

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА» ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ КАФЕДРА
ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

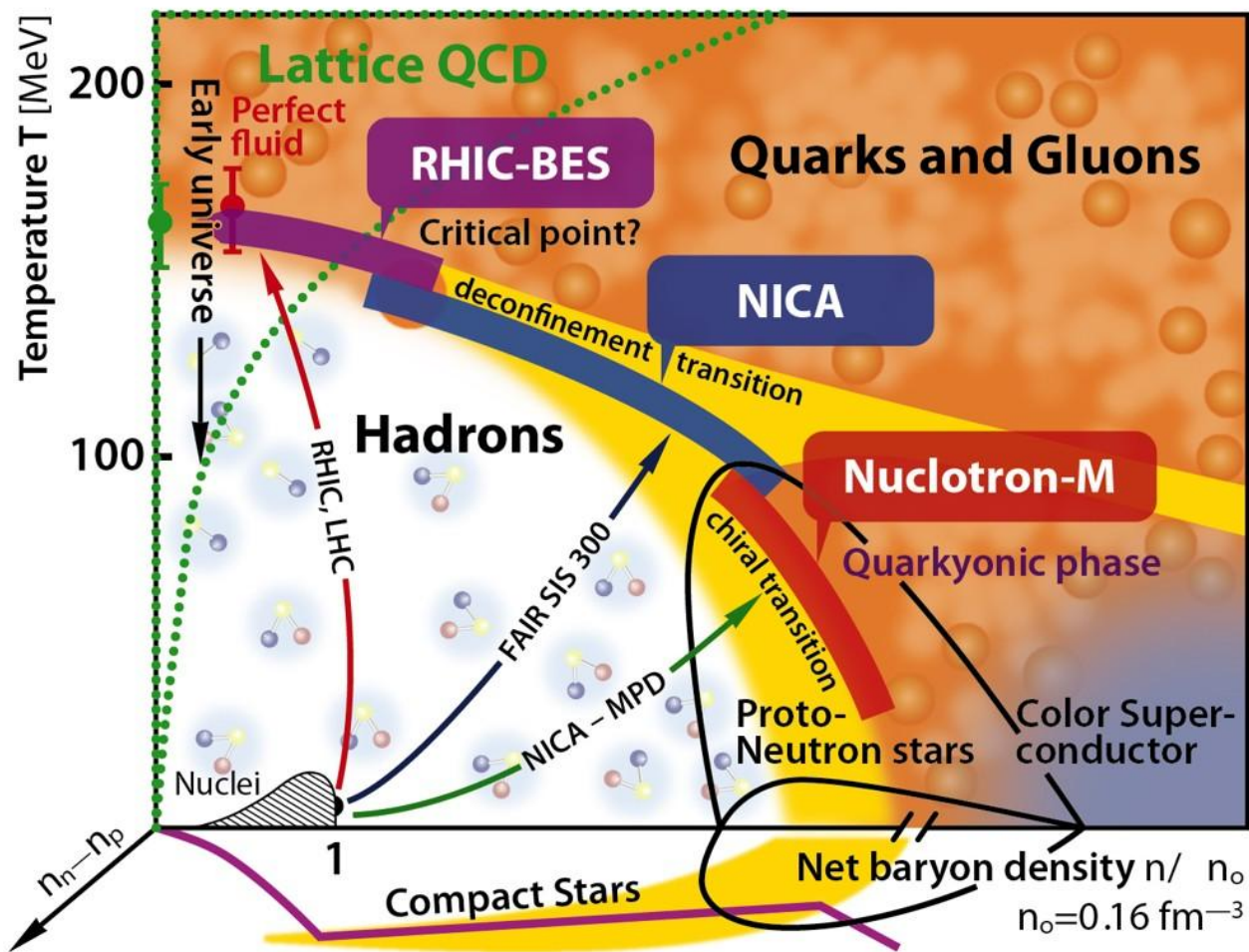
«ИЗУЧЕНИЕ ВЫХОДОВ ЛЕГКИХ ЧАСТИЦ В ПЛОТНОЙ ЯДЕРНОЙ МАТЕРИИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ MPD»

Выполнила студентка: Первышина Елена Андреевна
Научный руководитель: Теряев Олег Валерианович
Научный консультант: Апарин Алексей Андреевич

Цели и задачи исследования:

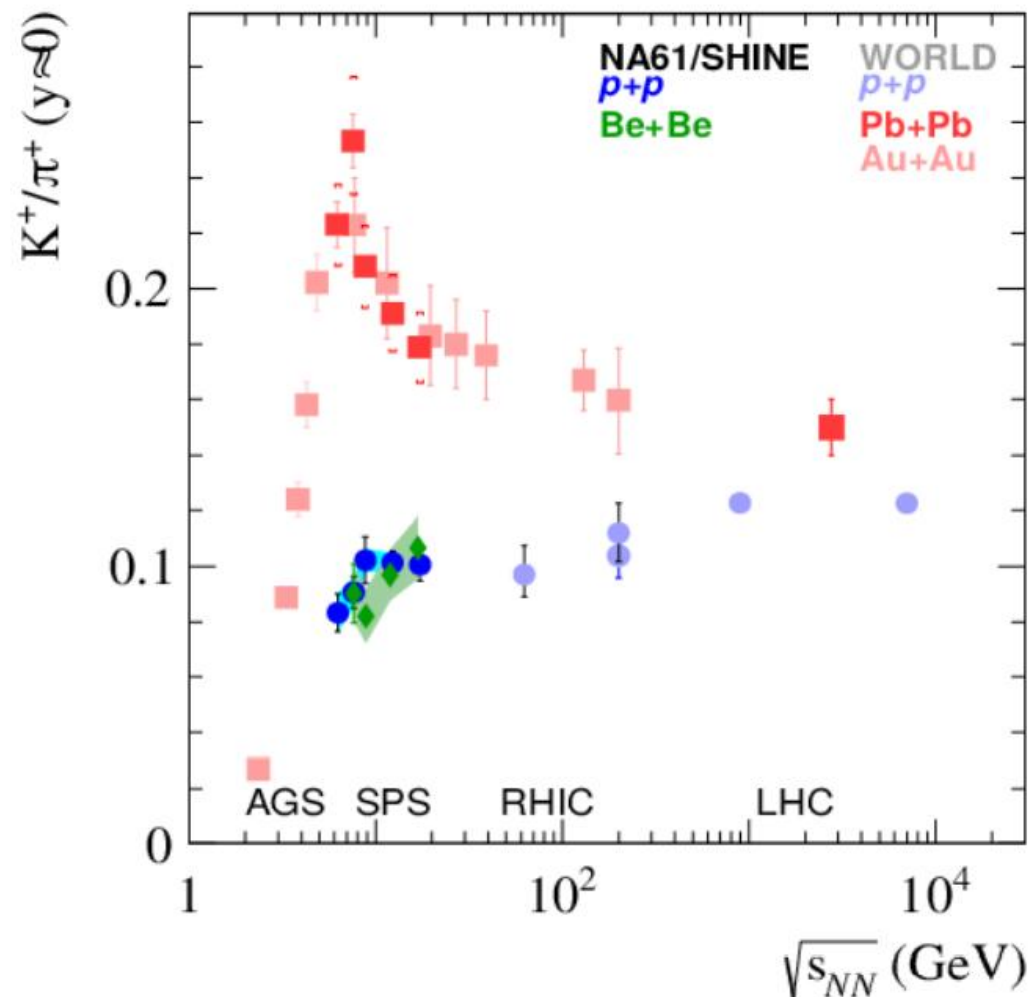
1. Провести анализ столкновений ионов висмута $Bi-Bi$ при энергиях $\sqrt{s_{NN}} = 7.7, 9$ и 9.46 ГэВ и ионов золота $Au-Au$ при энергиях $\sqrt{s_{NN}} = 4, 7, 9$ и 11 ГэВ.
2. Провести анализ столкновений ионов висмута $Bi-Bi$ для разных статистических моделей (PHSD, PHQMD и UrQMD), которые были собраны с использованием генератора Монте-Карло для детектора MPD.
3. Построить выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для идентифицированных адронов (каонов, пионов, протонов).
4. Основная цель — исследование одной из сигнатур фазового перехода между адронным состоянием вещества и состоянием кварк-глюонной плазмы (QGP).

Фазовая диаграмма КХД



Фазовая диаграмма КХД ядерного вещества рассматривается в координатах барионной плотности (по горизонтальной оси) и температуры в единицах энергии (по вертикальной).

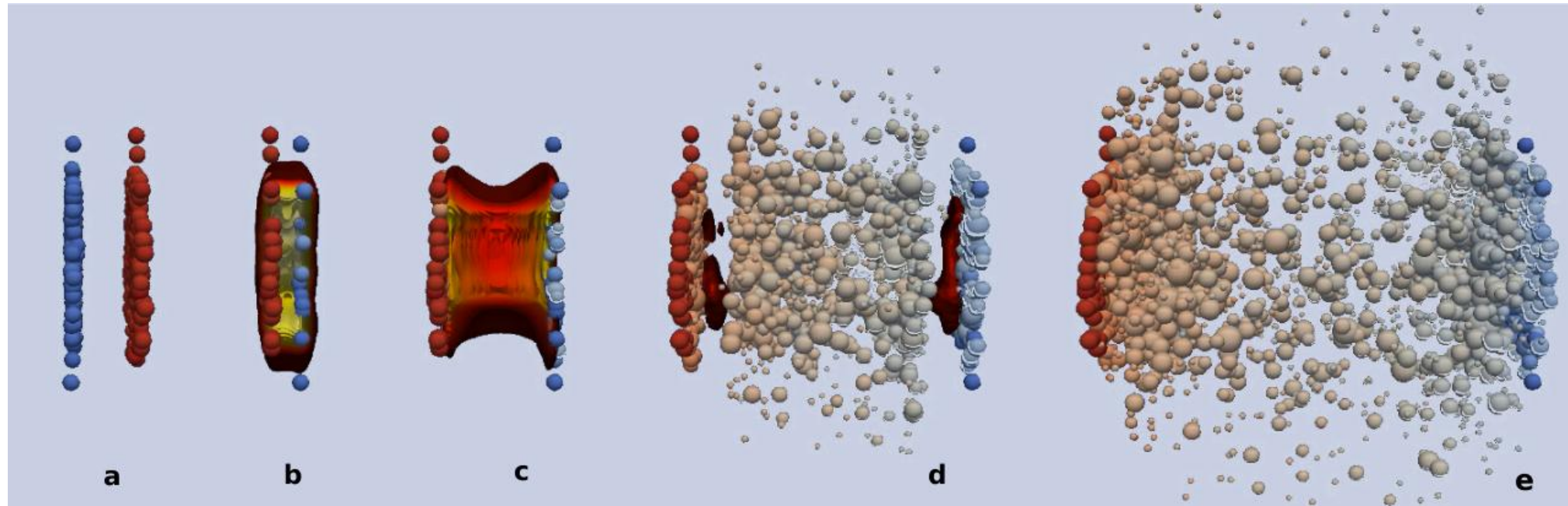
Сигнатуры фазового перехода



На графике представлена энергетическая зависимость отношения частиц K/π .
Отношение K/π представляет интерес, поскольку оно отражает содержание странных кварков в столкновениях тяжелых ионов.

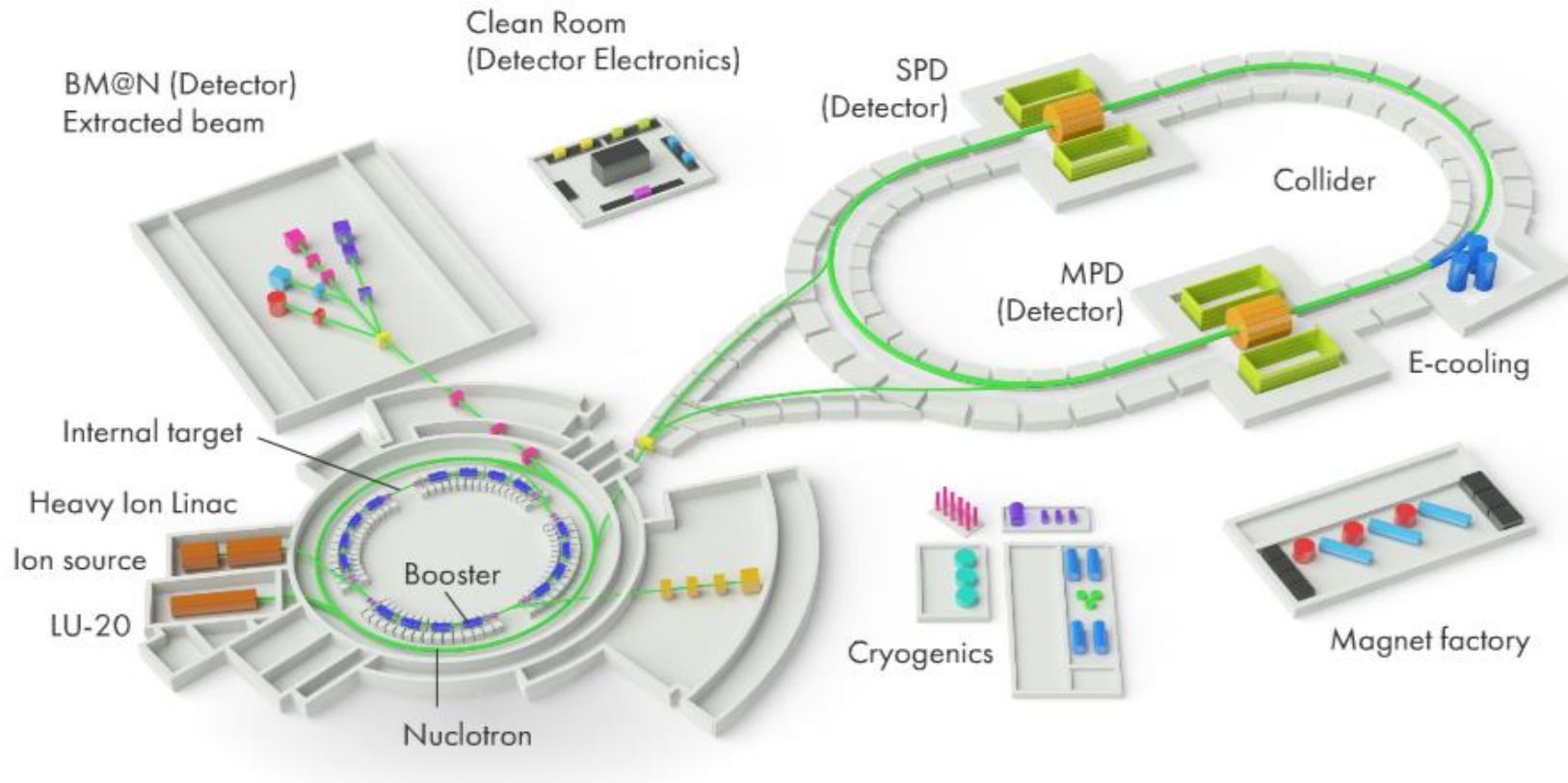
Наличие пика рассматривается в качестве сигнатуры фазового перехода от адронного газа к QGP при переходе от низких энергий к высоким. Он соответствует энергии, при которой барионная плотность максимальна.

Эволюция столкновения тяжелых ионов



Ядра подлетают друг к другу (a) на расстояние взаимодействия, образуя возбужденную материю (b). Горячая область расширяется и остывает (c), образуется газ взаимодействующих адронов (d), который расширяется, остывает и распадается на конечные адроны (e).

