

Измерение выхода странных частиц в ядро-ядерных столкновениях на эксперименте MPD

Аспирант: Бахтин Павел

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Пересунько Д.Ю.

НИЯУ МИФИ

Москва 2025

Исследуемый феномен и предлагаемый подход его оценки

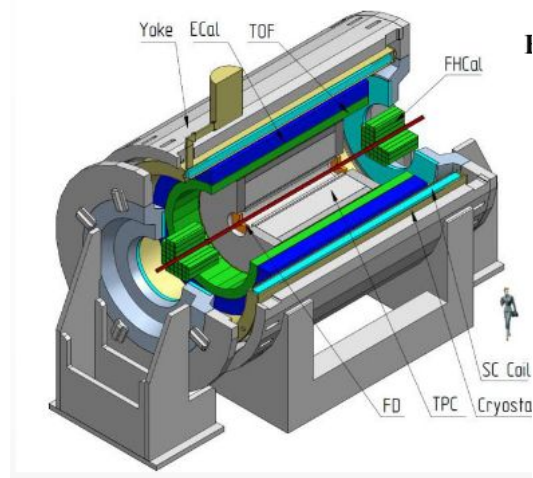
- 1) **Цель эксперимента MPD – изучение свойств горячей материи при рекордной барионной плотности [1: общ. мпд]**
- 2) **Одна из характеристик – повышенный выход странных частиц [2]**
- 3) Традиционно, этот эффект регистрируется через мезонный канал. Наглядно скейлинг по числу кварков можно видеть при помощи барионов: с 1, 2 или 3 s-кварками, т.е. Регистировать Σ , Ξ , Ω – барионы. [3]
- 4) Σ -барион требует идентифицировать нейтроны (явно написать о брэнчинге сигма-барионов, поэтому надо идентифицировать нейтроны). Также, это дает дополнительный канал для НВТ-интерферометрии.

План работ

- 1) Подготовка критериев идентификации частиц (*каких) в детекторе (на основе МС-данных)
- 2) Обработка МС-продакшенов на основе моделей, предсказывающих выход частиц (включая обзор вариантов объяснений и выбор наиболее интересных к проверке)
*(Изучение имеющихся предсказаний моделей по выходам)
- 3) Экспериментальное измерение
- 4) Сравнение результатов наблюдений и предсказаний

Описание экспериментальной установки

- 1) Ускоритель – NICA, Эксперимент – MPD, скорее всего, будет функционировать как в коллайдерной, так и FT-моде.
- 2) Состоит из 4 основных детектирующих установок: TPC, TRD, TOF, ECal. Также имеется калориметр для малых углов отклонения (FHCaI)
- 3) Будут далее представлены V_i+V_i столкновения с энергиями 9,2 ГэВ/нуклон



Основные используемые системы

- 1) ECAL – Электромагнитный калориметр типа “шашлык” из пластикового сцинтиллятора и радиатора из Pb.
Особенность калориметров такого типа, согласно [4] – относительно высокая вероятность регистрировать нейтроны.
- 2) TOF. Набор газовых камер в гейгеровском режиме для регистрации
- 3) Mpdroot: стандартный аналитический пакет с GEANT-моделью и возможностью подключать программы для MC-вычислений

