

## PION FLUCTUATION STUDY IN Pb–Pb COLLISION AT 2.76 TeV PER NUCLEON PAIR FROM THE ALICE EXPERIMENT WITH CHAOS AND COMPLEX NETWORK-BASED METHODS

*S. Bhaduri*<sup>1</sup>, *A. Bhaduri*<sup>2</sup>, *D. Ghosh*<sup>3</sup>

Deepa Ghosh Research Foundation, Kolkata, India

Chaos and complex network-based study is performed to look for signature of phase transition in Pb–Pb collision data sample at 2.76 TeV per nucleon pair from the ALICE experiment. The analysis is done on the pseudorapidity ( $\eta$ ) values extracted from the data of the experiment, and the methods used are Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MF-DFA) and a rigorous chaos and complex network-based method — Visibility Graph (VG) analysis. The fractal behavior of pionisation process is studied by utilizing MF-DFA method for extracting the Hurst exponent and multifractal spectrum width to analyze the scale-freeness and fractality inherent in the fluctuation pattern of  $\eta$ . Also, VG method is used to analyze the fluctuation in terms of complex network. This algorithm implies scale-freeness detection mechanism to extract the Power of Scale-freeness of Visibility Graph (PSVG), re-establishes the scale-freeness and fractality. Earlier, it has been shown that the scaling behavior for one hadron–nucleus interaction ( $\pi^-$ -AgBr (350 GeV)) is different from one nucleus–nucleus ( $^{32}\text{S}$ -AgBr (200A GeV)) interaction, which is of comparatively higher total energy (*Bhaduri S., Ghosh D. Multiplicity Fluctuation and Phase Transition in High-Energy Collision — A Chaos-Based Study with Complex Network Perspective // Intern. J. Mod. Phys. A. 2016. V.31, No.35. P.1650185*). In this work, we have compared the fluctuation pattern in terms of three rigorous parameters — multifractal spectrum width, the Hurst exponent and PSVG, between Pb–Pb (2.76 TeV per nucleon pair) data as well as of  $\pi^-$ -AgBr (350 GeV) and  $^{32}\text{S}$ -AgBr (200A GeV) data, where in both cases the interaction data are of significantly less energy. We have found that the values of the three parameters are substantially different for ALICE data compared to the other two interaction data. As remarkably different value of long-range correlation indicates phase transition, similar change in the fluctuation pattern in terms of these parameters can be attributed to a phase transition and the onset of QGP.

В работе представлен метод исследования, основанный на хаосе и сложных сетях, который используется для поиска признаков фазового перехода в столкновениях Pb–Pb при энергиях 2,76 ТэВ на пару нуклонов в данных, набранных в эксперименте ALICE. Данные по псевдобыстроте ( $\eta$ ) анализируются методами мультифрактального детрендированного флуктуационного анализа, а также графа видимости (ГВ), который основан на теории хаоса и сложных сетей. Фрактальная природа

---

<sup>1</sup>E-mail: susmita.sbhaduri@dgfoundation.in

<sup>2</sup>E-mail: bhaduri.anirban@dgfoundation.in

<sup>3</sup>E-mail: dipak.ghosh@dgfoundation.in

пионизации изучается на основе метода извлечения показателя Херста и данных по ширине мультифрактального спектра, что позволяет, в свою очередь, исследовать масштабную свободу и фрактальность  $\eta$ . ГВ-метод также применяется для анализа флуктуаций с точки зрения сложных сетей. Данный алгоритм использует механизм нахождения масштабной свободы для извлечения степени масштабной свободы графа видимости (СМСГВ) и позволяет воспроизвести масштабную свободу и фрактальность. В более ранних работах показано, что скейлинговое поведение для столкновений адрон-ядро ( $\pi^-$ -AgBr (350 ГэВ)) отличается от поведения для столкновений ядро-ядро ( $^{32}\text{S}$ -AgBr (200А ГэВ)), полная энергия которого больше (*Bhaduri S., Ghosh D. Multiplicity Fluctuation and Phase Transition in High-Energy Collision — A Chaos-Based Study with Complex Network Perspective // Intern. J. Mod. Phys. A. 2016. V. 31, No. 35. P. 1650185*). В данной работе рассматривается структура флуктуаций в терминах трех жестких параметров: ширины мультифрактального спектра, показателя Херста и СМСГВ для данных, полученных в столкновениях Pb-Pb при 2,76 ТэВ на пару нуклонов, и данных других экспериментов по столкновению  $\pi^-$ -AgBr (350 ГэВ) и  $^{32}\text{S}$ -AgBr (200А ГэВ), где в обоих случаях энергия частиц намного ниже, чем в рассматриваемом эксперименте ALICE. Как было показано, значения упомянутых трех параметров заметно различаются для данных ALICE и данных других экспериментов. Так как резкое изменение величины параметра дальнедействующих корреляций свидетельствует о фазовом переходе, похожее изменение в структуре флуктуаций в терминах предложенных трех параметров также может рассматриваться как признак фазового перехода вещества в состояние, называемое кварк-глюонной плазмой.

PACS: 24.60.Ky; 24.60.Lz; 24.85.+p

Received on November 8, 2018.