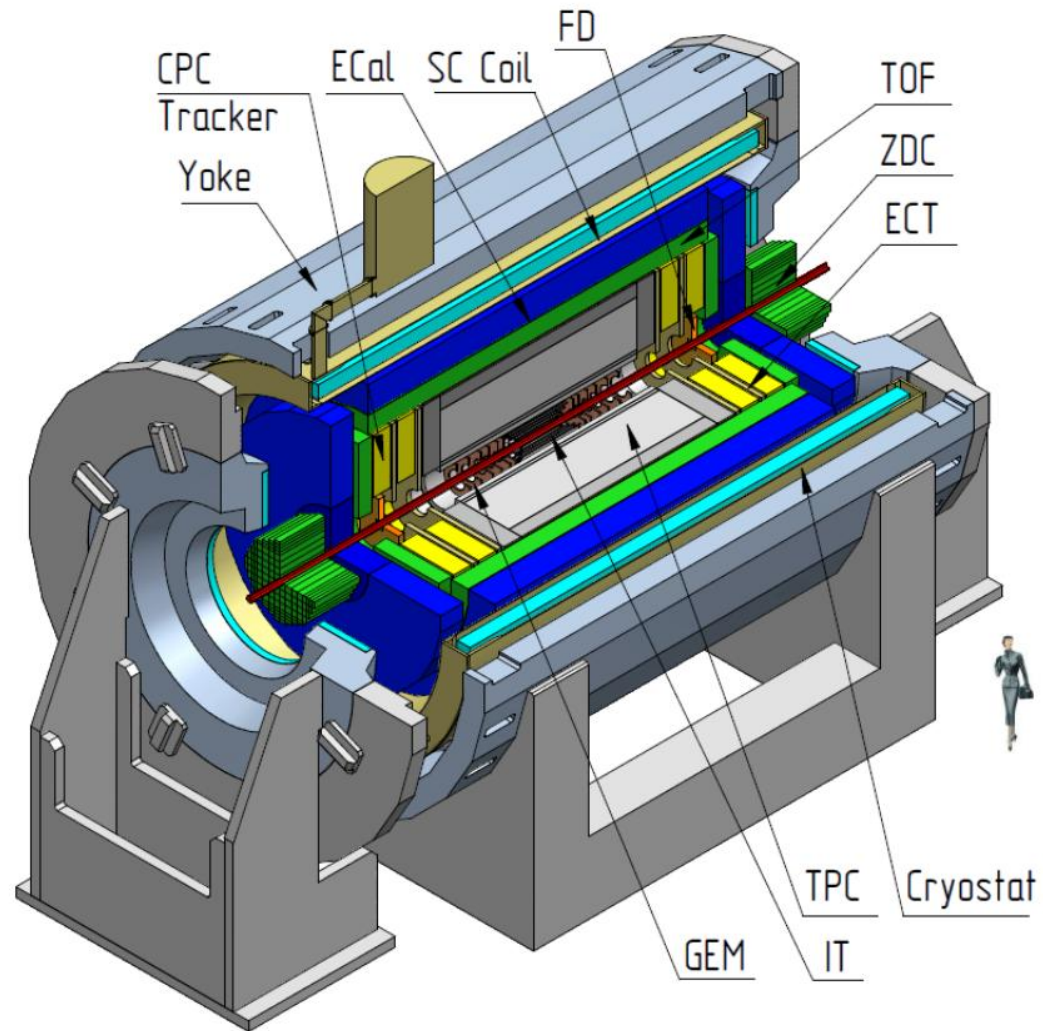
Комплекс NICA



Наиболее важными фундаментальными направлениями исследований в этой области являются:

1. Природа с свойства сильных взаимодействий между элементарными составляющими Стандартной модели физики частиц — кварками и глюонами;
2. Поиск признаков фазового перехода между адронной материей и КГП, поиск новых состояний барионной материи;
3. Изучение основных свойств сильного взаимодействия и КГП-симметрии.

MPD



Детектор MPD — 4 п спектрометр, способный регистрировать заряженные адроны, электроны и фотоны, образующиеся при столкновениях тяжелых ионов.

В детекторе MPD идентификация заряженных частиц основана на подсчете потерь энергии dE/dx во время проекционной камере (TPC) и измерении времени пролета $1/\beta$ во времяпролетной системе (TOF). Общая схема установки MPD показана на рисунке.

Модели:

Динамика партон-адронных струн (PHSD) — это микроскопическая модель для описания сильно взаимодействующей адронной и партонной материи в равновесии и вне его. Модель последовательно описывает полную эволюцию релятивистского столкновения тяжелых ионов от начального жесткого рассеяния и образования струн до динамического фазового перехода от состояния деконфаймента к кварк-глюонной плазме, а также к адронизации и последующим взаимодействиям в адронной фазе.

Партон-адрон-квантово-молекулярная динамика (PHQMD) — это микроскопическая модель для описания столкновений тяжелых ионов, а также образования кластеров и ядер. Модель расширяет хорошо зарекомендовавший себя подход PHSD (динамика партонных адронных струн), который включает в себя явные партонные степени свободы (кварки и глюоны), уравнение состояния из решетчатой КХД, а также динамическую адронизацию и адронные упругие и неупругие столкновения в конечной фазе реакции, на n -корпусное квантово-молекулярно-динамическое распространение адронов, позволяющее выбирать уравнение состояния с различным модулем сжатия.

Ультрарелятивистская квантовая молекулярная динамика (UrQMD) — это микроскопическая Монте-Карло модель, основанная на использовании фазового пространства для описания ядерных реакций. Она описывает адронное взаимодействие при низких энергиях ($\sqrt{s_{NN}} < 5$ ГэВ) как взаимодействие между адронами и резонансами. Модель описывает адронное взаимодействие при высоких энергиях ($\sqrt{s_{NN}} > 5$ ГэВ) как возбуждение цветных струн с последующим их дроблением на адроны.

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для идентифицированных адронов

Столкновения ионов висмута Bi-Bi при энергиях $\sqrt{s_{NN}} = 7.7, 9$ и 9.46 ГэВ.

Столкновения ионов золота Au-Au при энергиях $\sqrt{s_{NN}} = 4, 7, 9$ и 11 ГэВ.

Статистика 10^6 событий для каждой энергии была получена с использованием генератора Монте-Карло Ультрарелятивистской квантовой молекулярной динамики (UrQMD) для многоцелевого детектора (MPD).

Условия накладываемые на спектры:

- TPC NofHits > 20;
- $|\eta| < 0.5$;
- $0.1 < p_T < 2.5$ ГэВ;

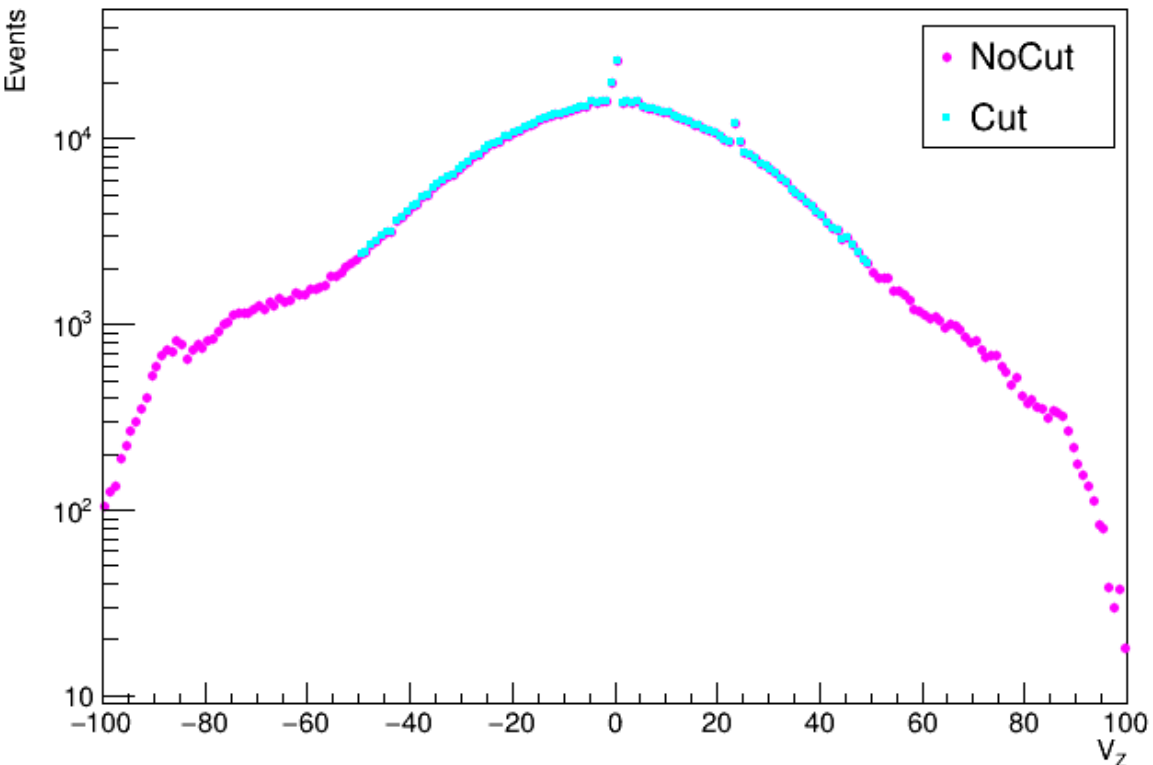
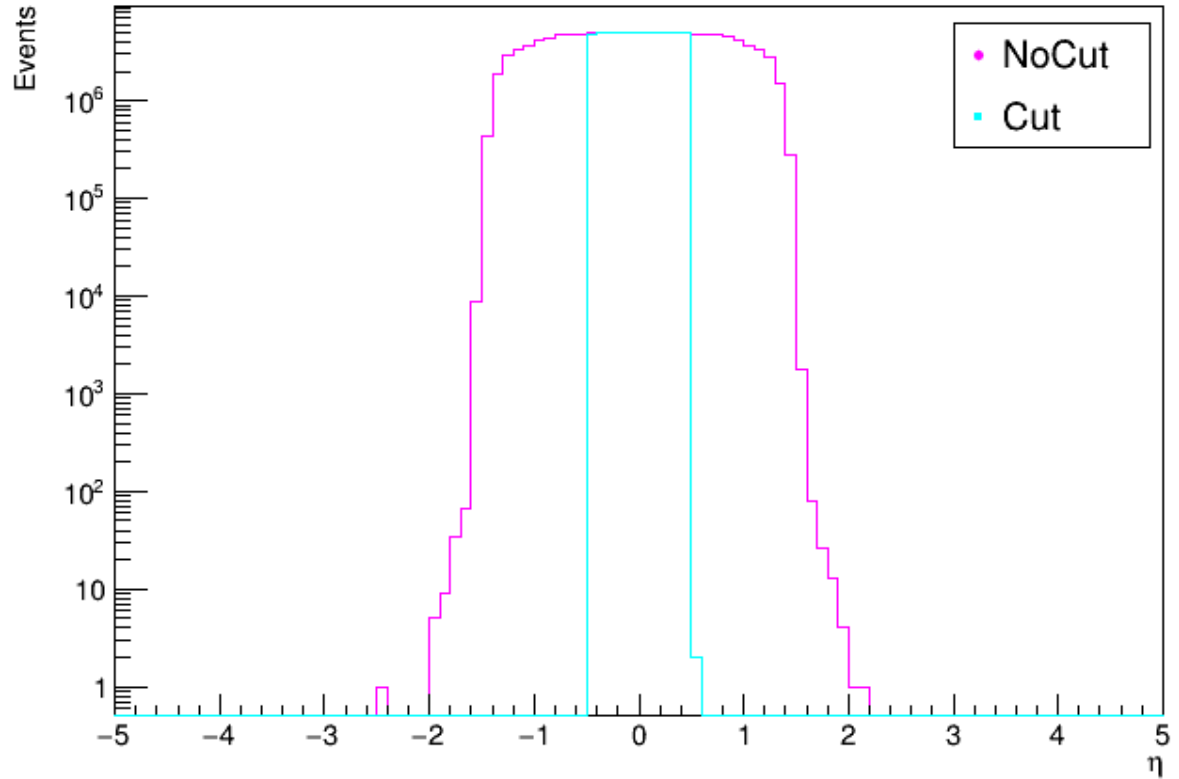
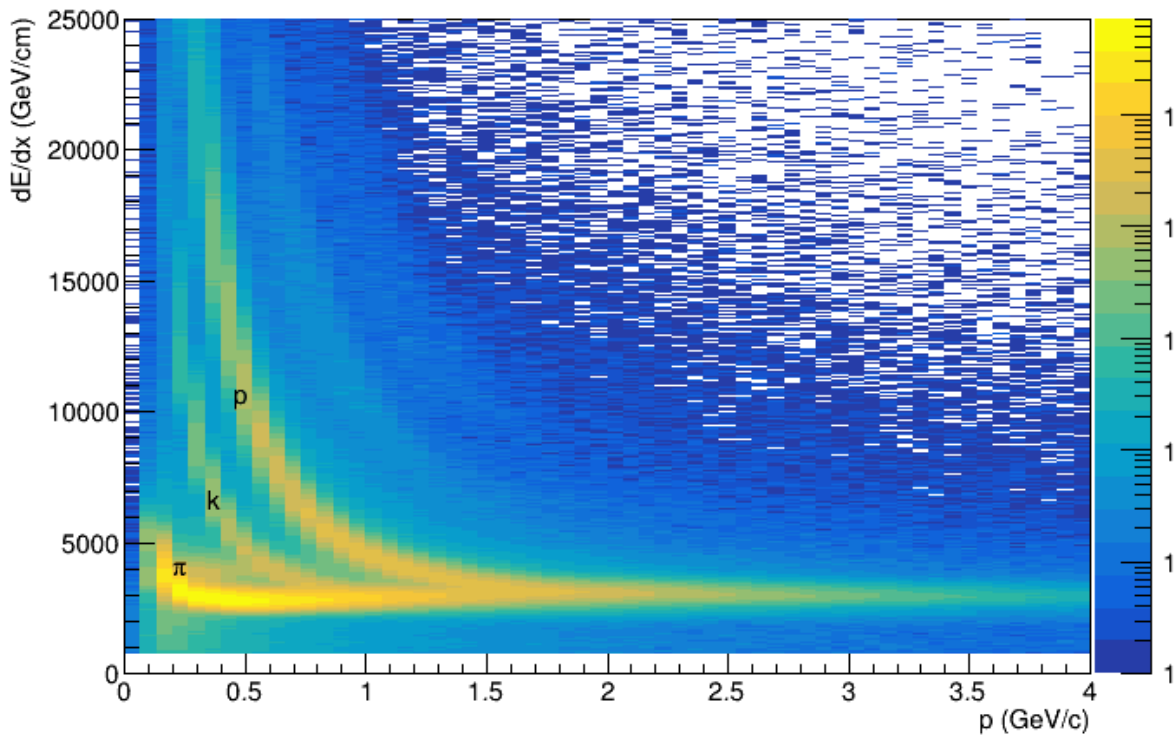