Раздел 1: выработка критериев отбора кластеров для идентификации нейтронов

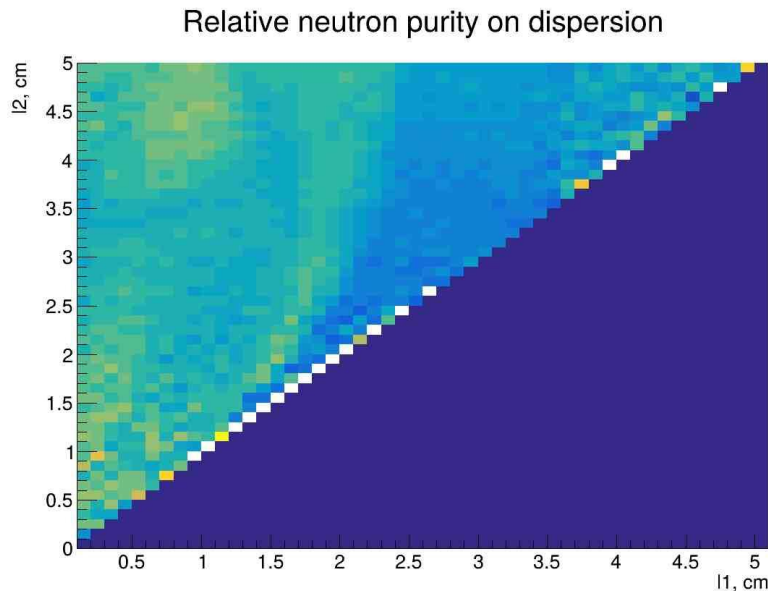
- 1) Энергия
- 2) Форма кластера от нейтрона: Дисперсионные соотношения;
- 3) Размер кластера: Число ячеек;
- 4) Время пролета
- 5) Нейтральность кластера: наличие ассоциированного TOF-хита

Возможные дополнения к 4 и 5:

- 6) Разность времен регистрации с ближайшим TOF-хитом
- 7) Экстраполяция треков из TPC (Из-за медлительности работы TPC, сильно сократит выборку).

Дисперсия

Соотношение между числом нейтронов и числом всех частиц, в распределении по дисперсиям кластеров



Слайд с описанием того, что такое tof-вето в этом случае

Выделяются следующие пути вычисления переменных:

- 1) Берется проекция TOF хита по прямой от вершины взаимодействия на калориметр
- 2) Затем по калориметру берется дистанция до кластера в см

Для корреляций.

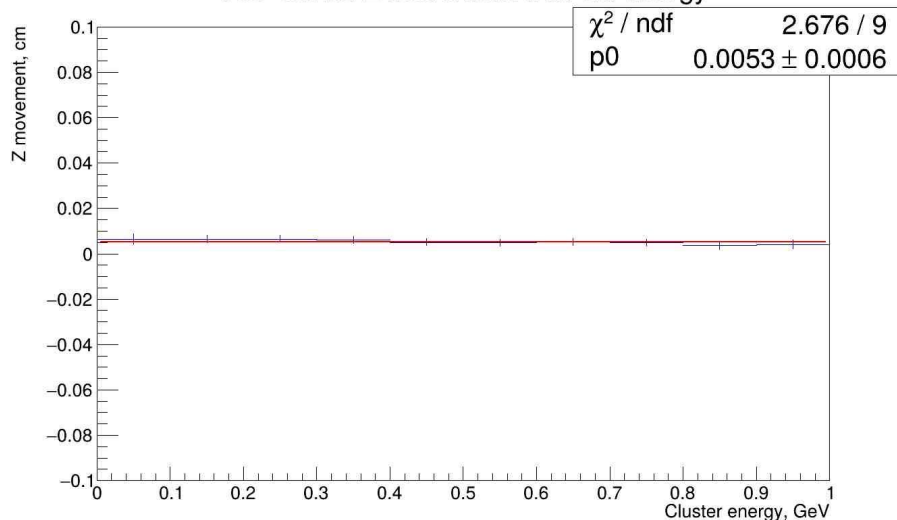
Мэтчинг:

- 1) Вычисляется дистанция для TOF-хитов до калориметра также, как и в примере выше
- 2) Затем берется ближайший к кластеру в калориметре хит

