

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРТОН-АДРОННОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГИНЗБУРГА-ЛАНДАУ

Л. Ф. Бабичев, А. А. Букач, В. И. Кувшинов, В. А. Шапоров

В экспериментах по столкновению частиц высоких энергий рождается большое число вторичных частиц. Достигаемых при этом плотностей энергии может быть достаточно для фазового перехода между адронной и партонной фазами. Неоднократно делались попытки описания такого перехода на феноменологическом уровне, в частности, на основе теории Гинзбурга-Ландау (ГЛ) [1]. Вблизи точки фазового перехода увеличиваются флуктуации числа частиц n (множественности) в системе. Эти флуктуации характеризуются распределением событий по множественности P_n , а для их описания удобно использовать факториальные моменты этого распределения [2], определяемые согласно [3]

$$F_q = \frac{\langle n(n-1)\dots(n-q+1) \rangle}{\langle n \rangle^q}. \quad (1)$$

Было обнаружено [4], что на эксперименте факториальные моменты проявляют свойство перемежаемости [3], то есть экспоненциально растут с уменьшением ячейки фазового пространства δ

$$F_q \propto \delta^{-\phi_q}. \quad (2)$$

При этом коэффициенты $\beta_q = \phi_q / \phi_2$ удовлетворяют условию скейлинга

$$\beta_q = (q-1)^\nu, \quad (3)$$

где ν называется скейлинговым показателем [3].

Для работы с большими множественностями было предложено использовать представление когерентных состояний [1], то есть собственных состояний оператора уничтожения [10]

$$a(z)|\alpha\rangle = \alpha(z)|\alpha\rangle, \quad (4)$$

и выразить распределение событий по множественности P_n можно выразить через распределения P_n^0 когерентных состояний по фоковским

$$P_n = Z^{-1} \int D\alpha P_n^0 e^{-F[\alpha]}, \quad (5)$$

где весовой функционал $F[\alpha]$ можно выбрать по аналогии со свободной энергией теории ГЛ в виде

$$F[\alpha] = a|\alpha|^2 + a|\alpha|^4. \quad (6)$$

Такому выбору можно придать следующий смысл. Если считать, что вероятность обнаружения n частиц в каждом событии определяется распределением когерентных состояний, но средняя множественность флуктуирует от события к событию, то в результате наблюдаться будет распределение (5).

Исследование факториальных моментов в построенной таким образом модели показало существование перемежаемости и скейлинга в ней, однако в ней не достигается экспериментальное значение скейлингового показателя [6–10]. Поэтому вместо распределения когерентных состояний мы использовали распределение когерентных и скейлинговых сжатых состояний (СС) [14], содержащих когерентные в качестве предельного случая. Получаемые в этом случае формулы для распределения и факториальных моментов слишком громоздки, поэтому исследование перемежаемости и скейлинга в модели производилось численно.

Получившиеся в рамках этого подхода зависимости $\ln F_q$ от $(-\ln \delta)$ говорят о существовании перемежаемости в нашей модели. Однако величины β_q не удовлетворяют условия скейлинга (3) при произвольных значениях параметров, однако для фиксированных a и b при определенном коэффициенте сжатия r значения $\nu_q = \log_{q-1} \beta_q$ при разных q лежат в очень узком интервале, что соответствует скейлингу (Рис. 1).