График расположения
z-вершины

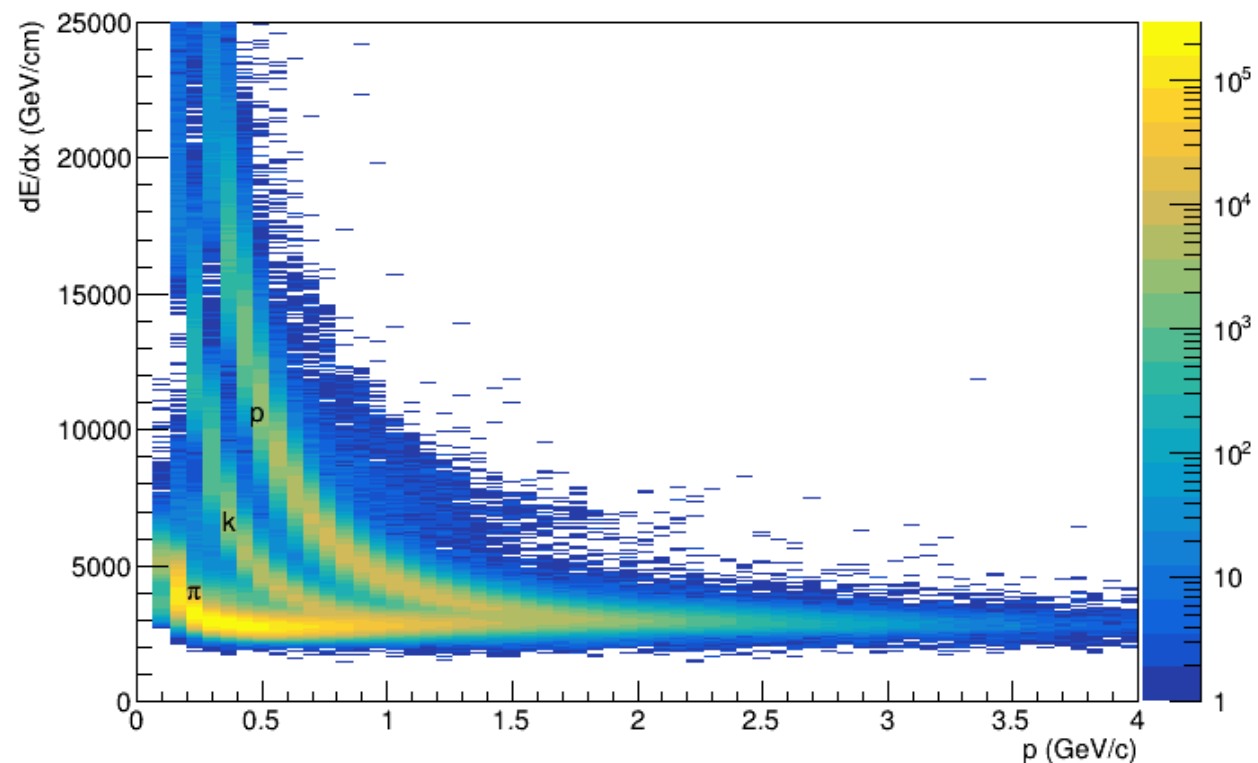
График
распределения
псевдобыстроты



Потери энергии dE/dx в зависимости от импульса первичных частиц

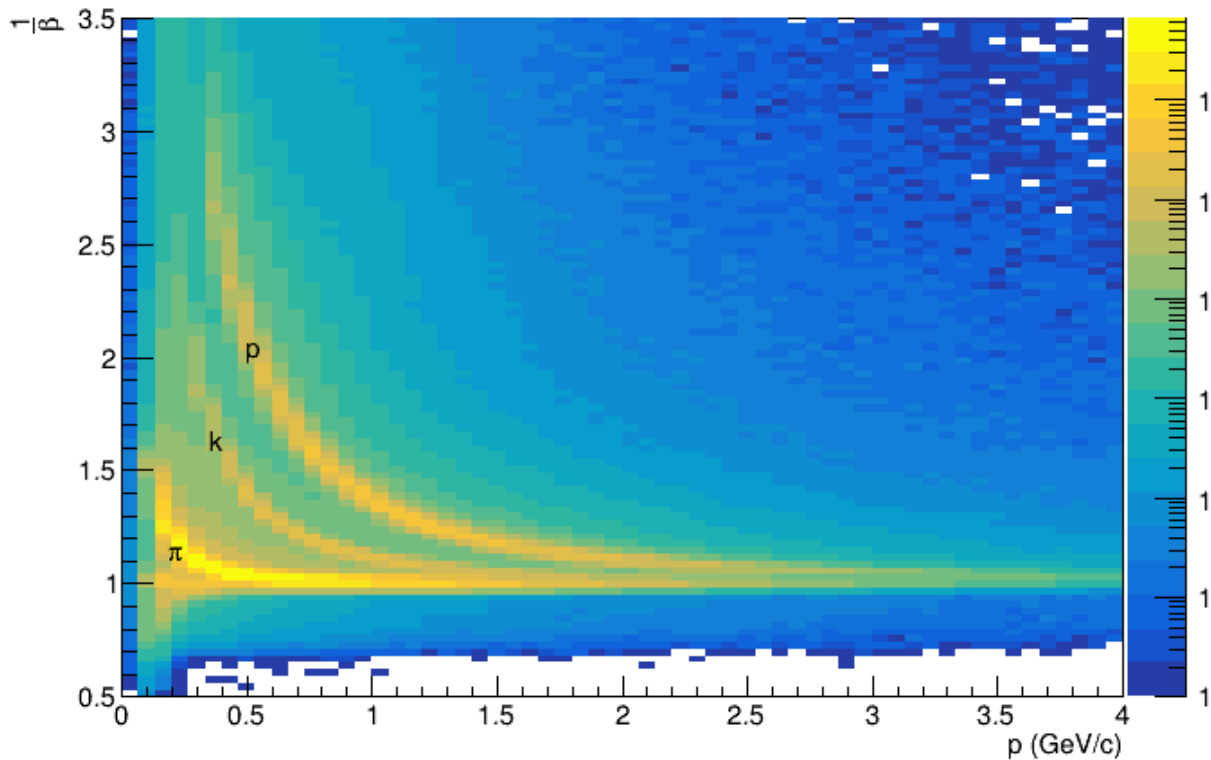


До наложения условий

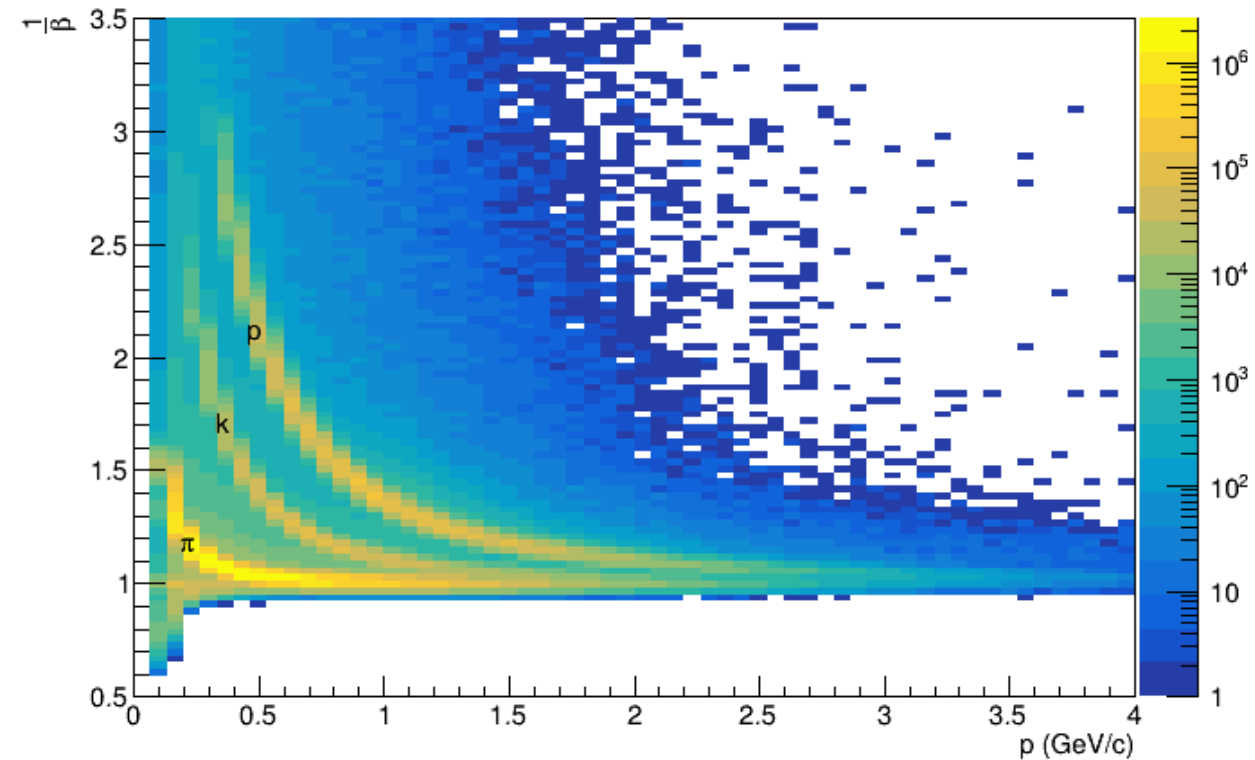


После наложения условий

Скорость частиц в единицах скорости света $1/\beta$ в зависимости от импульса первичных частиц