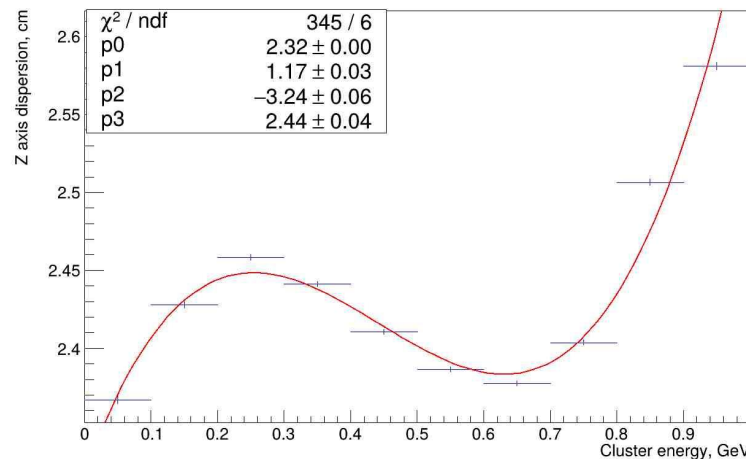
Критерий нейтральности: смещение по z

Для этого, нужно проанализировать, как выглядят распределения по разности между продленной координатой от TOF до ECA1 и наблюдаемым в ECA1 кластером.

TOF cut for z movement with clu energy



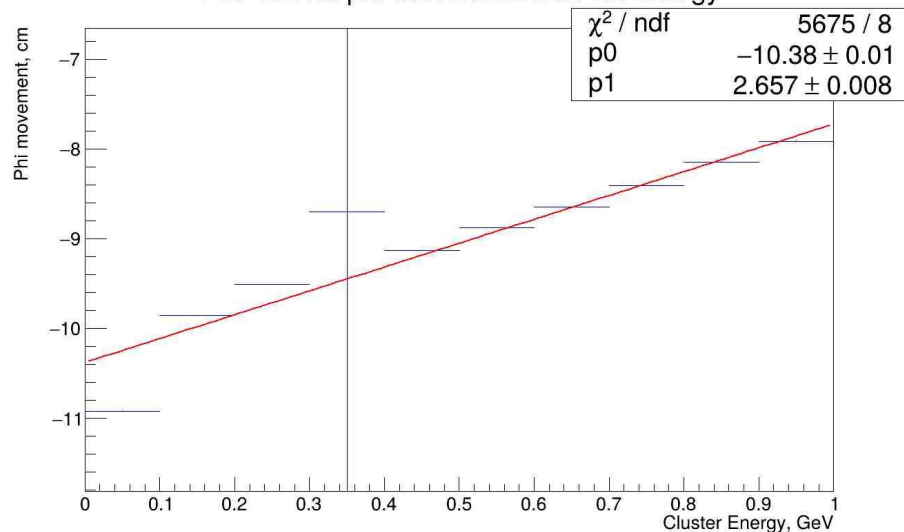
TOF cut for z width change with clu energy



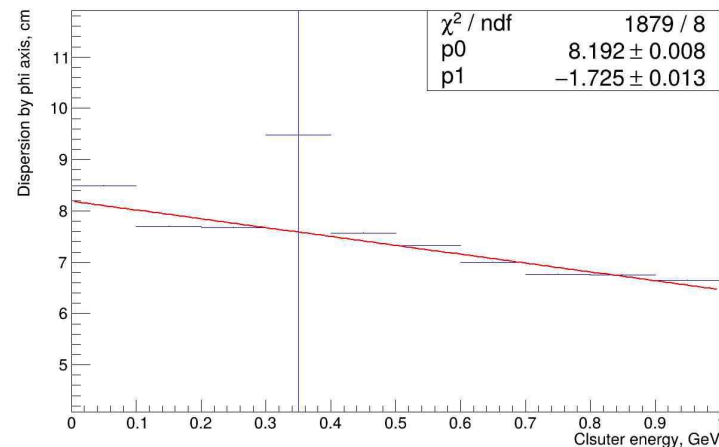
Критерий нейтральности: смещение по ϕ

Получаются два эллипса для расположения заряженных частиц: смещенный по ϕ на несколько ячеек, с несколько меньшей дисперсией (расположение эллипса указывает на заряд)

