

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА №40 «ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ»

ОТЧЁТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЯ
ЯДЕР ПО ДАННЫМ АДРОННОГО КАЛОРИМЕТРА FHCAL
НА MPD/NICA**

Студент _____ Л. А. Якобнюк

Научный руководитель,
д.ф.-м.н. _____ А. Б. Курепин

Москва 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	2
1 Определение центральности	4
Теория	4
Результат	4
2 Моделирование	6
3 Заключение	8
Список литературы	9

ВВЕДЕНИЕ

Принцип эксперимента MPD заключается в измерении большого числа наблюдаемых параметров столкновений тяжелых ионов в зависимости от энергии столкновения и центральности системы [1]. При взаимодействии тяжелых ионов определение центральности столкновения от события к событию используется для изучения таких наблюдаемых величин, как коллективный поток, множественность частиц и флуктуации, которые сильно зависят от центральности.

Эксперимент MPD позволяет регистрировать частицы с углом, близким к 4π , и предназначен для обнаружения заряженных адронов, электронов и фотонов, образующихся при столкновениях тяжелых ионов в диапазоне энергий и высоких светимостей коллайдера NICA.

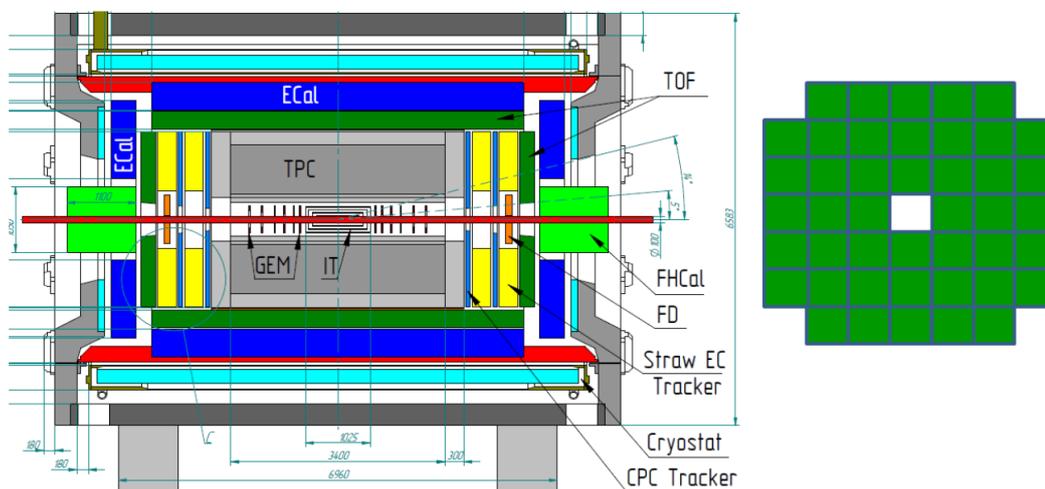


Рисунок 1 — Слева - схема установки эксперимента MPD, справа - структура FHCAL

На рисунке 1 показан вид сбоку эксперимента MPD. Тут мы видим множество детекторов: TPC (время-проекционная камера), электромагнитные калориметры, TOF (времяпролётный детектор), адронный калориметр

прямого хода (FHCAL) и др. Множественность частиц при Au-Au соударении и $\sqrt{S_{NN}} = 11\text{ГэВ}$ около 1000. FHCAL предназначен для измерения центральности столкновений частиц. Он состоит из 42 сцинтилляционных плоскостей размером $15 \times 15\text{ см}^2$. Отверстие в центре предназначено для пучка.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ

ТЕОРИЯ

Центральность может быть определена либо по числу частиц в зоне перекрытия ядер, либо путем измерения энергии, переносимой невзаимодействующими нуклонами (спектаторами) [2]. Измерение количества спектаторов, наблюдающих за метанием снаряда, позволяет оценить число участвующих в соударении нуклонов, а, значит, и прицельный параметр, так как эти величины сильно коррелируют. Очевидно, что при таком способе измерения центральности, наиболее центральные события соответствуют низкому энерговыделению в FHCAL. Но из-за потери фрагментов в отверстии для пучка корреляция искажается для периферийных событий. В результате невозможно отличить центральные и периферийные столкновения, ориентируясь только на данные FHCAL. Для решения этой проблемы находят корреляцию между асимметрией выделения энергии в внешних и внутренних плоскостях FHCAL и энергией пучка, что позволяет разделить центральные и периферийные события.

