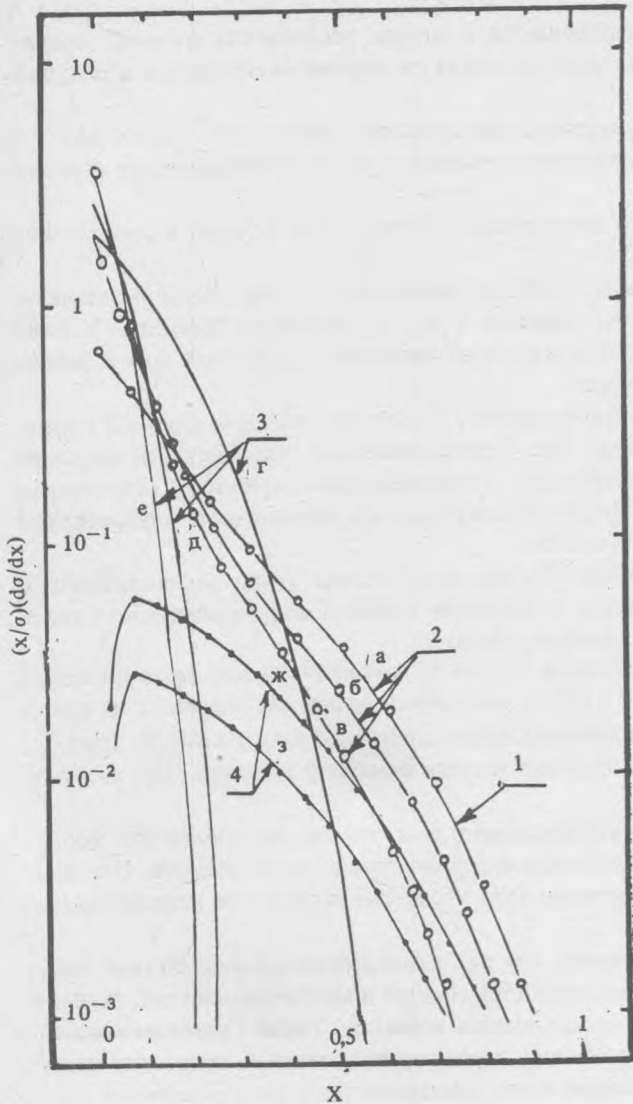


Рис. 1.

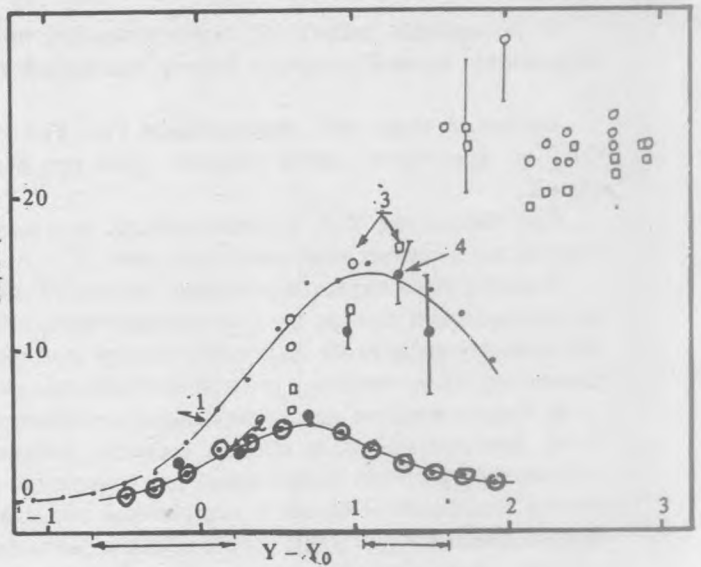


Рис. 2.