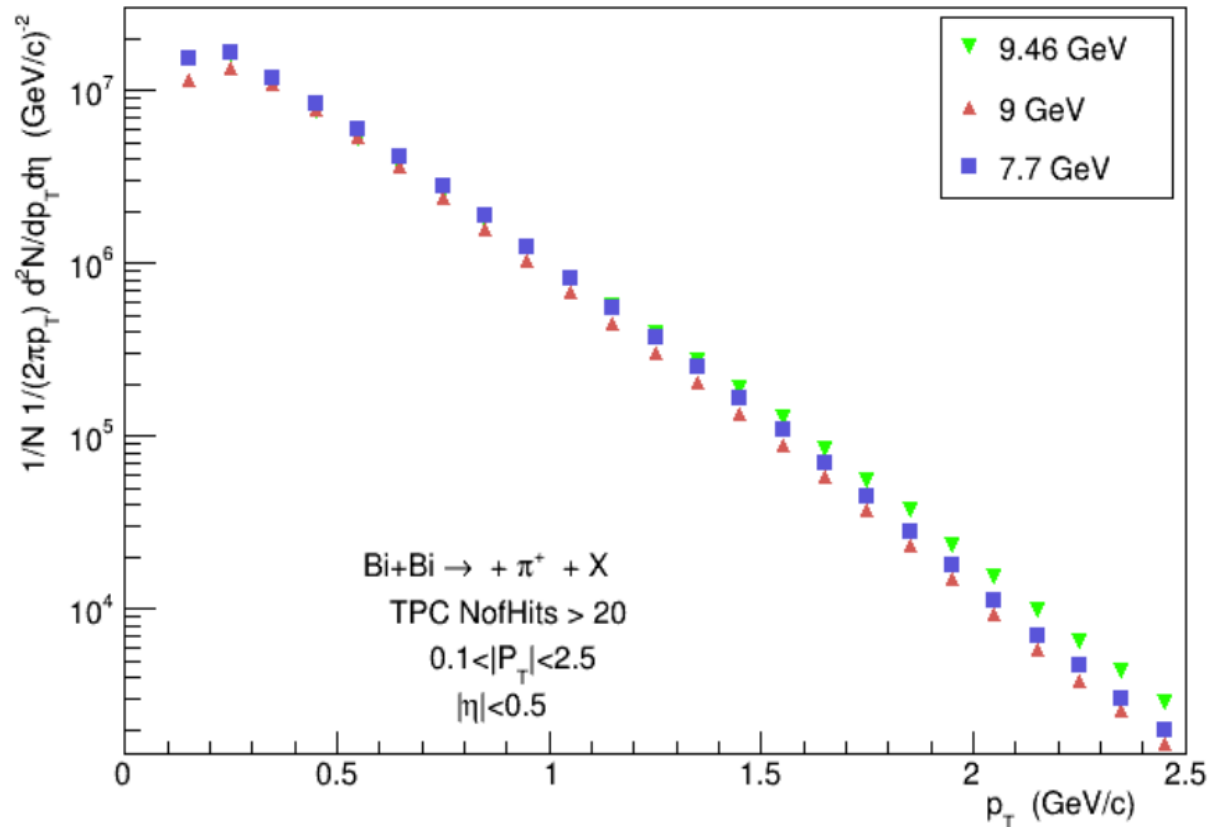


До наложения условий

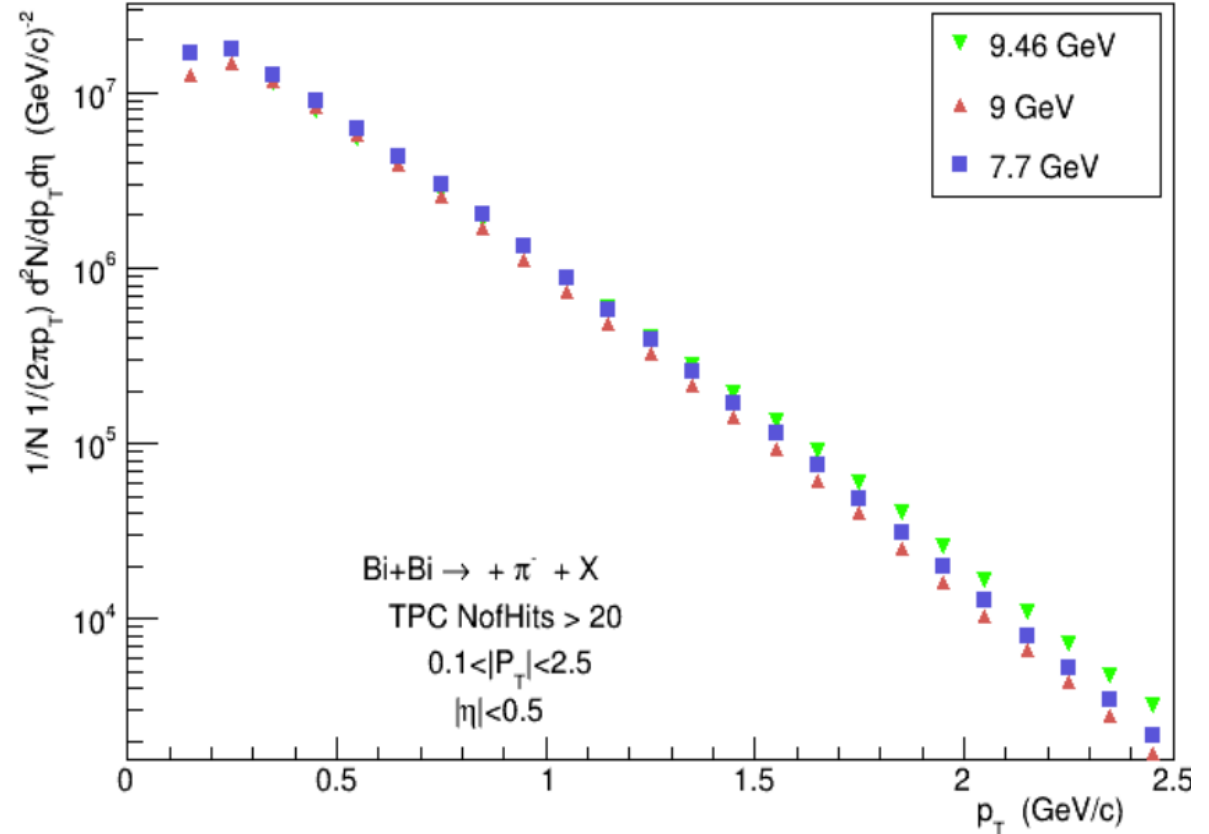


После наложения условий

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для пионов

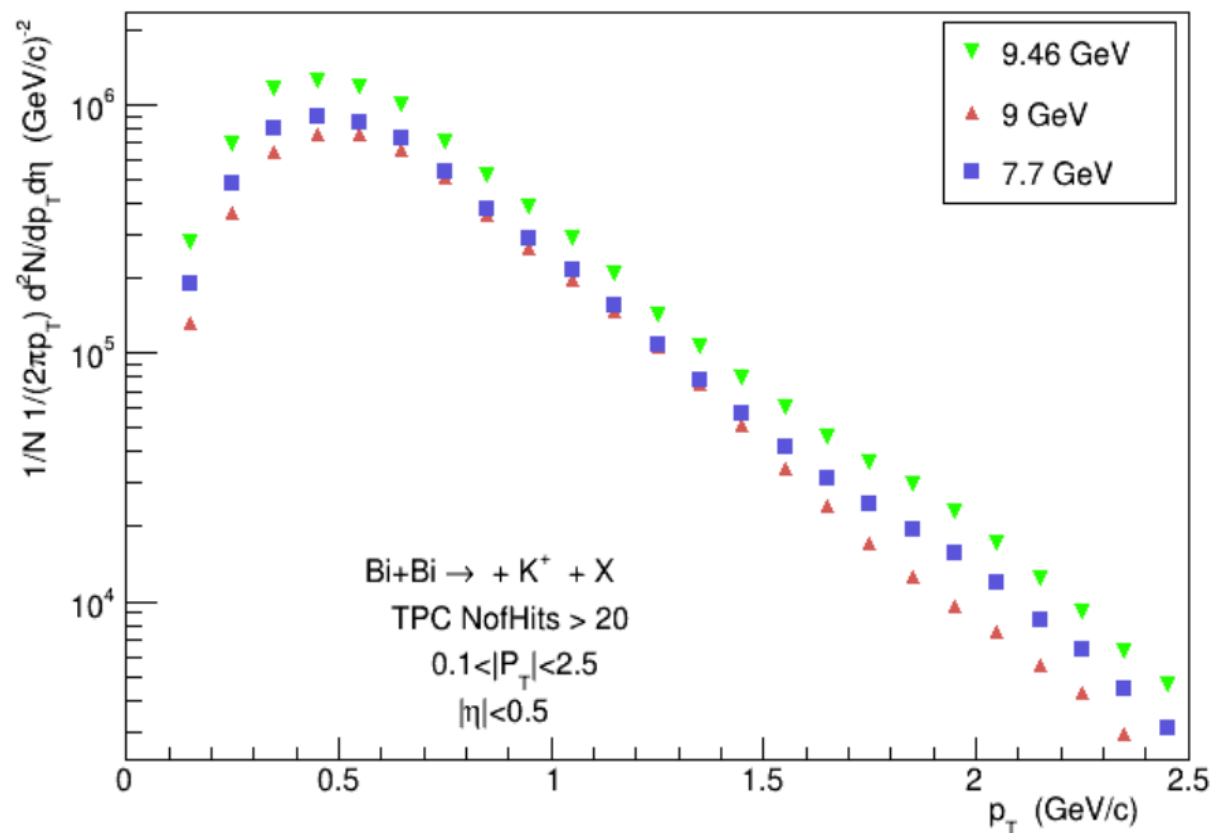


Положительные пионы

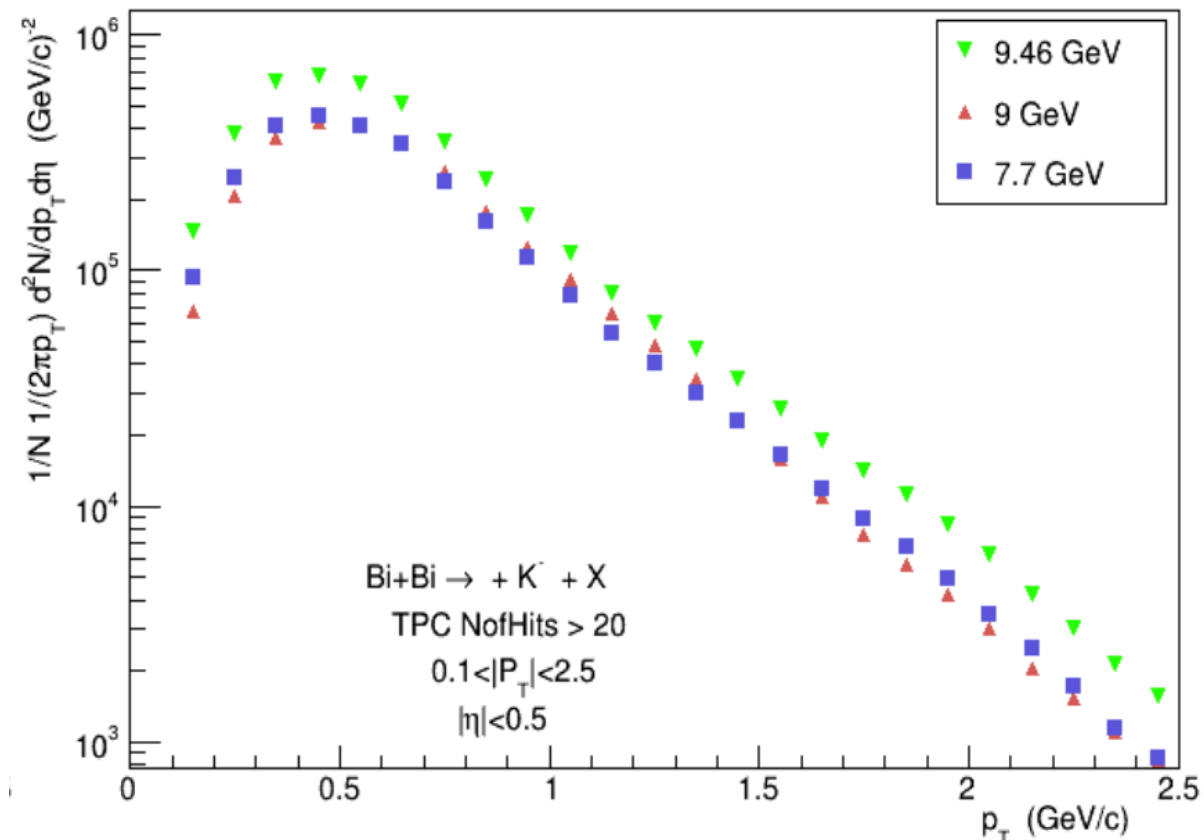


Отрицательные пионы

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для каонов

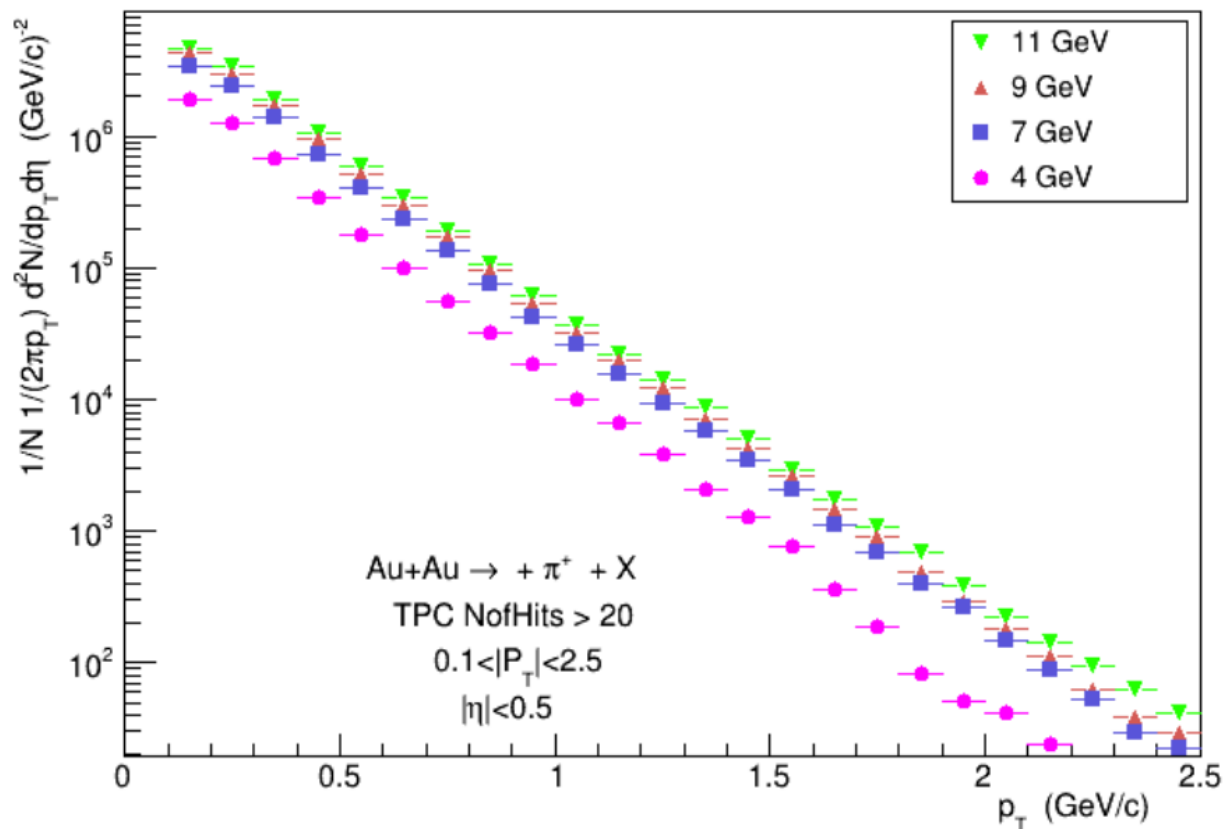


Положительные каоны

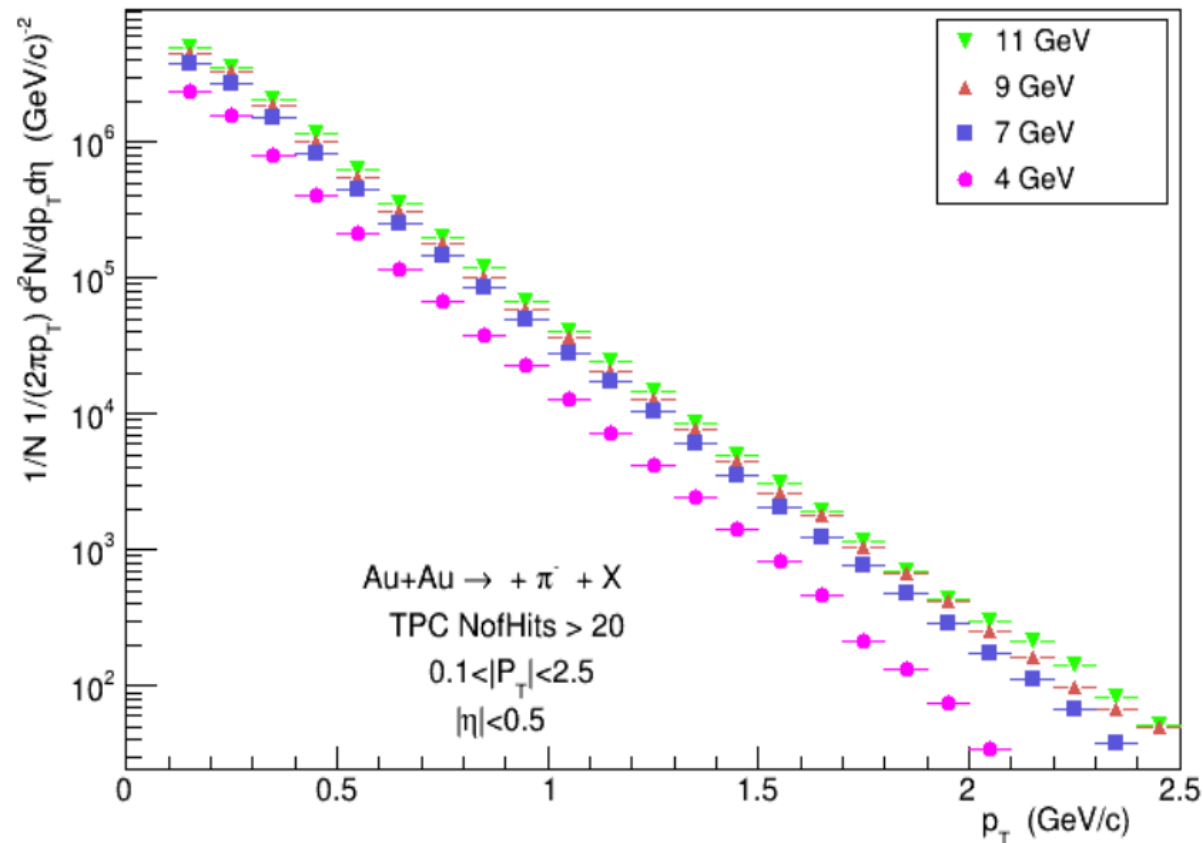


Отрицательные каоны

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для пионов

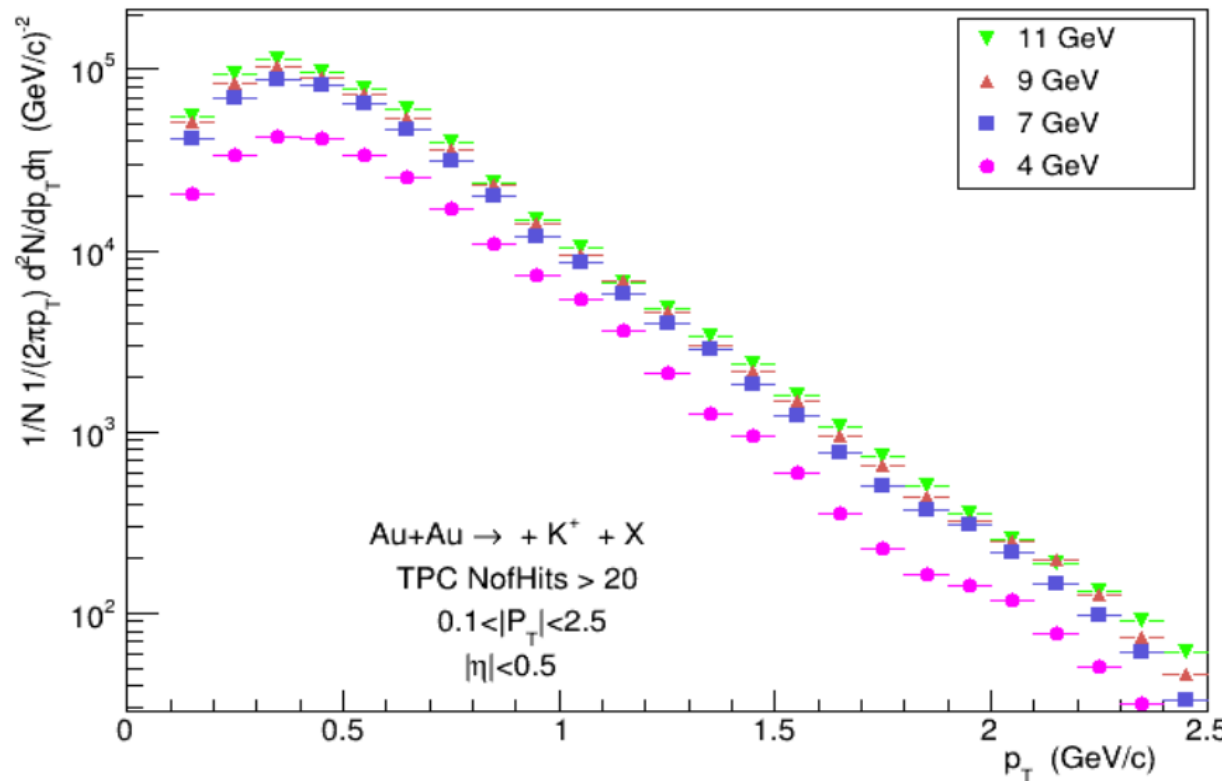


Положительные пионы