ПРАКТИКА

При калибровке калориметра получено, что среднеквадратичное отклонение спектатора даётся формулой

$$\sigma = 0.56 * \sqrt{E_{beam}}, \quad (1)$$

где E_{beam} - энергия пучка в ГэВ. Несколько попавших в калориметр (N_m) спектаторов дают энергию в N_m раз большую. Но такую же энергию могут дать и другое число частиц, не равное N_m .

Оценка точности определения числа спектаторов дает 26% резуль-

тат при энергии 5.5 ГэВ на нуклон, а для энергии 2.5 ГэВ на нуклон - 37%. Практически во всем диапазоне центральности относительная ошибка в определении прицельного параметра равна или больше относительной ошибки калибровки при энергии протонов, равной энергии спектатора [3]. Так как нельзя улучшить энергетическое распределение спектатора, то улучшить центральность можно только созданием дополнительного счётчика множественности, который вместе с FHCa1 позволит определять центральность с точностью до 10%.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ

Хотя результаты определения точности центральности и были получены, но их необходимо проверить при моделировании методами Монте-Карло. В результате получено суммарное распределение энергии 100 спектаторов (верное, так как выполняется теорема и дисперсии суммы) и распределение числа спектаторов, которые дадут такое энерговыделение. Они представлены на рисунках ниже.