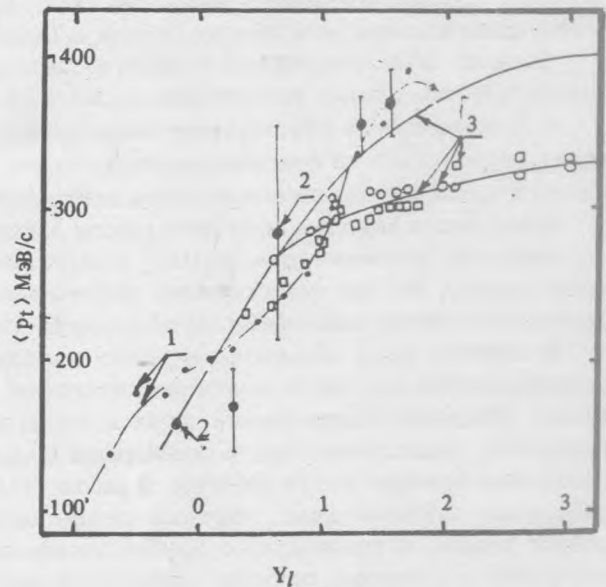


Рис. 3.

Рис. 1. Инклюзивные распределения  $(x/\sigma)(d\sigma/dx)$  для пионов в различных моделях: 1 – скейлинговая модель, когда  $(x/\sigma)(d\sigma/dx)$  не зависит от  $E_0$  /3/; 2 – модели с нарушением скейлинга /4, 5/, распределения для  $E_0 = 10^{11}$  (а),  $10^{14}$  (б),  $10^{16}$  эВ (в), NA-взаимодействия; 3 – предельное нарушение скейлинга согласно формуле Вдовчика – Волфендейла /6/, фитирующей распределения в центральной области быстрых; распределения для скейлинговой компоненты в двухкомпонентной модели /7/;  $d\sigma/dx = \text{const}$ ; распределения для  $\sqrt{s} = 23$  (ж), 630 ГэВ (з). Может сочетаться с распределением Вдовчика – Волфендейла для второй, центральной компоненты. Кривая 1 совпадает с кривой 2а.

Рис. 2. Распределения  $d\sigma/dY$  для пионов: 1 – предсказания двухкомпонентной модели /7/; 2 – предсказания двухкомпонентной модели /8/; 3 – данные ISR:  $\circ$  – для  $\pi^+$ ,  $\square$  – для  $\pi^-$ ; 4 –  $\diamond$  – данные UA-7 для  $\pi^0$ .

Рис. 3. Зависимость  $\langle p_t \rangle$  от быстроты  $Y_1$  в лабораторной системе координат: 1 – предсказания двухкомпонентной модели /7/; 2 – экспериментальные данные UA-7 для  $\pi^0$ ,  $\sqrt{s} = 630$  ГэВ; 3 – экспериментальные данные ISR:  $\circ$  – для  $\pi^+$ ,  $\square$  – для  $\pi^-$ .

2. В выводах работы /2/ подчеркивается, что наблюдается и вторая особенность фейнмановского скейлинга — независимость от энергии взаимодействия распределения по величинам поперечного импульса  $p_t$ .

На рис. 3 видно, что независимость  $\langle p_t(Y) \rangle$  от энергии взаимодействия имеет место только при  $Y < 1,2$  во фрагментационной области. Здесь при всех энергиях величина  $\langle p_t(Y) \rangle$  быстро падает с убыванием  $Y$ .

При быстротах  $Y > 1,2$ , отвечающих переходу в центральную область,  $\langle p_t \rangle$  растет с увеличением энергии, но перестает зависеть от быстроты  $Y$ .

Предсказания двухкомпонентной модели /7/ количественно согласуются со всеми экспериментальными результатами для  $p_t$  во фрагментационной области. Падение  $\langle p_t \rangle$  с убыванием быстроты  $Y$  здесь обусловлено изотропией излучения пионов возбужденной адронной системой, замеченной еще в ранних исследованиях  $\gamma$ -семейств в рентген-эмульсионных камерах.

3. Весьма важным для тестирования двухкомпонентной модели /7/ является вывод авторов /2/ о вкладе во фрагментационную область событий, отбираемых как "дифракционной" управляющей системой (одиночная и двойная дифракция), так и системой управления, отбирающей взаимодействия, сопровождающиеся испусканием частиц в центральной области быстрот. Подчеркивается идентичность инвариантных распределений  $Ed^3\sigma/d^3p$  при работе обеих управляющих систем.

