

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Совет молодых ученых

Научно-методический отдел по работе с молодыми учеными
и специалистами университета управления
научных исследований СПбГУ

ЧЕЛОВЕК. ПРИРОДА. ОБЩЕСТВО АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Материалы

*14-й международной конференции
молодых ученых 26–30 декабря 2005 г.*

В 2 частях

Часть II



Издательство Санкт-Петербургского университета
2006

П. Валиневич, Д. Деркач

**ФЛУКТУАЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО ИМПУЛЬСА
И МНОЖЕСТВЕННОСТИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В РРРЬ СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ ЭНЕРГИИ
158 А GeV/c НА SPS в CERNe**

Введение. Флуктуации как способ определения перехода вещества в новое состояние, а также проверки теоретических моделей были предложены в 2000 г. [1]. При фазовом переходе величины, характеризующие флуктуации наблюдаемых величин должны терять непрерывность, в их поведении должны появляться особенности. Изучение флуктуаций полезно для выяснения жизнеспособности той или иной модели [2].

Современные детекторы элементарных частиц (например, NA49

Валиневич Павел, Деркач Денис — студенты физического факультета СПбГУ

на ускорителе SPS в CERNe [10], готовящаяся к запуску установка ALICE[11]) отличаются столь высоким быстродействием, что позволяют изучать «пособытийную» физику. При анализе эксперимента это дает возможность рассматривать каждое событие — например, столкновение ядер, в отдельности и строить распределения средних величин.

Следует отметить, что сложность измерения флуктуаций в ядро-ядерных столкновениях заключается в том, что калориметры (например, EVeto [10]) или ZDC [11]), которые измеряют энергию ядер-спектаторов, т. е. число нуклонов-участников столкновения, имеют конечное разрешение. Кроме того, прицельный параметр имеет статистическое определение.

В данной работе предлагается анализ флуктуаций, наблюдаемых в свинец-свинцовых столкновениях при энергии центра масс 17.3 ГэВ, выполненный по данным коллаборации NA49.

Источники флуктуаций. Флуктуации наблюдаемых в таких типах экспериментов величин могут иметь разнообразные источники. Основными факторами могут являться неточность определения прицельного параметра, перерассеяние в начальных состояниях и среди продуктов соударения, деформация сталкивающихся систем, законы сохранения, распады резонансов.

Неточность определения прицельного параметра связана с методикой его определения. Определяется количество участников столкновения (с точностью до разрешения калориметра) — по разнице показаний EVeto или ZDC и начальной энергии. Однако эта величина не может быть преобразована однозначно в прицельный параметр, так как распределение нуклонов в ядре носит вероятностный характер. Анализ возможного решения этой проблемы приведен в данной работе.

Обычно при изучении зависимости какой-либо величины от прицельного параметра, ввиду невозможности точного определения расстояния между центрами сталкивающихся систем, используют так называемые классы центральности. Например, стандартным разделением на классы для эксперимента NA49 являются: 1-й класс центральности соответствует значению прицельного параметра 0–3 fm, каждый последующий класс до 5-го «вырезает» окно по прицельному параметру шириной 2 fm, последний — 6-й класс включает в себя все события, произошедшие на расстоянии более 11 fm (периферические события). Прицельный параметр, соответствующий

данному классу, восстанавливается по числу так называемых «раненых» нуклонов. Число нуклонных столкновений вводится в простейшей модели Глаубера (см., например, [3]). За количество «раненых» нуклонов здесь принимается количество нуклонов из обоих ядер, принимающих участие в столкновении, а следовательно, и в рождении новых частиц. Флуктуации, связанные с вероятностным способом определения прицельного параметра, называются объемными.

Объемные флуктуации — не единственная сложность, которая встречается при анализе экспериментальных данных. Для реальных измерительных установок существует еще так называемая кривая акцептанса (acceptance), которая характеризует вероятность детектирования частицы при данном значении углов вылета.

Перерассеяние вторичных частиц на остатках ядер (ядра-спектаторы) и друг на друге является одним из важных источников флуктуаций. Они вносят дополнительные корреляции (т. е. система стремится прийти к равновесному распределению (термализоваться)).

Кроме вышеперечисленных источников (экспериментальных) есть еще и модельные — в каждой теоретической модели существуют свои источники, например — флуктуации количества струн (см. [5]) и пр.

Величины, характеризующие флуктуации. В литературе (см. [6–8]) встречаются несколько величин, которыми можно характеризовать флуктуации:

$$\omega = \frac{\langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2}{\langle A \rangle}, \text{ где } A \text{ — флуктуирующая величина;}$$

$\Phi = \sqrt{\frac{\langle Z^2 \rangle}{\langle N \rangle}} - \sqrt{z^2}$, где $z = x - \bar{x}$, $Z = \sum_{i=1}^N x_i - \bar{x}$, x — одночастичная переменная, N — множественность, попадающая в акцептанс, \bar{A} означает усреднение переменной A по частицам в одном событии;

$\nu_{ab} = \left\langle \left(\frac{N_a}{\langle N_a \rangle} - \frac{N_b}{\langle N_b \rangle} \right)^2 \right\rangle$, где N — множественность, попадающая в акцептанс, a и b — сорт исследуемых частиц.