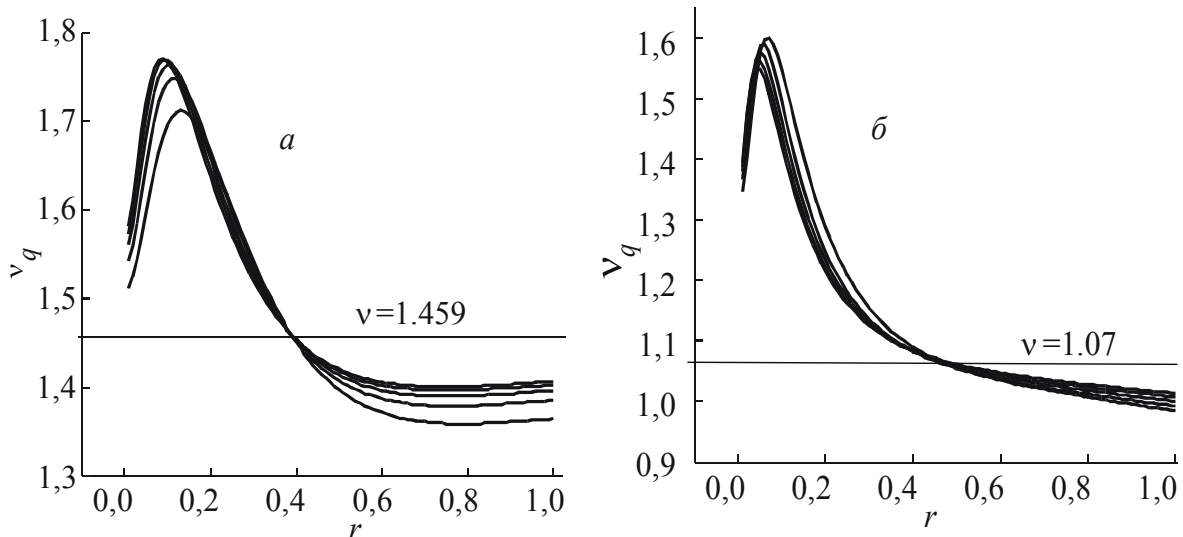


Рис. 1. Зависимость скейлингового показателя от параметра сжатия для а) скейлинговых СС при $a=-10$, $b=0.2005$; б) когерентных СС при $a=-10$, $b=3.25$

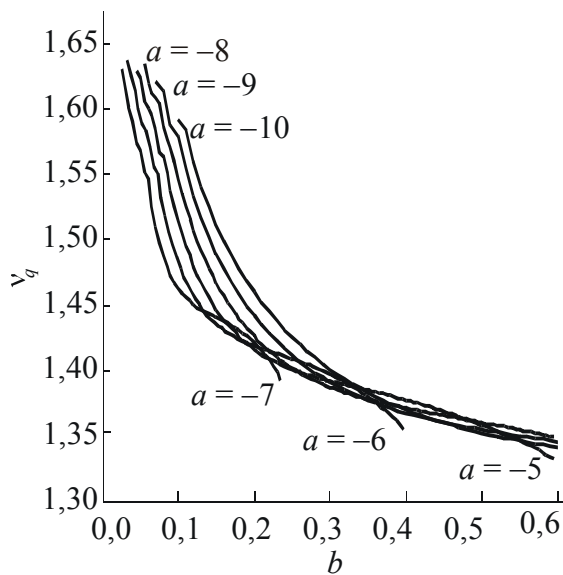


Рис. 2. Зависимость скейлингового показателя в точке скейлинга от параметров ГЛ a и b для скейлинговых СС

Была исследована зависимость скейлингового показателя ν от параметров ГЛ, где r при заданных a и b соответствует существованию скейлинга. Как оказалось, значение скейлингового показателя в случае использования распределения скейлинговых СС изменяется в гораздо более широких пределах, чем в случае когерентных СС, и существуют области параметров ГЛ, в которых достигаются экспериментально найденные значения ν [6, 11–12] (Рис. 2). Нами был найден ряд таких параметров. Примечательно, что a линейно зависит от b при фиксированном значении ν .

Особый интерес представляет сравнение распределения событий по множественности (5) с экспериментальным [13]. Так как построенная модель рассматривает систему, состоящую из большого числа вторичных частиц, то естественно сравнивать теоретическое распределение с экспериментальным только при больших множественностях $n \gg 1$, что и было проделано в этой работе с использованием представления ССС.

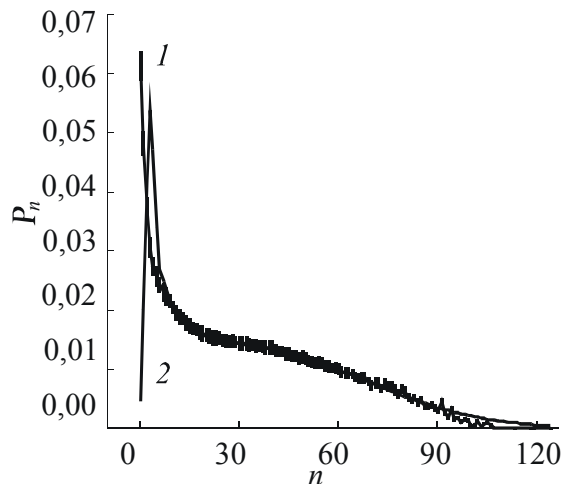


Рис. 3. Результат сравнения эксперимент. (1) и теоретического (2) распределений по множественности для ССС при $a = -0.99871$, $b = 0.39610$, $r = 0.81358$