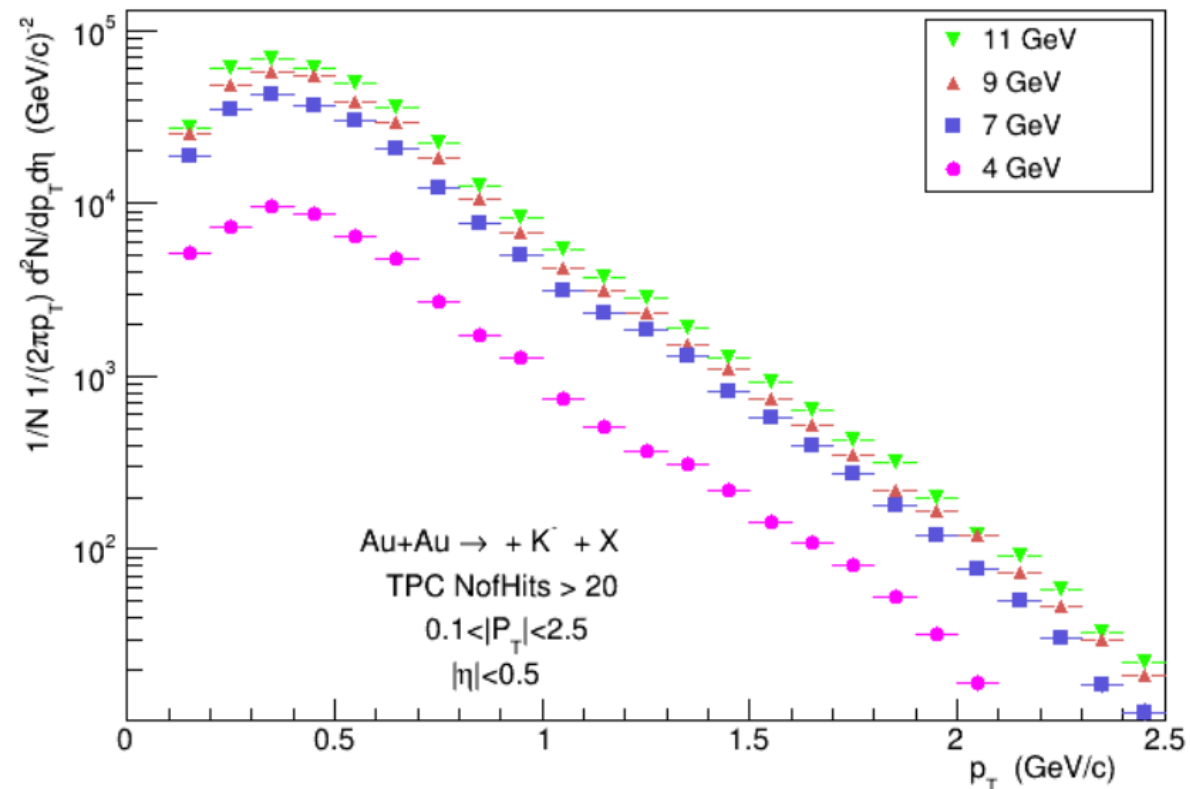


Отрицательные пионы

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для каонов

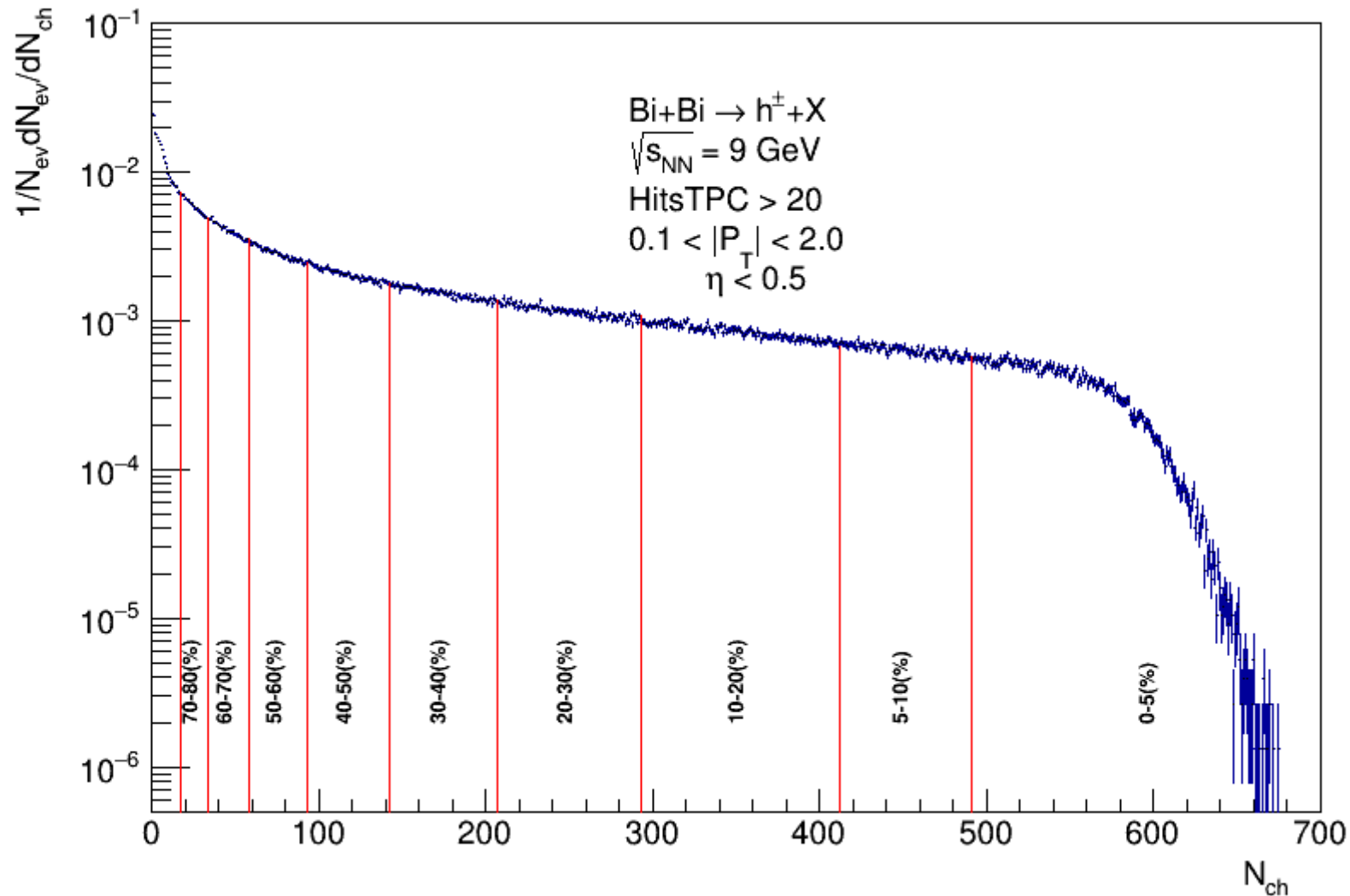


Положительные каоны



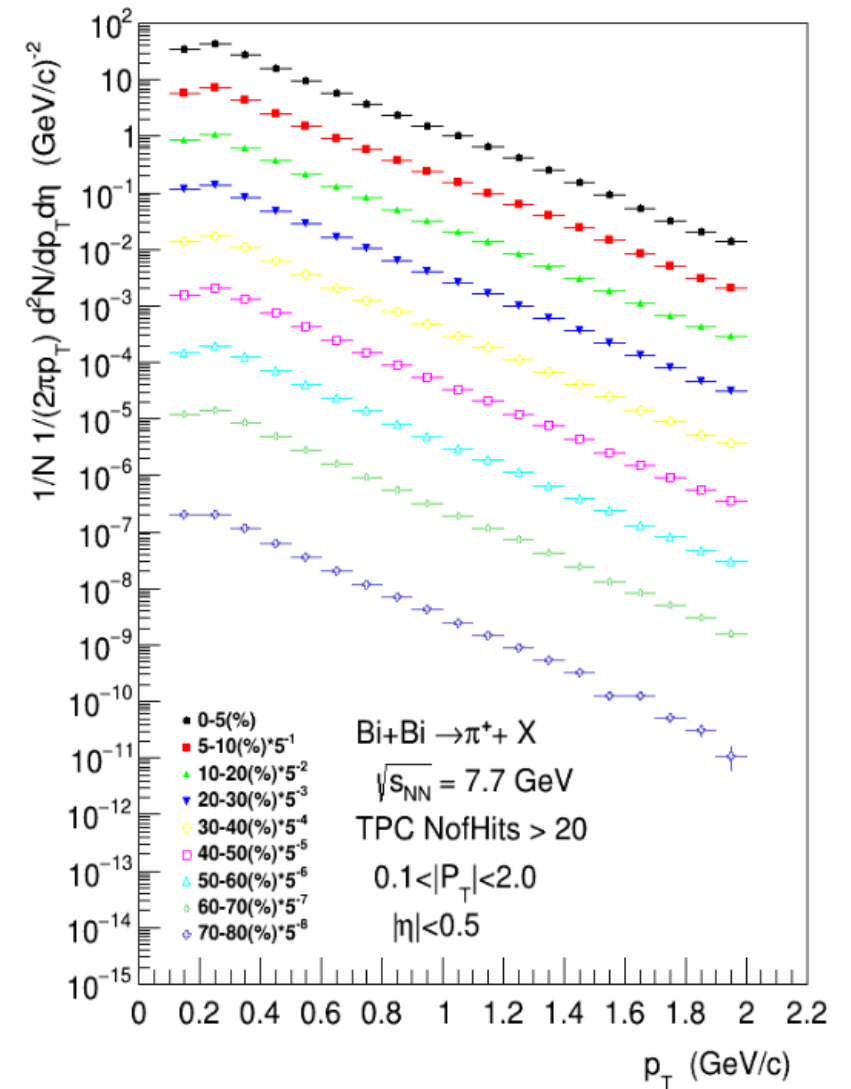
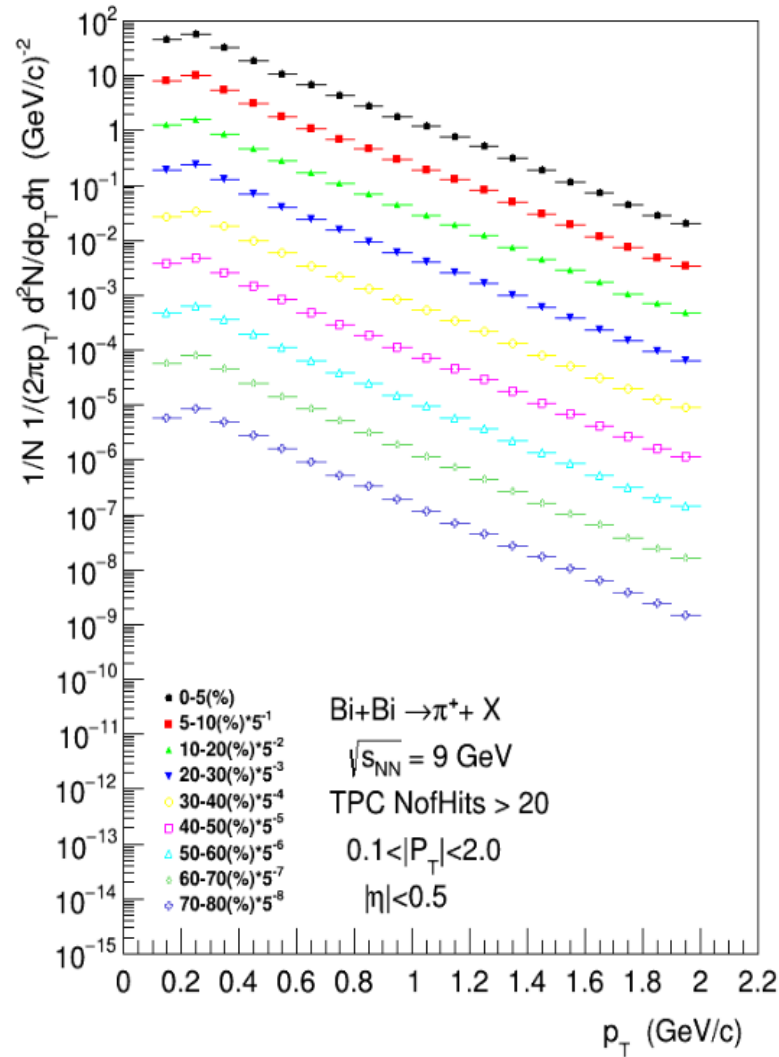
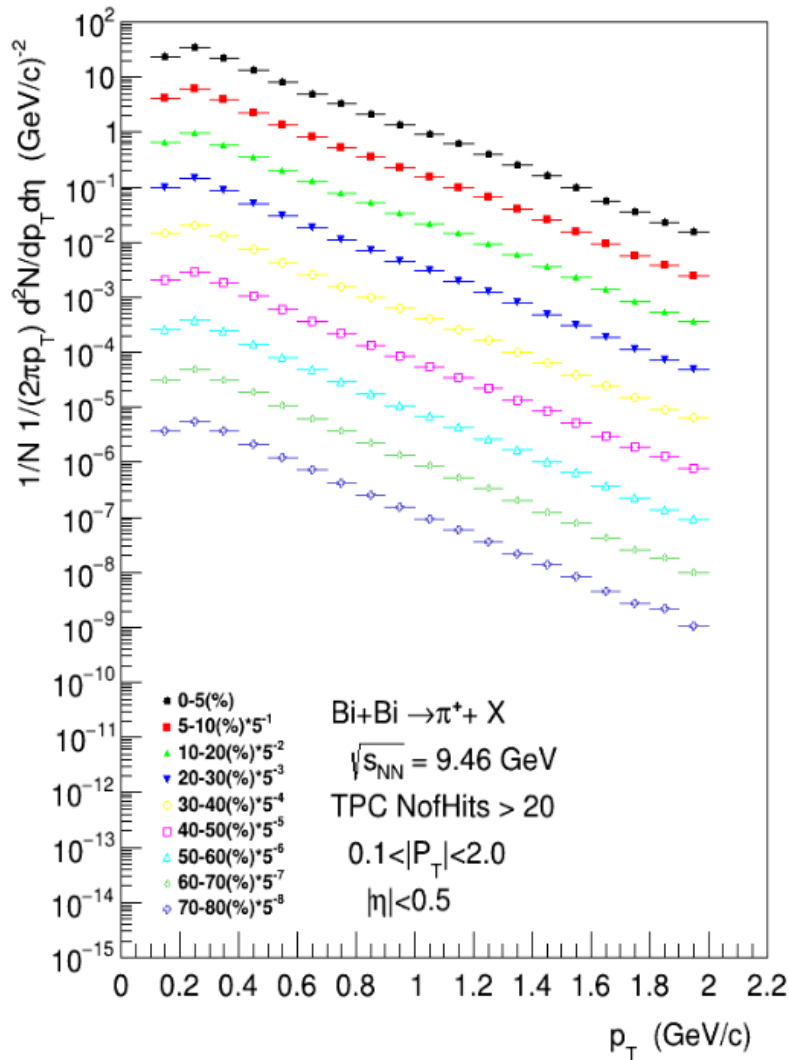
Отрицательные каоны

Множественность частиц в столкновениях

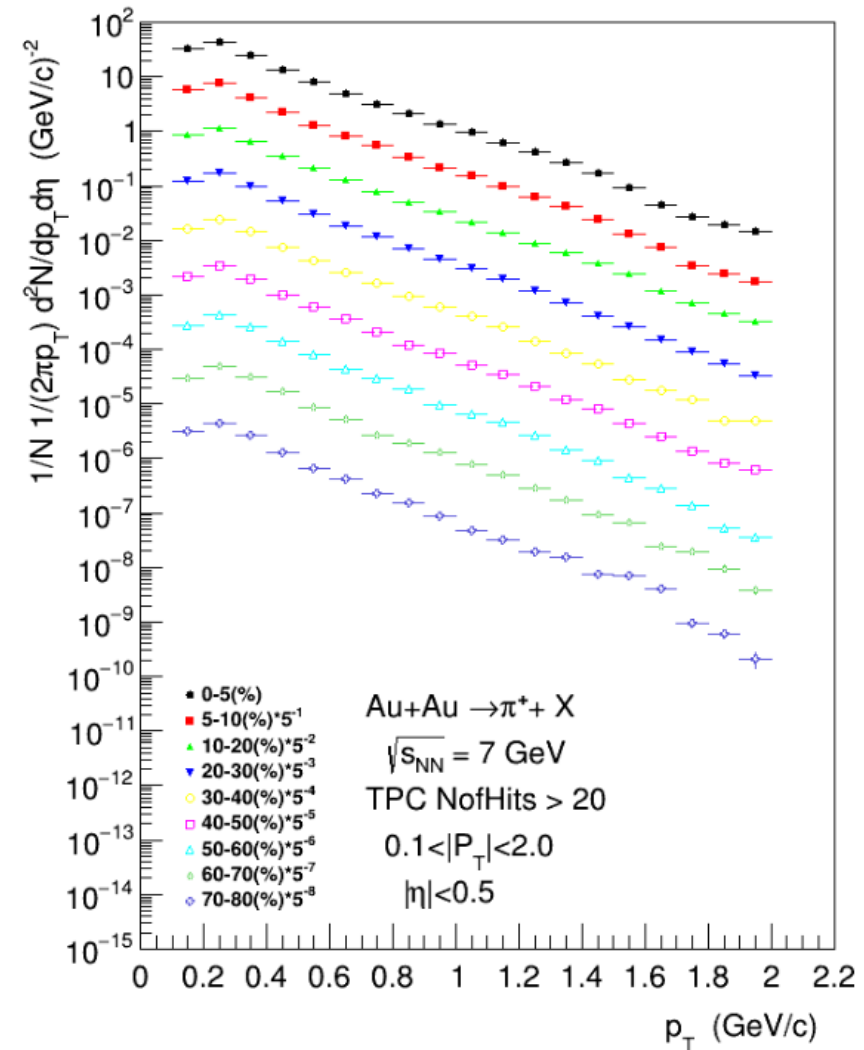
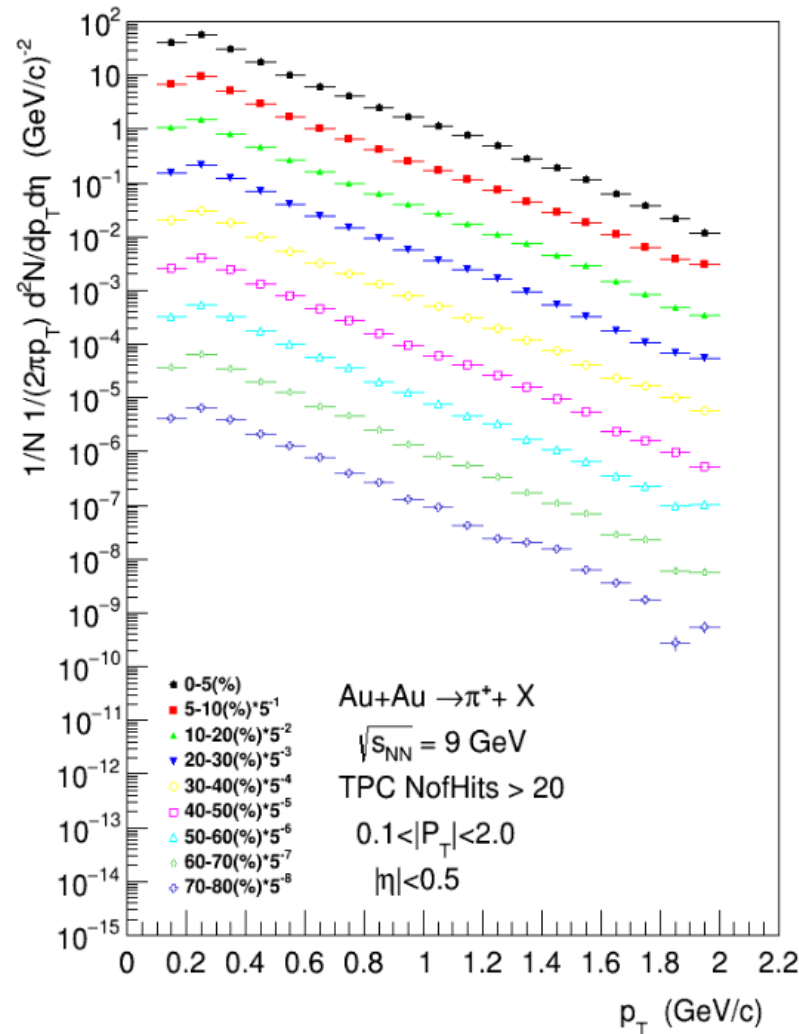
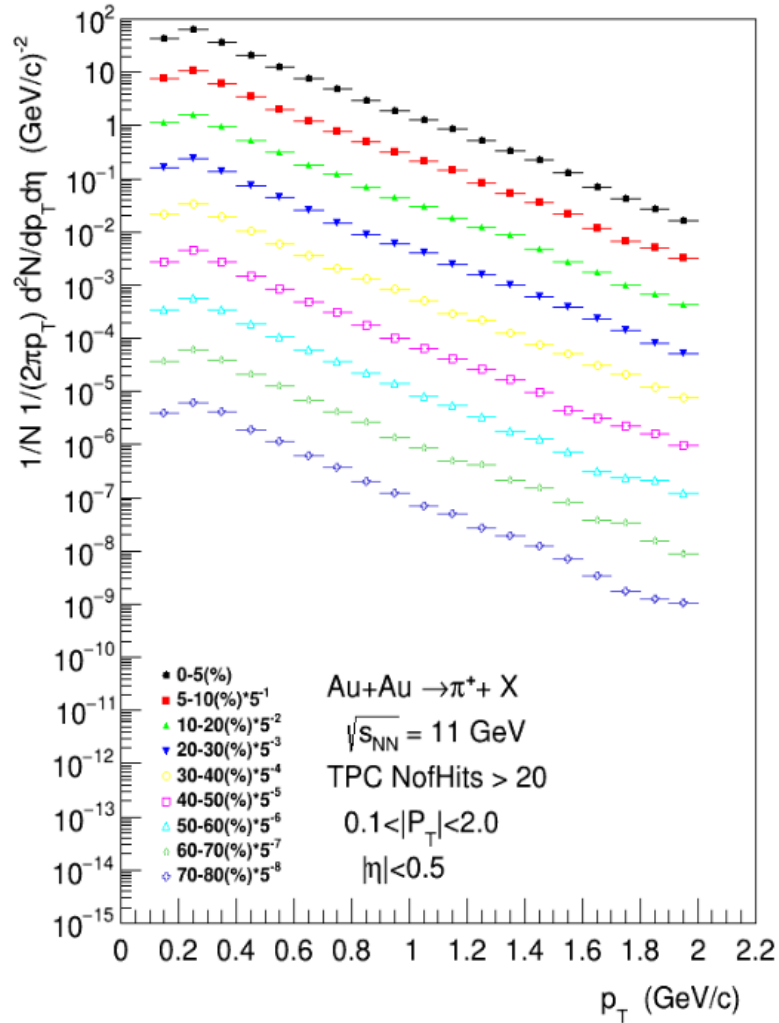


Центральность соударений, произошедших нуклонных пар, определяет область перекрытия сталкивающихся ядер и связана с прицельным параметром соударения.