Это полностью подтверждает то положение модели /7/, что возбуждение (типа дифракционного) нуклона (первая компонента взаимодействий) примерно в половине событий сопровождается испусканием частиц в центральной области (вторая компонента взаимодействий).

Вариант двухкомпонентной модели китайских физиков /8/, не включающий совместные процессы, вследствие чего сечение возбуждения падает с 24 до 11 мб, не описывает распределения  $d\sigma/dY$  на рис. 2.

4. Положительный избыток среди генерируемых заряженных пионов, согласно данным ISR /9/ (рис. 2), имеет место только во фрагментационной области, что отвечает модели быстрого кластера /10/, возникающего в процессах типа дифракционного возбуждения.

Конкретным выводом настоящей работы является утверждение о том, что двухкомпонентная модель /7/ адекватно описывает данные UA-7 о рождении  $\pi^0$ -мезонов во фрагментационной области. Описание столь хорошо, что при существующих погрешностях эксперимента уточнение параметров моделирования первой компоненты взаимодействий нецелесообразно.

В качестве более общего физического вывода укажем, что две компоненты взаимодействий ведут себя совершенно отлично в отношении энергетических зависимостей сечений и множественностей, скейлингового поведения распределений  $dn/dx$  и  $dn/dp_t$  и положительного избытка. Такая "разъединенность" компонент, существенная при экстраполяции модели в область сверхвысоких энергий, позволяет искать физические причины такого различия. В работе /11/ причина этого усматривается в двух различных типах дифракции волнь-частицы: обычного дифракционного рассеяния волнь-частицы как целого в узком конусе вперед, и рамановского комбинационного рассеяния волнь-частицы как партонной системы с внутренними степенями свободы с углами, тяготеющими к  $\pi/2$  в системе центра масс. Две компоненты, по-разному зависящие от энергии, обнаруживаются и в неупругих, и в упругих взаимодействиях адронов.

В аспекте партонов КХД становится общепринятым /13/ связывать рост сечения неупругого взаимодействия с открытием канала образования полужестких струй при рассеянии мягких глюонов. Согласно работе /12/, первая компонента отвечает адронизации возбужденных КХД взаимодействиями валонов (валентных кварков) и жестких глюонов нуклона-спектейтора, а вторая — упомянутыми выше полужесткими струями при глюонной доминантности.

Оба теоретических подхода интересны качественными предсказаниями многих особенностей множественного рождения частиц при сверхвысоких энергиях, но не дают возможности определения хотя бы основных характеристик модели. Нам представляется плодотворным использование в рамках новых качественных особенностей эмпирического подхода к количественному определению основных соотношений и их энергетических зависимостей по данным экспериментов на ускорителях и в космических лучах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. UA-7 Collaboration, Proc. 20-th ICRC, 6, 414, Moscow, 1987.
2. UA-7 Collaboration, Proc. 21-th ICRC, 8, 29, Adelaida, 1990.
3. Amatori M. et al. Mt. Fuji Collaboration, Proc. 20-th ICRC, 5, 379, Moscow, 1987.
4. Dunaevsky A.M., Pluta M., Slavatskiy S.A. Proc. 5-th ISVHECRI, 1, 143, Lodz, 1988.
5. Ерлыкин А.Д., Крутикова Н.П., Шабельский Ю.М. Ядерная физика, 45, 1075 (1987).
6. Wdowczyk J., Wolfendale A.W. Journ. Phys., G13, 411 (1987).
7. Smirnova M.D., Smorodin Yu.A. Proc. 5-th ISVHECRI, 2, 42, Lodz, 1989.
8. Zhu Q.Q. et al. Proc. 5-th ISVHECRI, 1, 70, Lodz, 1988.
9. Albrow M.G. et al. Nucl. Phys., B56, 333 (1973); Nucl. Phys., B73, 40 (1974).
10. Смородин Ю.А. Ядерная физика, 19, 614 (1974).
11. Kuchin I.A. Proc. 5-th ISVHECRI, 1, 255, Lodz, 1988.
12. Wlodarczyk Z. Proc. 5-th ISVHECRI, 1, 166, Lodz, 1988.
13. Halzen F. Proc. 5-th ISVHECRI, 2, 13, Lodz, 1989.

Поступила в редакцию 9 февраля 1990 г.