В своем анализе мы используем величину ω по следующим причинам:

— эта величина представляет собой наиболее простую комбинацию наблюдаемых величин (является наиболее естественной величиной);

— она хорошо характеризует флуктуации.

Анализ экспериментальных данных. В этой работе мы проделали анализ экспериментальных данных, полученных коллаборацией NA49 в CERN [10]. NA49 проводила эксперимент со свинцовой фиксированной мишенью для пучков Pb с энергией в лабораторной системе 158 ГэВ на нуклон, что эквивалентно 17.3 ГэВ в системе центра масс. Для анализа корреляций были выбраны два окна по быстрой (в СЦМ): «центральное» $(-0.4, 0.2)$ и «переднее» $(0.8, 2.0)$. Выбор таких окон был обусловлен кривой акцептанса установки NA49.

Мы рассматривали две наблюдаемые величины: множественность всех заряженных частиц, попадающих в соответствующее окно, (N_{ch}) , и средний поперечный импульс, приходящийся на одну частицу, (p_t) .

Интересной особенностью флуктуации множественности заряженных частиц ω_N является то, что его значения практически не зависят от окна по быстрой. Это дает возможность предложить способ учета объемных флуктуаций, описанный ниже.

Графики зависимости коэффициента флуктуации поперечного импульса ω_{p_t} от класса центральности отличаются для разных окон, что скорее всего следует связать с зависимостью от ширины окна.

Способ учета объемных флуктуаций. Объемные флуктуации несут информацию о вероятностном распределении нуклонов в ядре, но не о том, какие процессы происходят внутри области столкновения. Для исключения таких флуктуаций возможно несколько путей. Одним из них является анализ отношения множественностей различных сортов частиц. В этом случае объемные флуктуации выделяются отдельным слагаемым (при соответствующих допущениях, см. [9]).

Однако зачастую гораздо более простой величиной при сравнении с теоретическими моделями является коэффициент флуктуации множественности (но не отношения). Поэтому интересной задачей представляется поиск способа исключения объемных флуктуаций из данной величины.

Мы предлагаем эмпирический способ. Для анализа используются тот же эксперимент и те же окна по быстрой. При этом мы предлагаем построить зависимость коэффициента ω_N от величины окна по быстрой для наиболее центральных столкновений.

Очевидно, что при стремлении ширины окна к нулю ω_N стре-

мится к 1,5. Мы считаем эту величину свободной от объемных флуктуаций. Ее следует сравнивать с результатами теории.

Заключение. Проведен анализ экспериментальных данных и выявлено наличие флуктуаций поперечного импульса и множественности. Обнаружено, что коэффициент флуктуации, определенный в [6], растет для нецентральных событий. Кроме того выявлена зависимость коэффициента флуктуаций поперечного импульса от ширины окна по быстрой.

Флуктуации множественности не зависят от выбора окна по быстрой, в то время как флуктуации поперечного импульса зависят. Вид данной зависимости еще необходимо выяснить.

Предложен способ исключения объемных флуктуаций из флуктуаций множественности. Из этого способа получено значение коэффициента флуктуации множественности, который предложено считать свободным от объемных флуктуаций. Полученное значение равно 1,5.

Литература

1. S. Jeon and V. Koch Phys. Rev. Lett. 85, (2000) 2076; M. Asakawa, U. Heinz, and B. Muller Phys. Rev. Lett. 85, (2000) 2072.
2. G. Torrieri, Report on the 1st ALICE physics week, 2005, <http://agenda.cern.ch/fullAgenda.php?ida=a057183>
3. Wong C. Y., Introduction to High-Energy Heavy-Ion Collisions, World Scientific Publishing, Singapore, 1994.
4. G. Baym, H. Heiselberg nucl-th/9905022.
5. A. Capella, U. P. Sukhatme, C.-I. Tan and J. Tran Thanh Van, Phys. Lett. 81B (1979) 68; Phys. Rep. 236 (1994) 225.
6. H. Heiselberg, A. D. Jackson Phys.Rev. C63 (2001)
7. M. Gazdzicki, St. Mrowczynski Zeit. Phys. C54 (1992) 127
8. S. Voloshin for the STAR Collaboration arXiv:nucl-ex/0109006.
9. H. Heiselberg arXiv:nucl-th/0003046v5.
10. Эксперимент NA49 <http://na49info.cern.ch>
11. Эксперимент ALICE <http://aliceinfo.cern.ch>