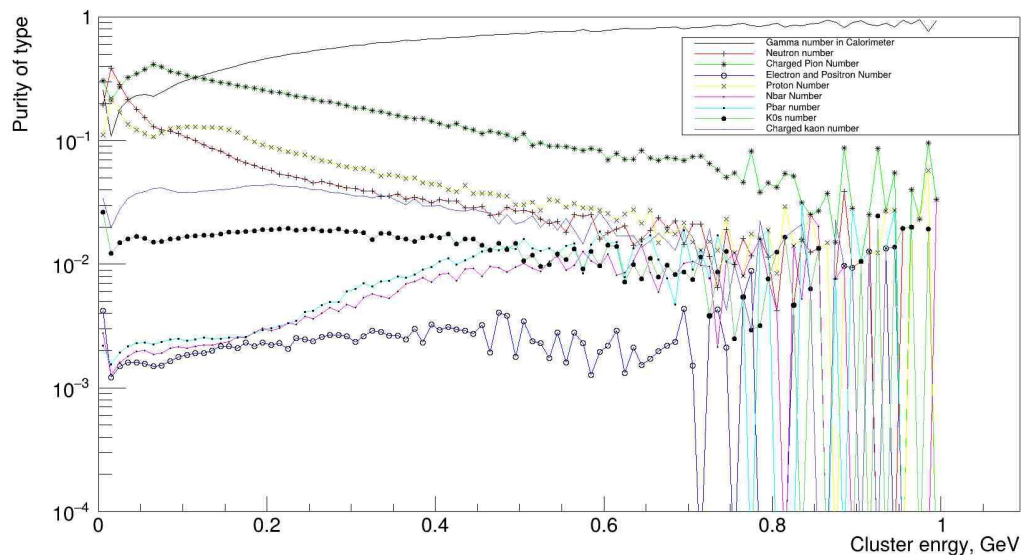
TOF cut for phi movement with clu energy



TOF cut for phi width change clu energy



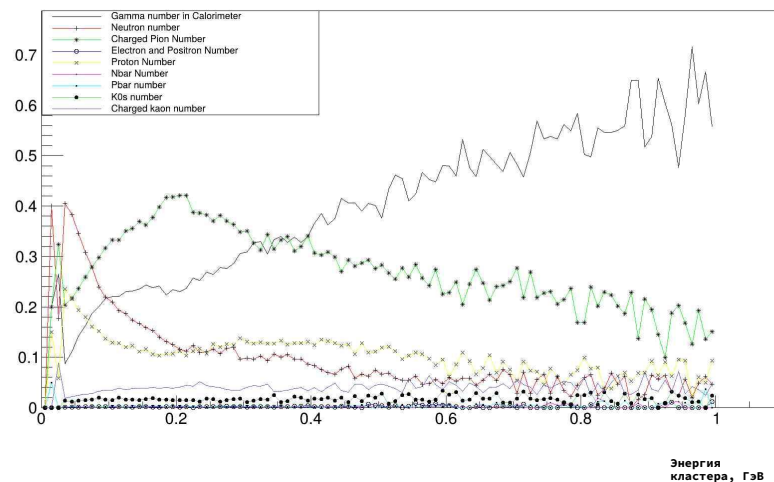
Детальная картина по соотношению числа частиц, наблюдаемых в калориметре