Выходы π^+ для разных классов центральности



Выходы π^+ для разных классов центральности



Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для идентифицированных адронов

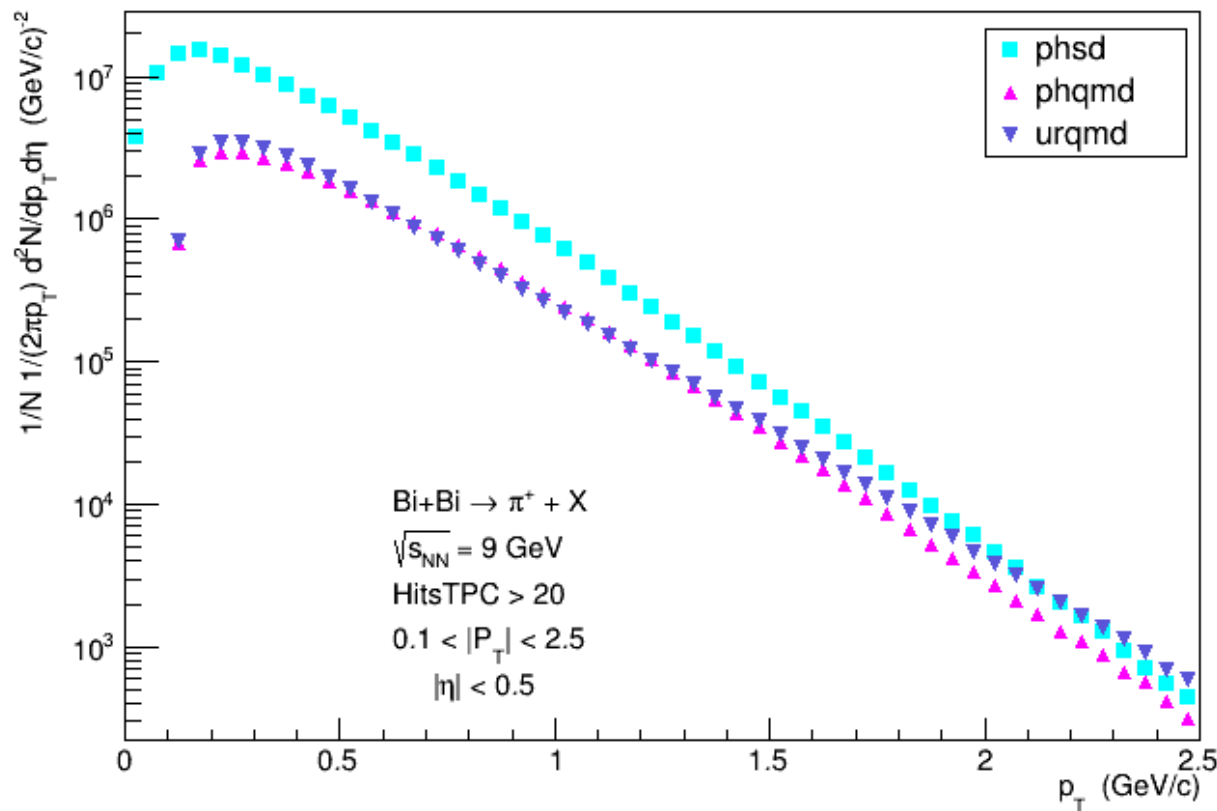
Столкновения ионов висмута Bi-Bi при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 9$ ГэВ.

Статистические данные были получены с использованием генератора Монте-Карло для трех моделей (PHSD, PHQMD и UrQMD), которые были собраны с использованием генератора Монте-Карло для детектора MPD.

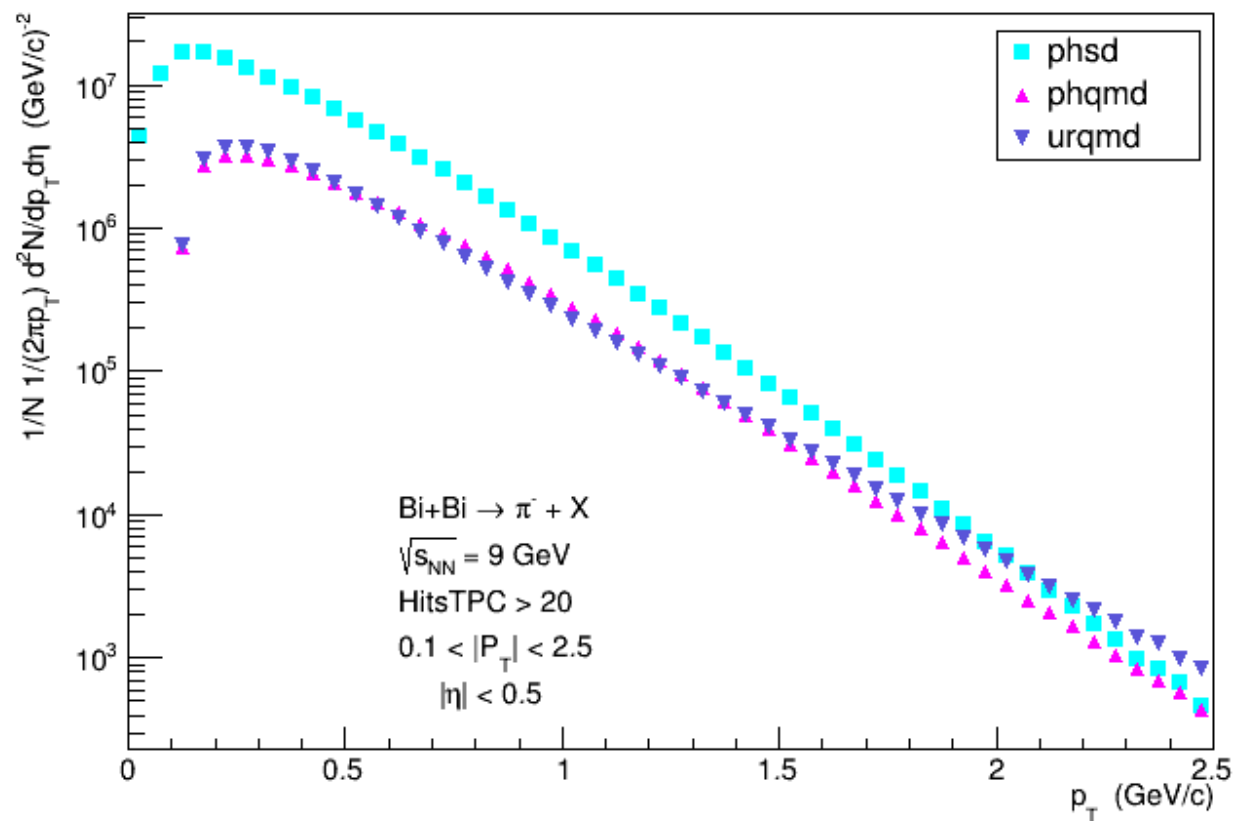
Условия накладываемые на спектры:

- TPC NofHits > 20;
- $|\eta| < 0.5$;
- $0.1 < p_T < 2.5$ ГэВ;

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для пионов

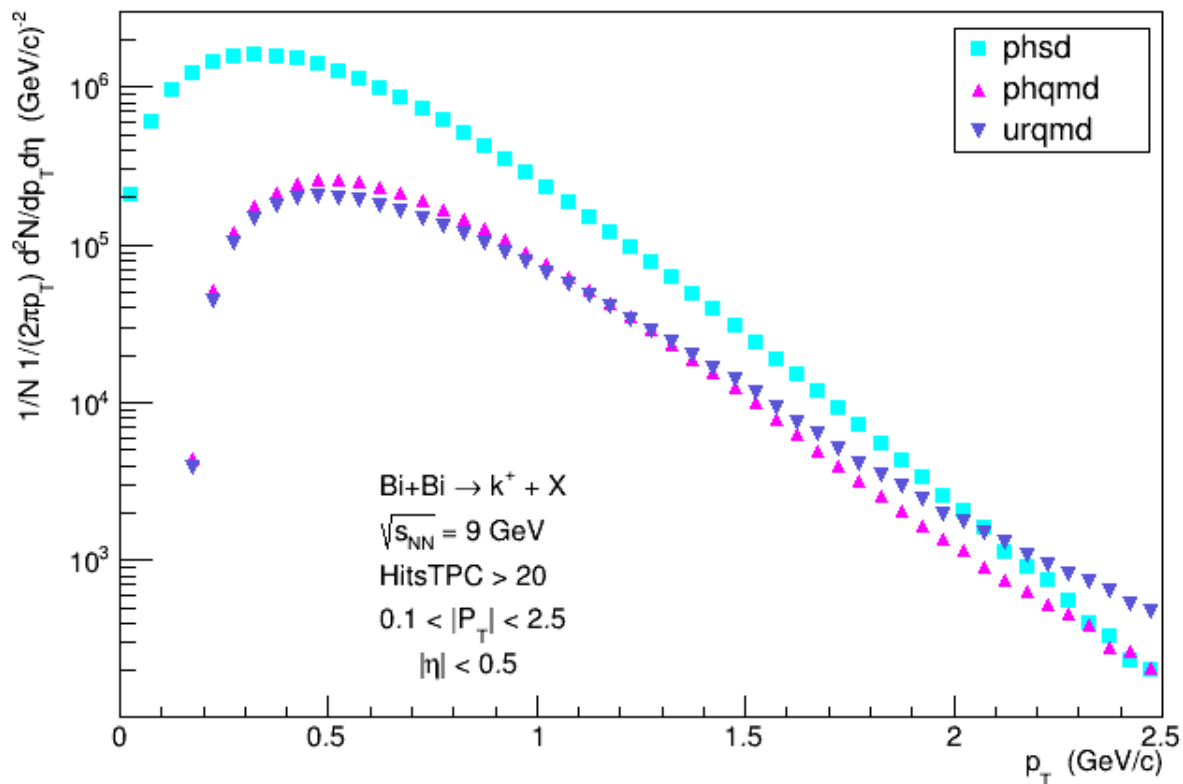


Положительные пионы

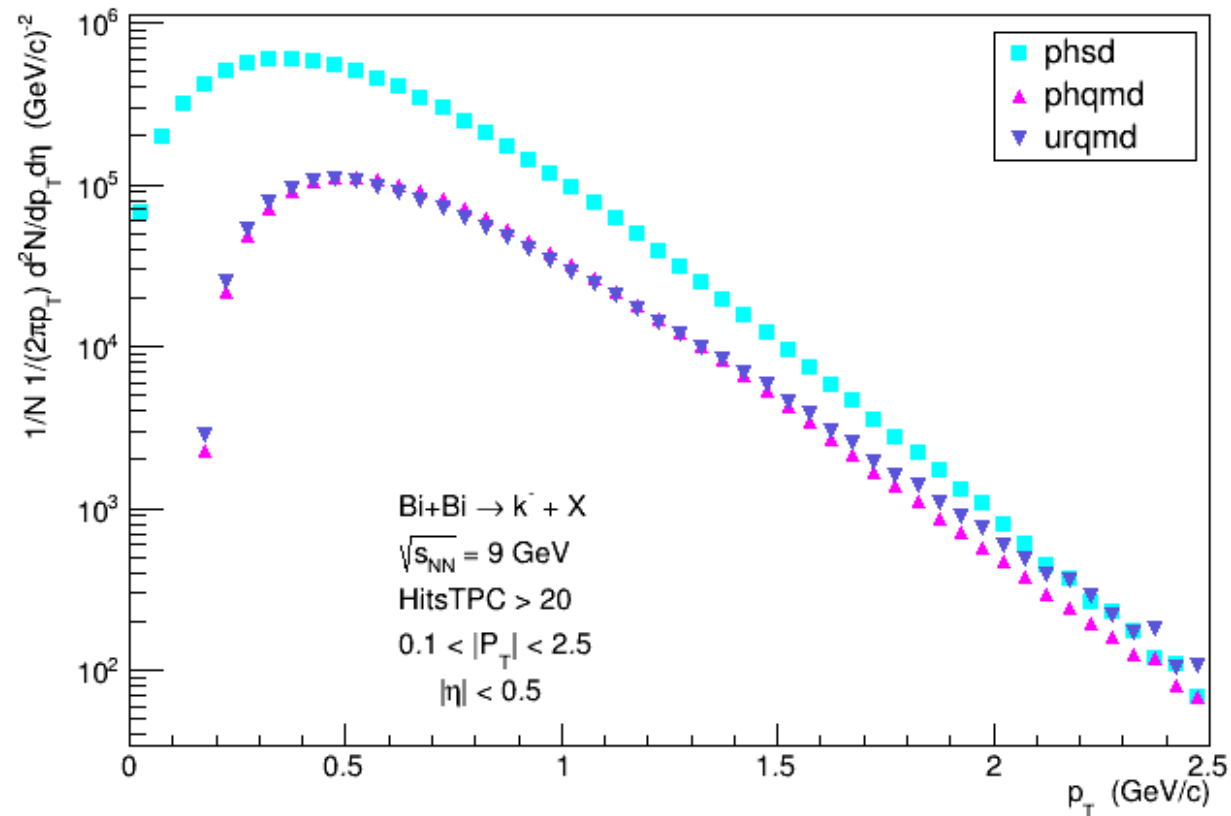


Отрицательные пионы

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для каонов

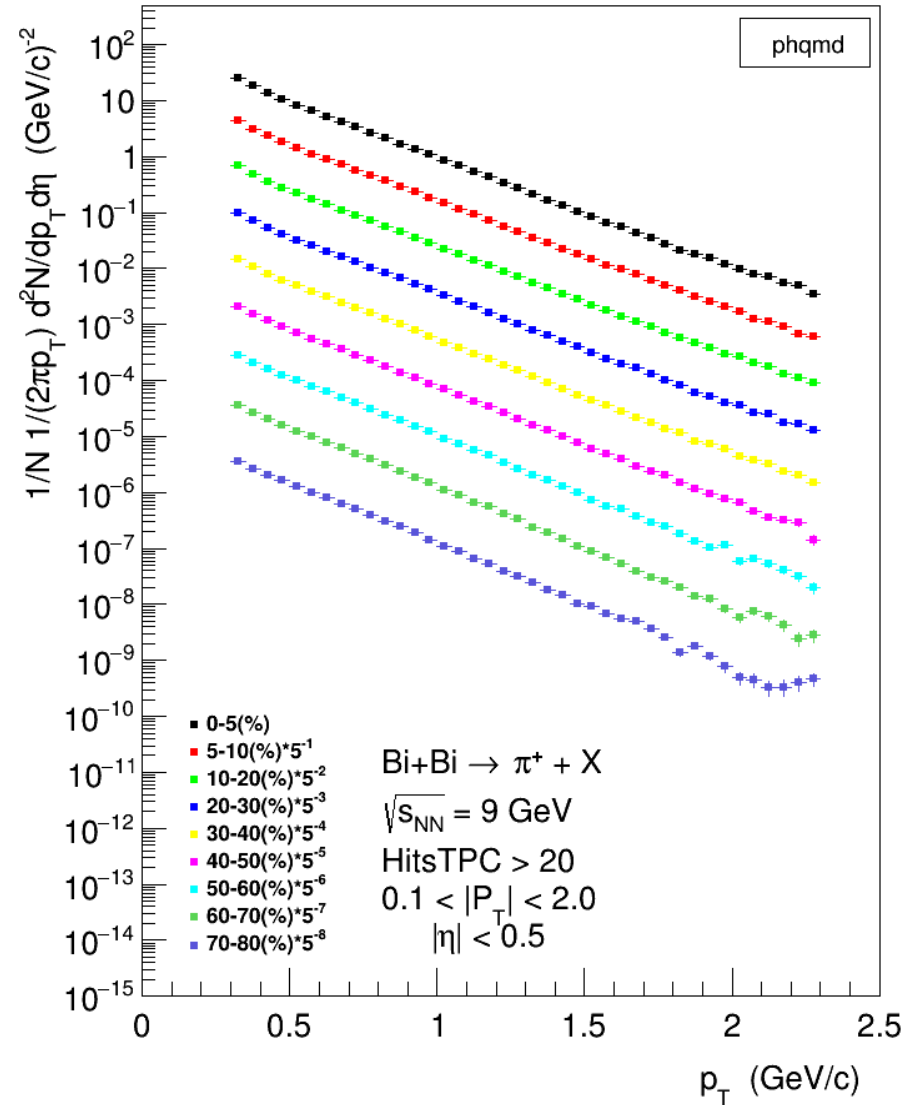
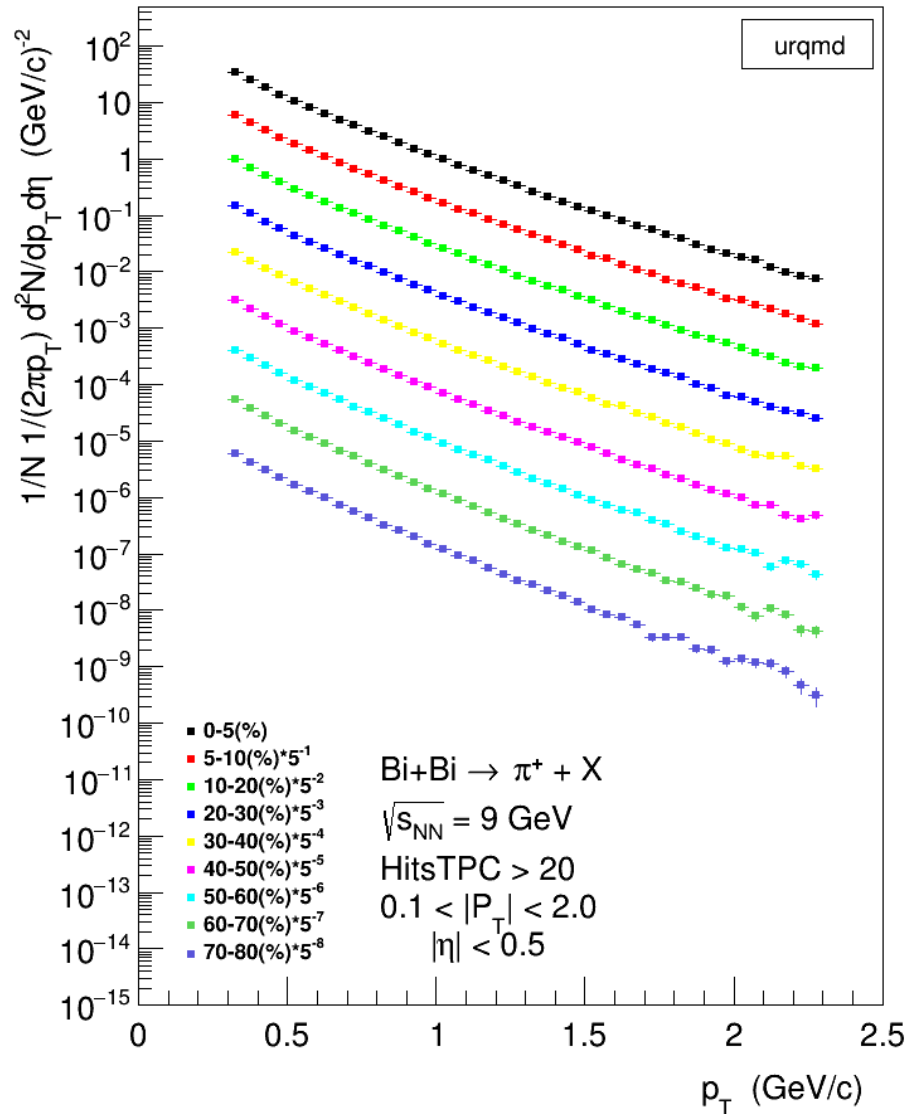