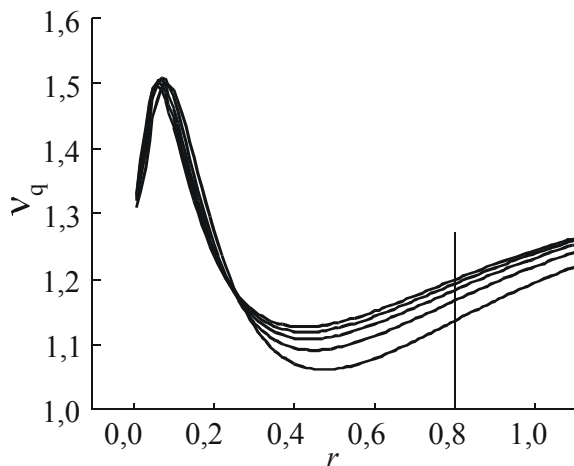


Рис. 4. Зависимость скейлингового показателя от коэффициента сжатия при знач. параметров $a = -0.99871$, $b = 0.39610$. Вертикальной чертой отмечено значение $r = 0.81358$

В результате фитирования экспериментального распределения модельным были найдены параметры, при которых, начиная с $n > 6$ распределения совпадают (Рис. 3). При найденных таким образом значениях a , b и r факториальные моменты удовлетворяют условию перемешанности, однако скейлинга при этих параметрах в модели не наблюдается (Рис. 4).

Литература

1. Botke J. C., Scalpino D. J., Sugar R. L Coherent states and particle production // Phys. Rev. D9 1974. С. 813–823.
2. Bialas A., Peschanski R Moments of rapidity distribution as a measure of short-range fluctuations in high energy collisions // Nucl. Phys. B273 1986. С. 703–718.
3. Дремин И. М. Квантовая хромодинамика и распределение частиц по множественности. // УФН. том 164. 1994. №8, С. 785–809.
4. Holynski R., et al. (KLM) One- and two-dimensional analysis of the factorial moments in 200 GeV/nucleon p, ^{16}O , ^{32}S interactions with Ag and Br nuclei. // Phys. Rev. Lett. 62. 1989. С. 733; Phys. Rev. C40. 1989. С. 2449–2453.
5. Кулин С. Я. / Квантовая оптика: поля и их детектирование, Мн.: Наука и техника, 1990.
6. Hwa R. C., Nazirov T. M. Intermittency in second-order phase-transitions. // Phys. Rev. Lett. 69. 1992. С.741–744.
7. Hwa R. C Scaling exponent of multiplicity fluctuations in phase transition. // Phys. Rev. D47. 1993. С. 2773–2781.
8. Hwa R. C. Scaling behaviour in first-order quark-hadron phase transition. // Phys. Rev. C50. 1994. С.383–387.
9. Babichev L. F., Klenitsky D. V., Kuvshinov V. I. Intermittency described by generalized Ginzburg-Landau model of first-order in HEP // Proc. 3rd Int. Seminar «Nonlinear Phenomena in Complex Systems», 14–16 February, 1994, Polatsk, Belarus, (Minsk, Institute of Physics), С. 149–151.
10. Babichev L. F., Klenitsky D. V., Kuvshinov V. I. Intermittency in Ginzburg-Landau model for first order phase-transition. // Phys. Lett. B345. 1995. С. 269–271.
11. De Wolf E. A., Dremine I. M., Kittel W. Scaling laws for density correlations and fluctuations in multiparticle dynamics. // Phys. Rep. 270. 1996. С. 1–141.
12. Jain P. L., Singh G., Mukhopadhyay A. Factorial moments and multifractal analysis at relativistic energies // Phys. Rev. C48. 1993 С. 517–521.
13. Andersen E, et al. Measurement of negative particle multiplicity in S-Pb collisions at 200 GeV/c per nucleon with the NA36 TPC // Phys.Lett. B516. 2001. С. 249–256
14. Babichev L. F., Bukach A. A., Kuvshinov V. I., Shaparau V. A. Intermittency in quark-gluon plasma to hadron transition in the squeezed state representation. // Nonlin. Phenom. Compl. Syst. 5, №3, 2002. С. 281–288.