Численное моделирование корреляций между частицами от распада струнных кластеров при взаимодействии ядер высоких энергий

Денис Ужва
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор кафедры ФВЭиЭЧ Вечернин В.В.

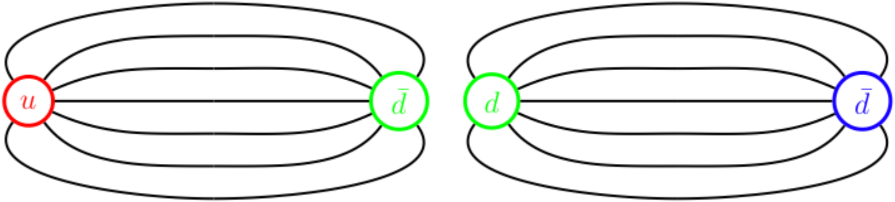
СПбГУ, кафедра физики высоких энергий и элементарных частиц

4 июня 2019

Table of contents

Струнная модель в КХД

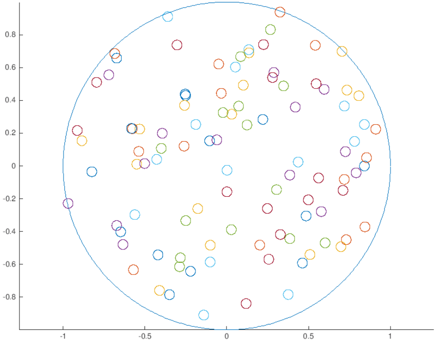
Важным объектом в релтивистской квантовой хромодинамике является так называемая кварк-глюонная струна



Наивная модель поля сильного взаимодействии

Слияние струн

Рассеяние ядер при высоких энергиях подразумевает образование струн, которые перекрываются и сливаются до начала процесса адронизации



Визуализация струн в поперечном сечении ядер

Мотивация

- Непрерывная модель точнее, чем дискретная решётка

Мотивация

- Непрерывная модель точнее, чем дискретная решётка
- До сего момента никто не проводил расчёт корреляций p_t на непрерывном сечении

Разработка генератора событий

Программа реализована на языке C++. Основные этапы расчёта:

- Генерация центров струн в поперечном сечении

Разработка генератора событий

Программа реализована на языке C++. Основные этапы расчёта:

- Генерация центров струн в поперечном сечении
- Поиск кластеров, нахождение их площадей и подсчёт количества струн

Разработка генератора событий

Программа реализована на языке C++. Основные этапы расчёта:

- Генерация центров струн в поперечном сечении
- Поиск кластеров, нахождение их площадей и подсчёт количества струн
- Генерация значений множественности и поперечного импульса

Разработка генератора событий

Программа реализована на языке C++. Основные этапы расчёта:

- Генерация центров струн в поперечном сечении
- Поиск кластеров, нахождение их площадей и подсчёт количества струн
- Генерация значений множественности и поперечного импульса
- Расчёт корреляционного коэффициента

Генерация множественности и поперeного импульса

Множественность рождённых частиц (из кластера k) генерировалась с помощью распределения Пуассона со следующим средним:

$$\langle n \rangle_k = \mu_0 \sqrt{\frac{N_k S_k}{\sigma_0}},$$

а поперечный импульс – по Гауссу, сразу для всего события i:

$$f((p_t)_i^F) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{(p_t)_i^F}} \exp\left(-\frac{((p_t)_i^F - \overline{(p_t)_i^F})^2}{2(\sigma_{(p_t)_i^F})^2}\right),$$

$$\overline{(p_t)_i^F} = \frac{\overline{p}}{n_i^F} \sum_{k=1}^{M_i} n_k \sqrt[4]{\eta_k} = \overline{p} \cdot p_\Sigma, \quad \sigma^2_{(p_t)_i^F} = \frac{\sigma_p^2}{(n_i^F)^2} \sum_{k=1}^{M_i} n_k \sqrt{\eta_k} = \sigma_p^2 \cdot \sigma_\Sigma^2.$$

Расчёт корреляционного коэффициента

Коррелятор показывает зависимость величин в переднем и заднем быстротных окнах. Для множественности и попереного импульса он вычисляется по следующим формулам:

$$b_{nn} = \frac{\langle n_F n_B \rangle - \langle n_F \rangle \langle n_B \rangle}{\langle n_F^2 \rangle - \langle n_F \rangle^2},$$

$$b_{p_t p_t} = \frac{\langle p_F p_B \rangle - \langle p_F \rangle \langle p_B \rangle}{\langle p_F^2 \rangle - \langle p_F \rangle^2}.$$