Положительные каоны

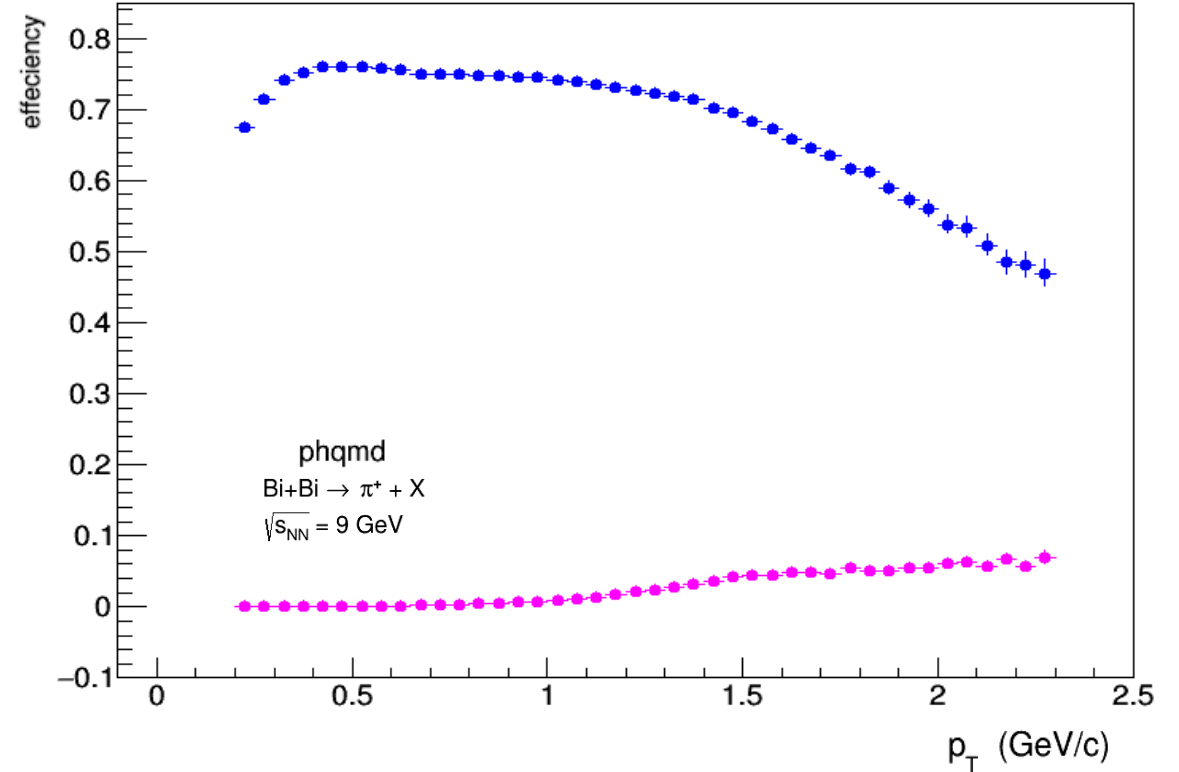
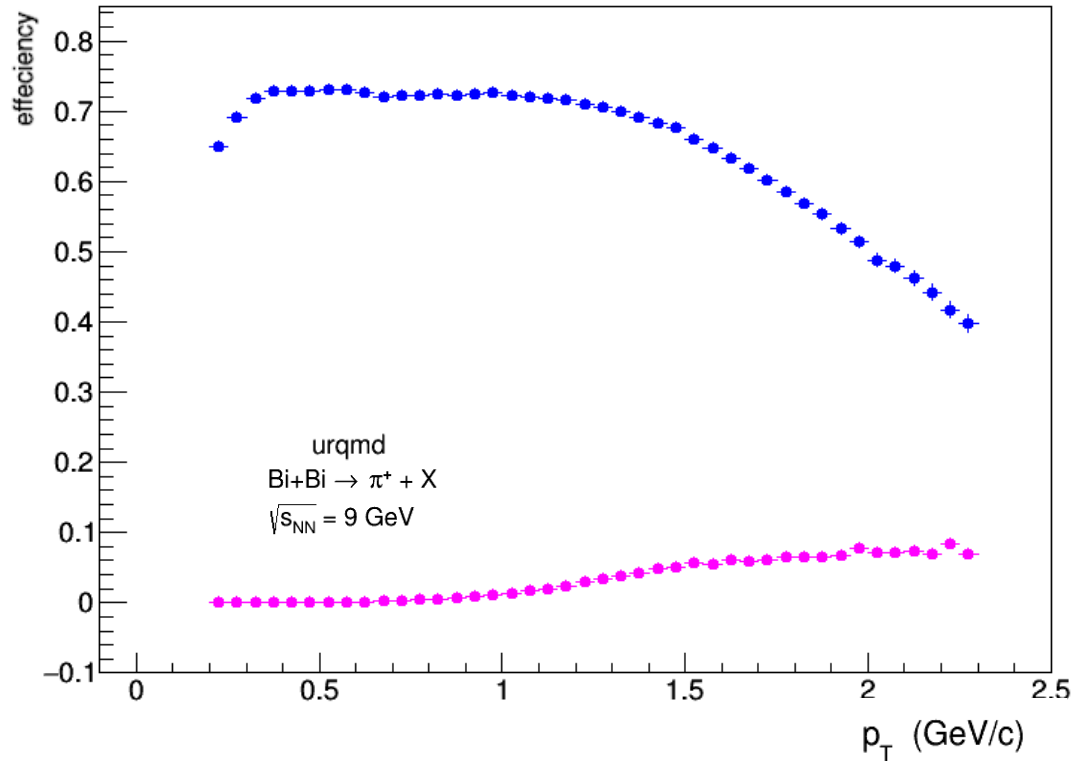


Отрицательные каоны

Выходы π^+ для разных классов центральности

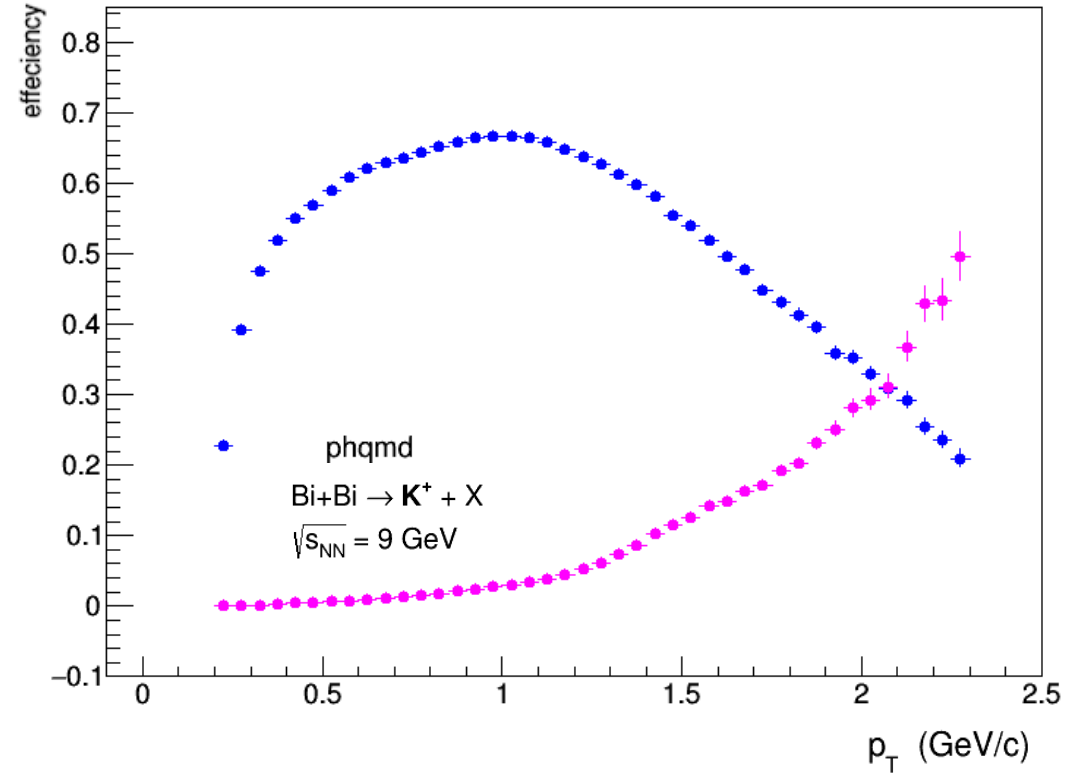
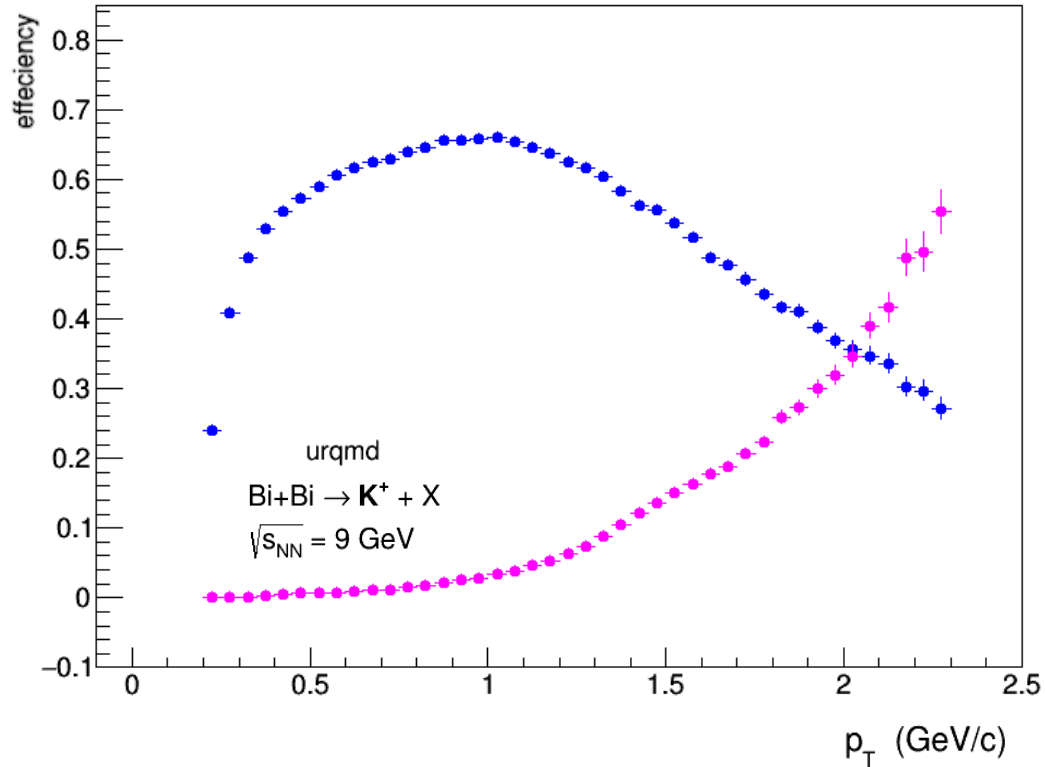


Эффективность идентификации пионов



Эффективность идентификации пионов комбинированным методом TPC+TOF при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 9$ ГэВ. Синими точками показана общая эффективность идентификации, фиолетовыми – отношение неправильно определенных частиц ко всем определенным.

Эффективность идентификации каонов



Эффективность идентификации каонов комбинированным методом TPC+TOF при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 9$ ГэВ. Синими точками показана общая эффективность идентификации, фиолетовыми - отношение неправильно определенных частиц ко всем определенным.

Выводы

- Проанализированы Монте-Карло данные столкновения тяжелых ионов Вi-Вi в диапазоне энергий центра масс $\sqrt{s_{NN}} = 7.7, 9$ и 9.46 ГэВ и Au-Au в диапазоне энергий центра масс $\sqrt{s_{NN}} = 4, 7, 9$ и 11 ГэВ .
- Построены дифференциальные выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для идентифицированных частиц (каонов, пионов и протонов) для различных энергий столкновения для ионов золота и висмута для изучения энергетической зависимости выходов частиц и для сравнения модельных предсказаний выходов при одинаковой энергии для моделей: PHSD, PHQMD и UrQMD.
- Получены зависимости дифференциальных выходов идентифицированных (пионов, каонов, протонов) адронов от поперечного импульса для 9 классов центральности.
- Подсчитана эффективность идентификации заряженных частиц в детекторе MPD для метода комбинированной идентификации TPC+TOF.