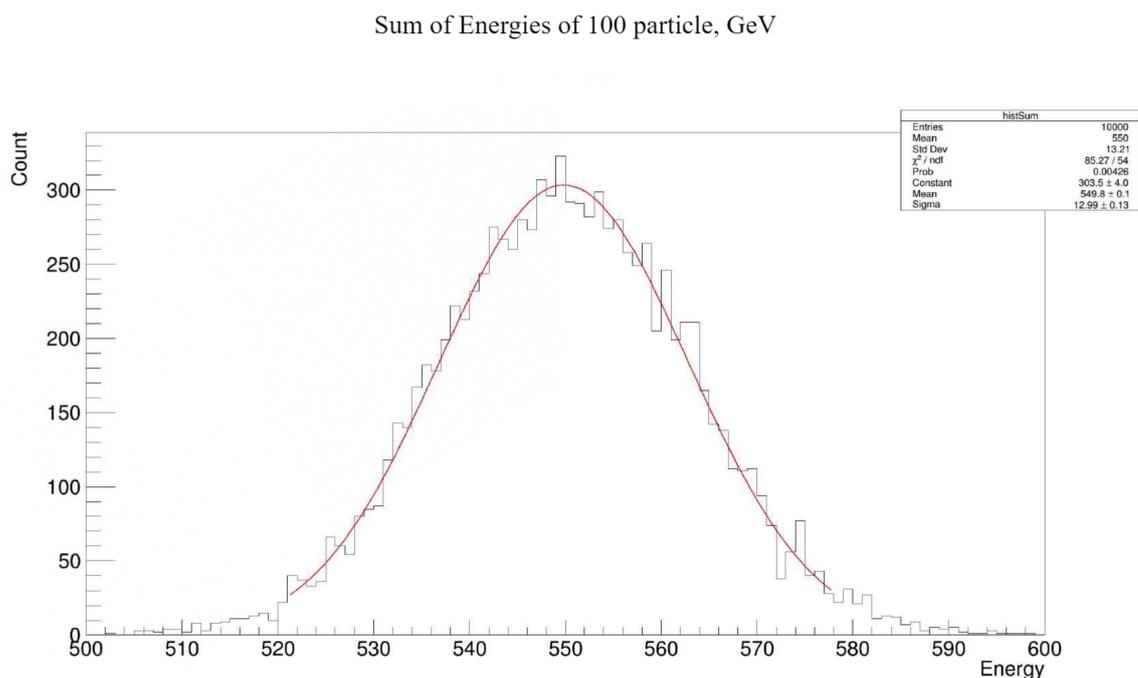


Рисунок 2.1 — Суммарное энерговыделение 100 спектаторов

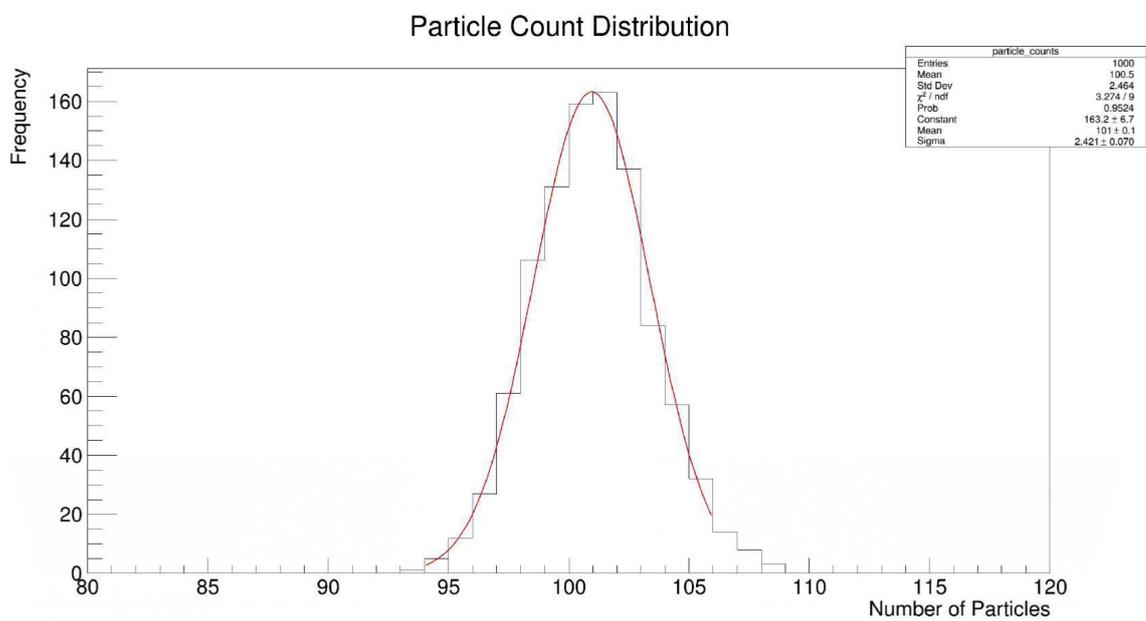


Рисунок 2.2 — Распределение числа частиц, дающих точки на этом распределении энергии

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определение центральности с высокой точностью - очень важно для изучения экспериментальных данных и связи их с теорией, так как от неё зависит степень взаимодействия ядер. Для этого используется детектор FHCAL, который измеряет число спектаторов - нуклонов, не участвующих во взаимодействии. Ранее центральность таким способом была измерена так, что точность её определения являлась недопустимой. Это приводит к необходимости Монте-Карло моделирования, в результате которых получены распределения энерговыведения и числа частиц, дающих точки на данном энерговыведении. В дальнейшем планируется закончить моделирование и перейти к расчёту центральности по полученным результатам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Alexander Ivashkin, Dmitry Finogeev, Marina Golubeva, Fedor Guber, Alexander Izvestnyy, Sergey Morozov, and Alexander Strizhak. Determination of geometry of heavy ion collisions with forward hadron calorimeter (FHCAL) at MPD/NICA. *EPJ Web Conf.*, 204:07002, 2019.
- [2] V Volkov, M Golubeva, F Guber, A Ivashkin, N Karpushkin, S Morozov, S Musin, and A Strizhak. Approaches in centrality measurements of heavy-ion collisions with forward calorimeters at mpd/nica facility. *Journal of Physics: Conference Series*, 1690(1):012103, December 2020.
- [3] А. Б. Курепин, А. Г. Литвиненко, and Е. И. Литвиненко. Определение центральности столкновения ядер при использовании адронного калориметра. *Ядерная физика и инжиниринг*, 11(3):162–165, 2020.