Предельный случай большой плотности струн

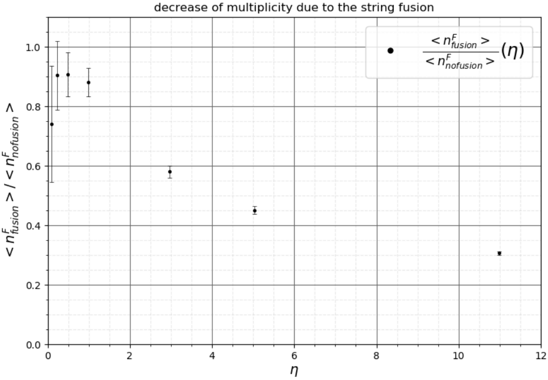
При большой плотности струн значения коэффициентов корреляции выходят на асимптотические кривые:

$$b_{nn} = \frac{1}{1 + 4 \cdot \sqrt{\langle \eta \rangle}},$$

$$b_{p_t p_t} = \frac{1}{1 + 16 \cdot \gamma^2 \cdot \sqrt{\langle \eta \rangle}}.$$

Влияние слияния струн на множественность

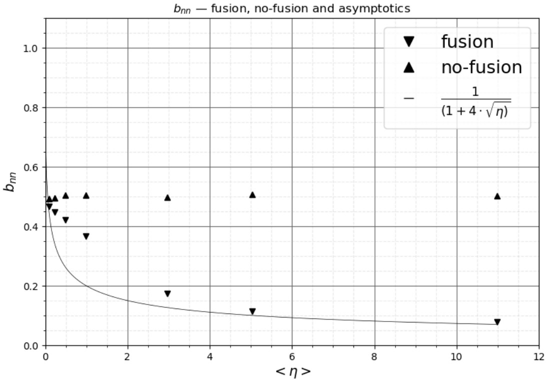
Как видно на следующем графике, учёт влияния слияния струн уменьшает прирост множественности при увеличении плотности струн:



Зависимость $\langle n_f \rangle / \langle n_{nf} \rangle$ от η

Зависимость b_{nn} от средней плотности струн $\langle\eta\rangle$

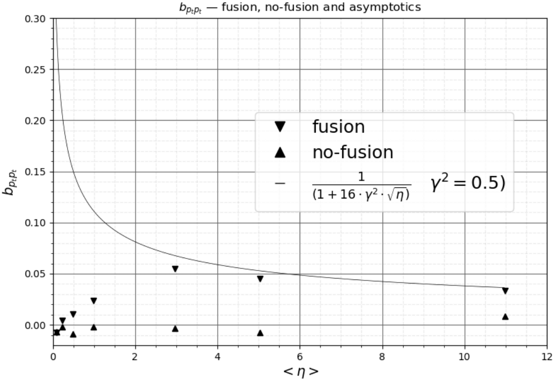
Коэффициент корреляции множественностей зависит от плотности струн как продемонстрировано на графике ниже



Зависимость b_{nn} от $\langle\eta\rangle$

Зависимость $b_{p_t p_t}$ от средней плотности струн $\langle \eta \rangle$

Аналогичный график – но уже для коэффициента корреляции поперечных импульсов



Зависимость b_{pp} от $\langle \eta \rangle$

Перспективы разработки генератора

- Применение распределения Вудса-Саксона для моделирования ядра

Перспективы разработки генератора

- Применение распределения Вудса-Саксона для моделирования ядра
- Введение переменной центральности столкновения

Перспективы разработки генератора

- Применение распределения Вудса-Саксона для моделирования ядра
- Введение переменной центральности столкновения
- Оптимизация работы программы

Перспективы разработки генератора

- Применение распределения Вудса-Саксона для моделирования ядра
- Введение переменной центральности столкновения
- Оптимизация работы программы
- Применение к расчётам на реальных установках (NICA, LHC)

Полезные формулы

Распределение Пуассона:

$$f(n) = \frac{\langle n \rangle^n}{n!} e^{-\langle n \rangle},$$

корреляционный момент:

$$K_{X,Y} = M[(X - M[X])(Y - M[Y])].$$