Заключение

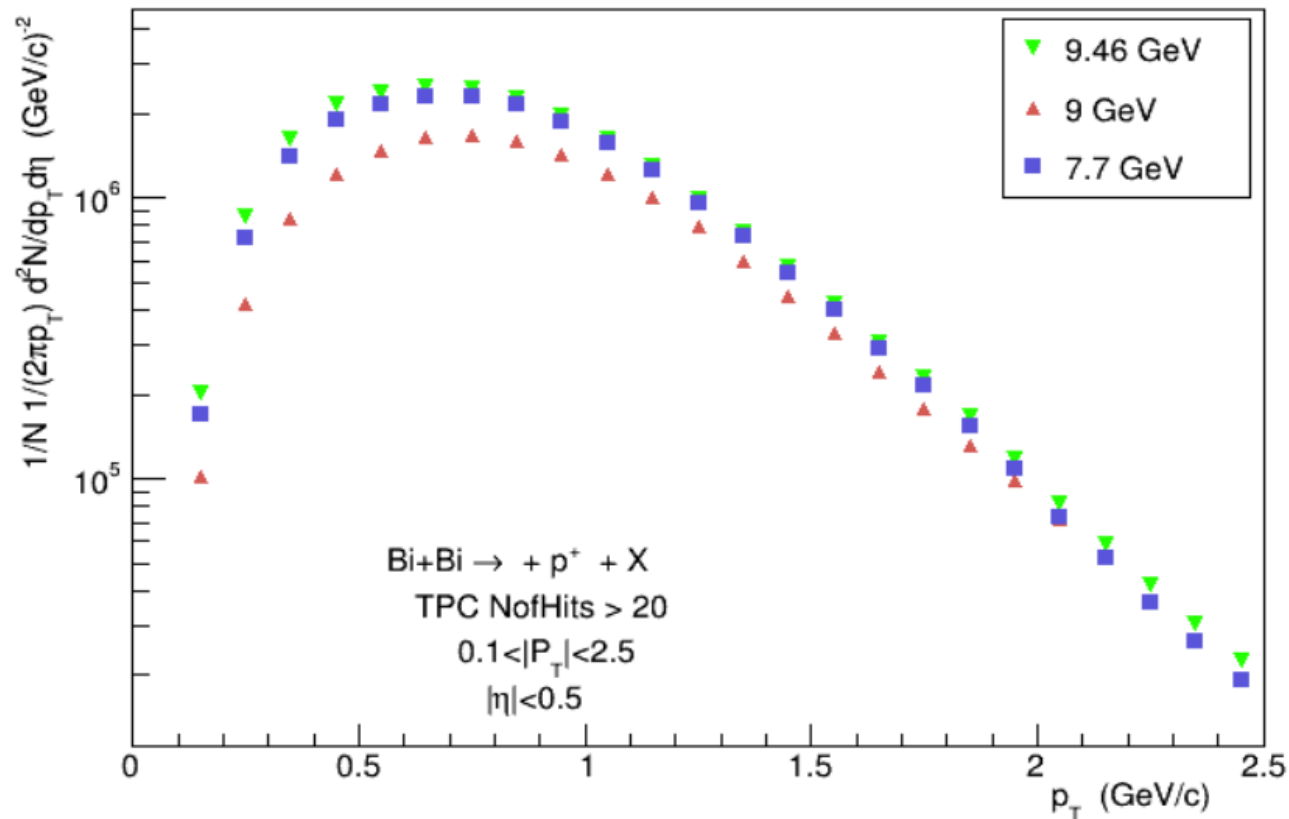
- Работа по исследованию энергетической зависимости рождения легких частиц и частиц со странностью служит подготовкой к началу набора данных эксперимента MPD на коллайдере NICA. Необходимо изучить характеристики процессов, происходящих при столкновении тяжелых ионов в выбранной области энергий и оценить чувствительность выбранной сигнатуры фазового перехода. Усиление выхода странных частиц по отношению к не странным служит одним из указаний на фазовый переход КХД. Далее будет продолжаться сравнение Монте-Карло моделирования с опубликованными результатами других экспериментов, что позволит провести подготовку к анализу экспериментальных данных детектора MPD.
- В дальнейший планы работ входит: определение быстрой зависимости выходов идентифицированных частиц, определение оптимальных экспериментальных ограничений на отбор зарегистрированных событий, сравнение результатов по энергетической зависимости отношения странных частиц к не странным в разных Монте-Карло моделях среди мезонов и барионов, определение зависимости рождения частиц от центральности столкновения и энергии.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА» ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ КАФЕДРА
ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

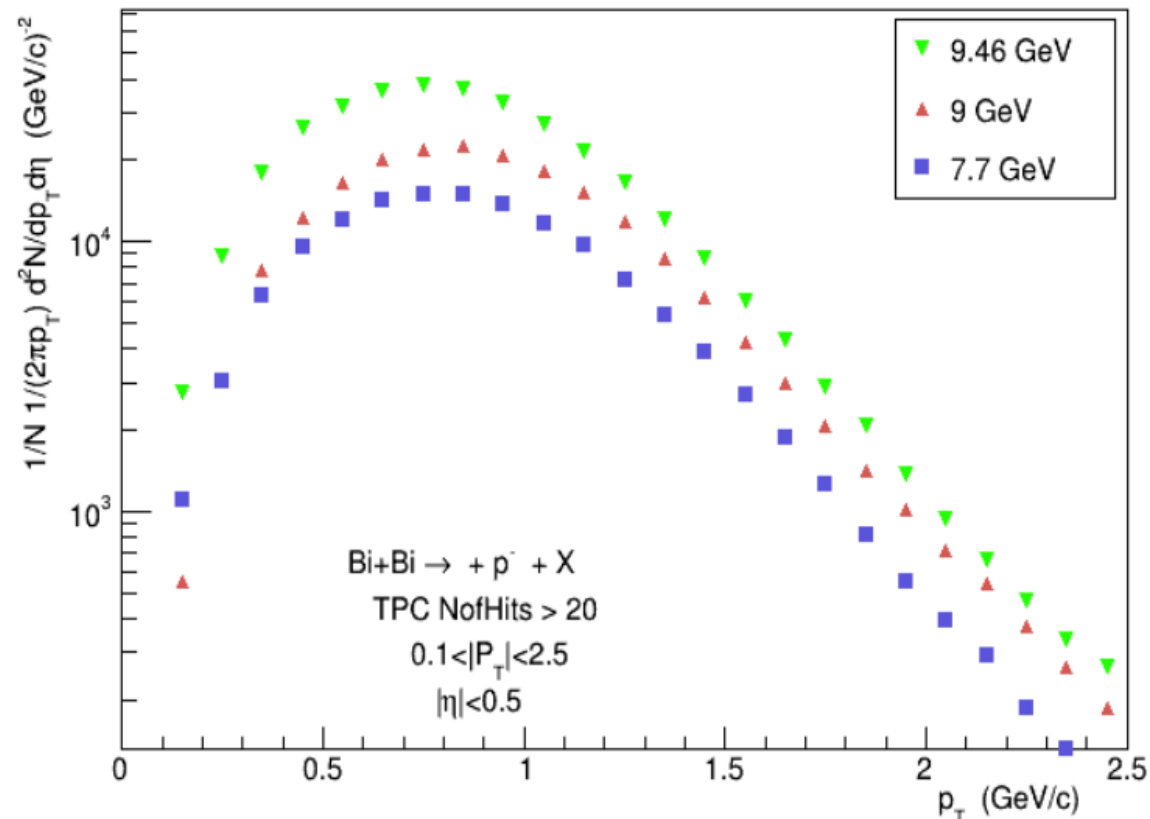
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Выполнила студентка: Первышина Елена Андреевна
Научный руководитель: Теряев Олег Валерианович
Научный консультант: Апарин Алексей Андреевич

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для протонов

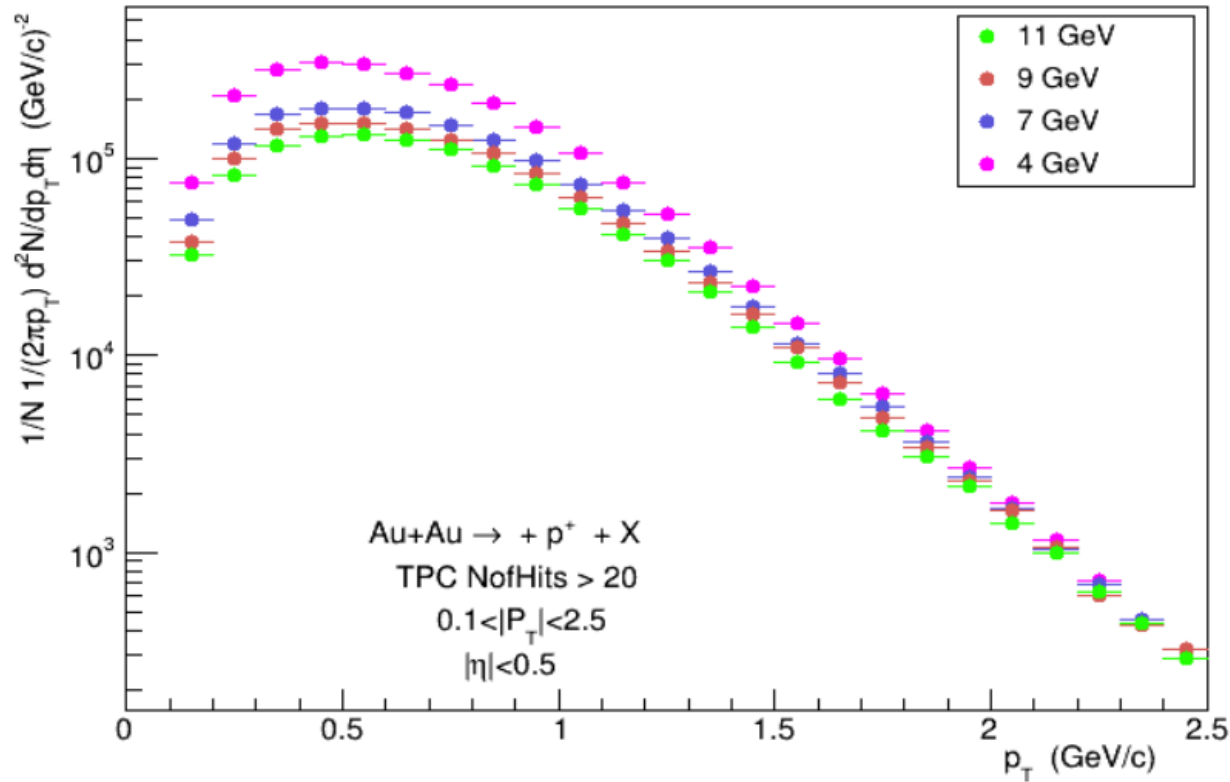


Положительные протоны

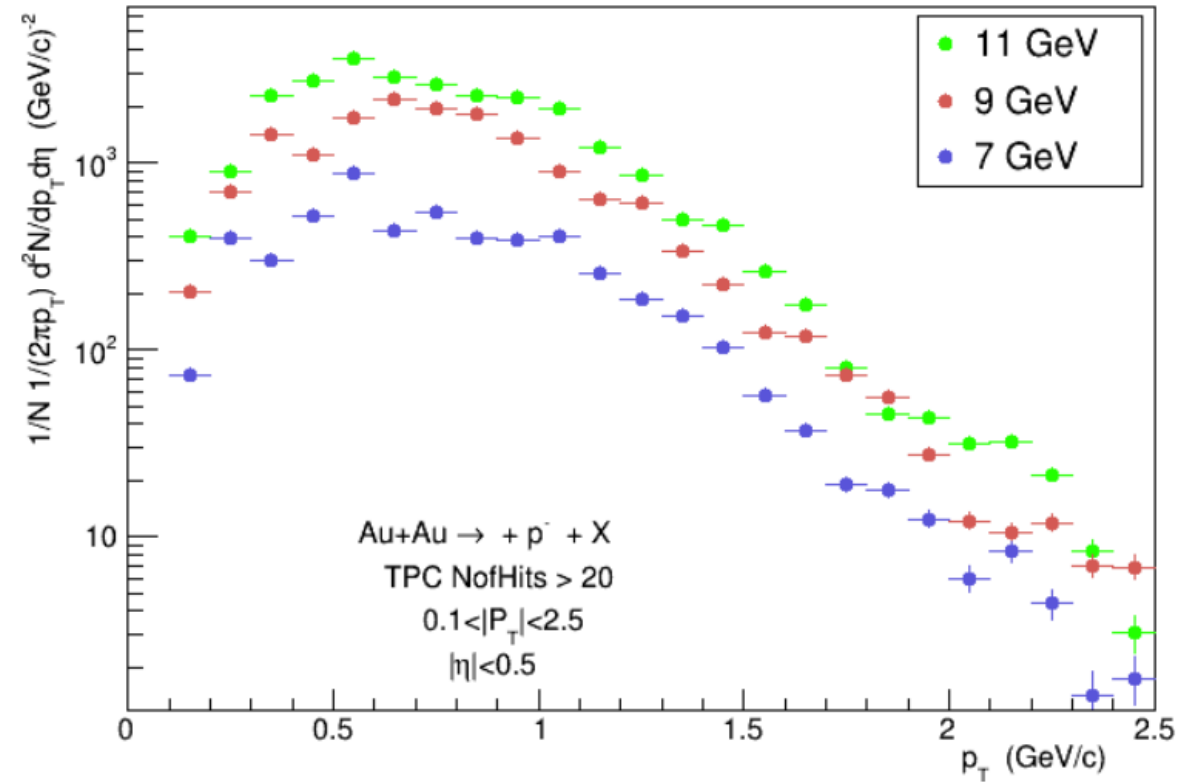


Антипротоны

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для протонов

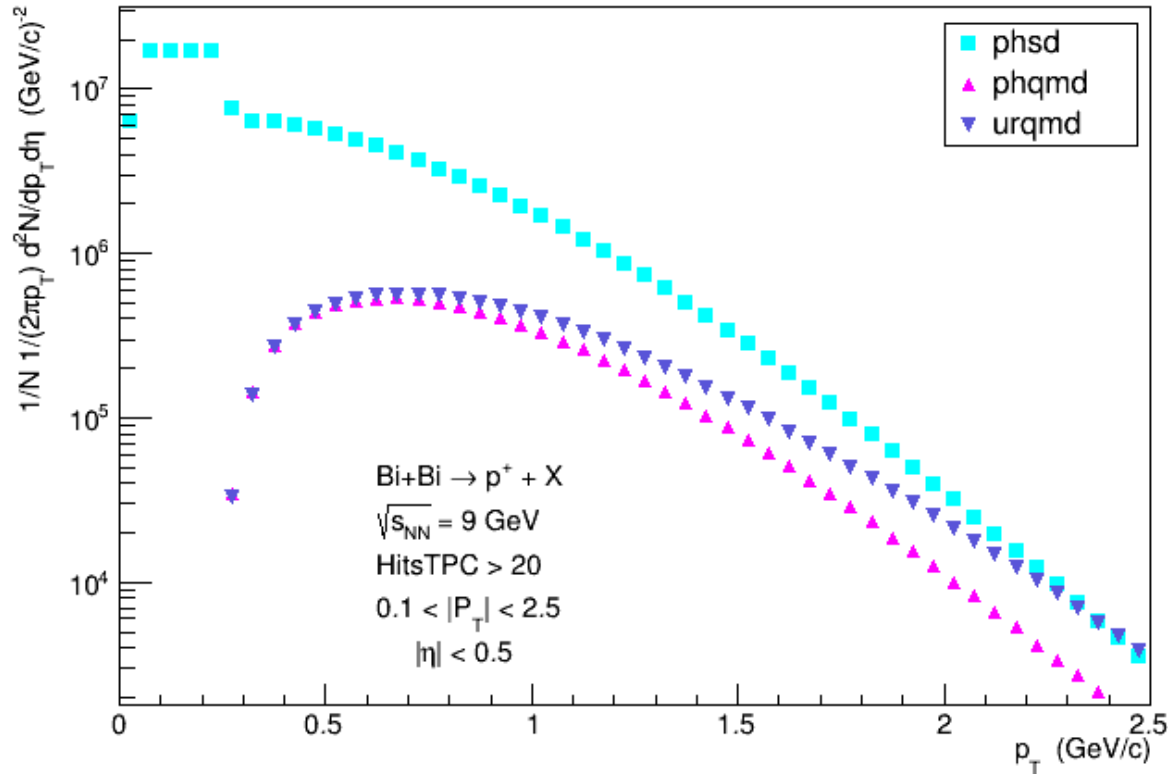


Положительные протоны

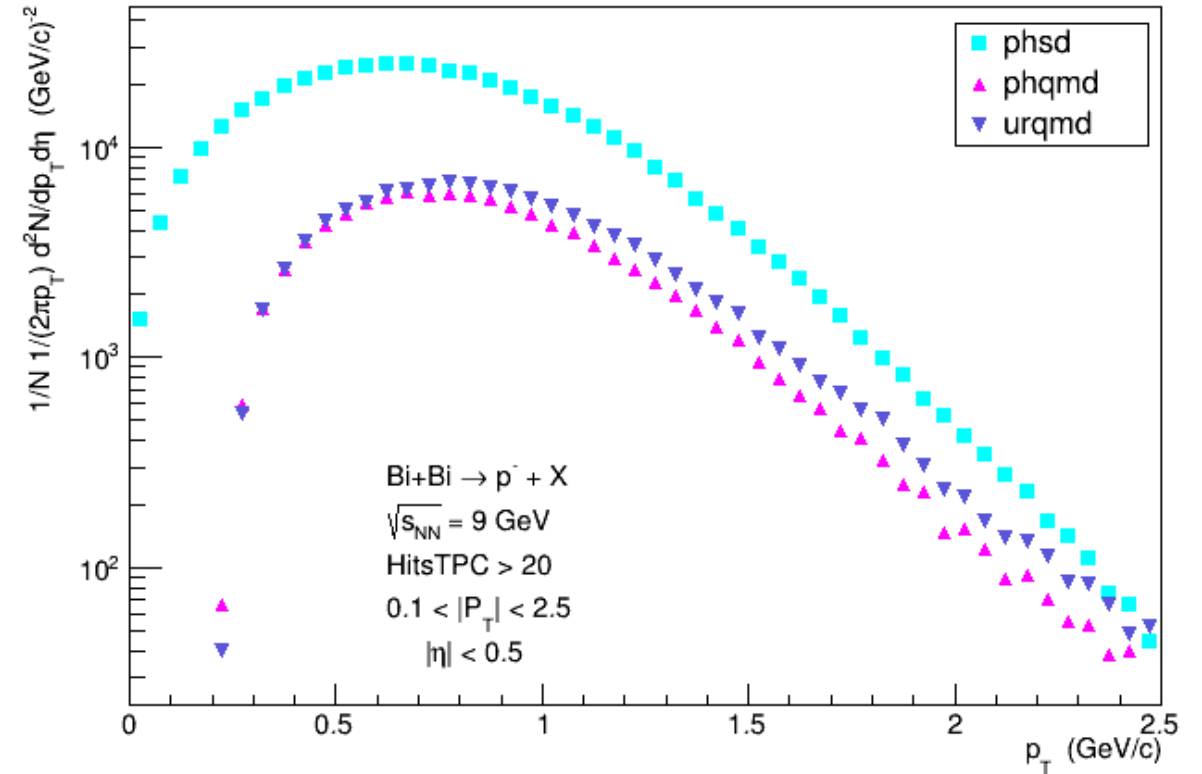


Антипротоны

Выходы частиц в зависимости от поперечного импульса для протонов



Положительные протоны



Антипротоны