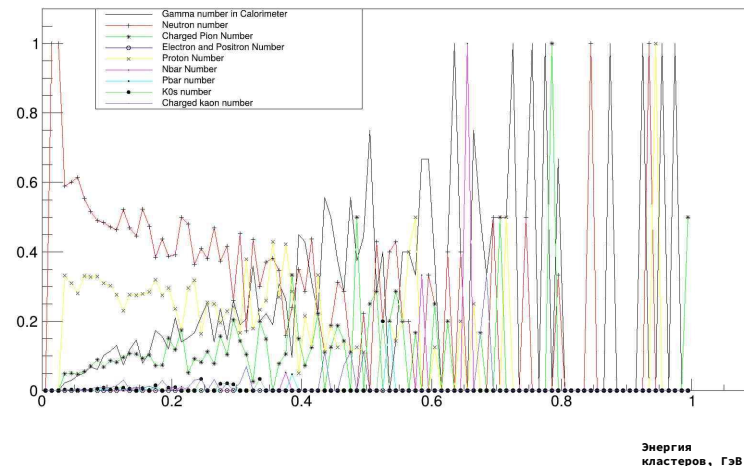
Также, вероятно, есть возможность повысить в выборке статистику и по антинейтронам и по нейтральным мезонам

Результат применения критерия нейтральности к выборке

Соотношение между кластерами в калориметре до кат



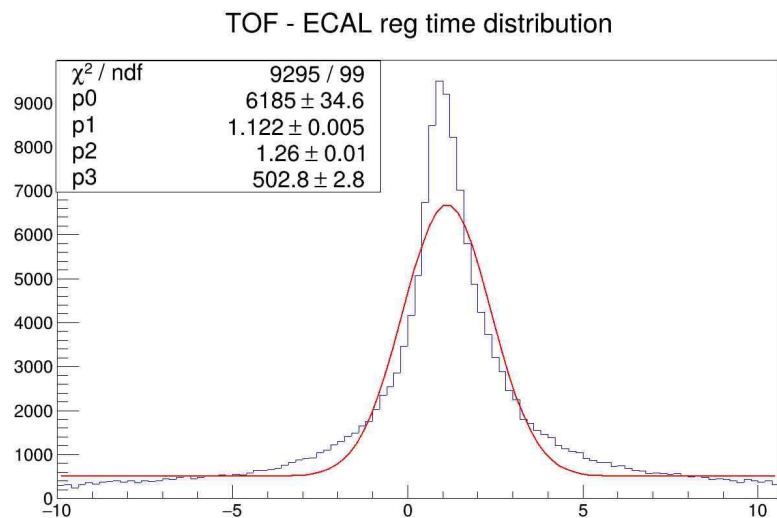
Соотношение между кластерами в калориметре после кат



Кат значительно улучшает соотношение между количеством частиц, пусть и кардинально сокращает их число

Разность времен регистрации

Разность времени регистрации мэтченного хита в TOF и ECAL можно использовать для проверки валидности мэтчинга



ССЫЛКИ

- [1] - Vereschagin S. V. MPD: Multi-Purpose Detector of the NICA Collider // Physics of Particles and Nuclei. — 2025. — T. 56. — ISSN 1531-8559.
- [2] - Rafelski J. Strangeness enhancement // The European Physical Journal Special Topics. — 2008. — T. 155, № 1. — С. 139—166
- [3] - Becattini F., Stock R. Investigating the QCD phase diagram with hadron multiplicity at NICA // Eur. Phys. J. A. — 2016. — T. 52, № 8. — С. 234.

Заключение

- 1) Предложен метод идентификации нейтронов при помощи электромагнитного калориметра
- 2) Дисперсионный критерий имеет ограниченную значимость для их идентификации.
- 3) Получено дополнительное “уточняющее” TOF-veto условие

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

(Бэкап)Принцип получения критериев

Математически, можно формализовать задачу PID следующим образом: Определить некоторую вложенную область в область пространства параметров, предоставляемую детекторным комплексом, в которой довольно велика доля частиц (Purity), и достаточно велико количество частиц, которые в нее попадут (Efficiency).

Тогда имеет смысл говорить о следующих путях решения:

1) На основе некоторых физических соображений, пробовать ограничивать области, где purity заведомо мала

2)Метод “координатного спуска” при многопараметрической оптимизации по нескоррелированным параметрам.