

Изучение рождения отрицательно заряженных пионов в аргон-ядерных взаимодействиях в эксперименте BM@N

Хухаева Анастасия Юрьевна

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Научный руководитель: к.ф.- м.н. Леонтьев Владимир Викторович

Научный консультант: д.ф.- м.н. Завертяев Михаил Васильевич

26 мая 2023 г.

- Поиск параметров уравнения состояния (EoS) ядерной материи при высоких температурах и плотностях барионов.
- Изучение модификации свойств адронов в ядерной среде.
- Процесс рождения (мульти)-странных гиперонов около порога и поиск гиперядер.



Рис. 1: Проект NICA, ОИЯИ и эксперимент BM@N

Цель работы

Изучение рождения π^- в аргон-ядерных взаимодействиях в эксперименте BM@N.

Задачи

- 1 Изучить методы работы с экспериментальными данными, полученными в детекторе TOF-400 и системе Si/GEM.
- 2 Выполнить процедуру выравнивания координат 11-18 плоскостей детектора TOF-400 без магнитного поля.
- 3 Реализовать процедуру коррекции координат хитов 11-18 плоскостей детектора TOF-400 с учетом магнитного поля и импульса частиц.
- 4 Оценить эффективность 11-18 плоскостей детектора TOF-400.

Установка эксперимента BM@N

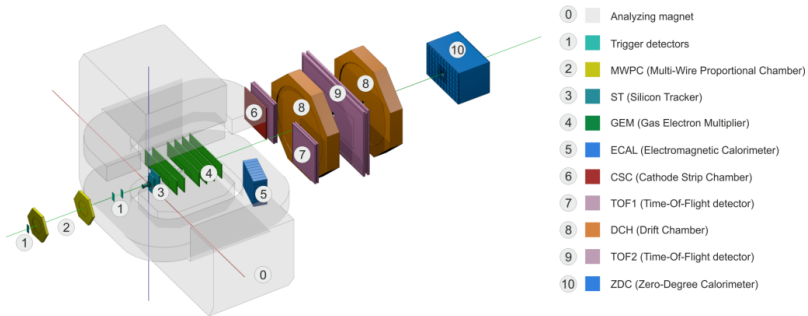


Рис. 2: Схема установки эксперимента BM@N.

Времяпролетный детектор TOF-400

- Пусть частица движется со скоростью v и преодолевает расстояние L за время t , тогда

$$L = vt; E = \frac{pc}{\beta}$$

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$$

$$t = \frac{L}{\beta c} = \frac{LE}{pc^2}$$

$$t = \frac{L\sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}}{pc^2}$$

$$m^2 = \frac{p^2}{c^2} \left(\frac{t^2 c^2}{L^2} - 1 \right)$$

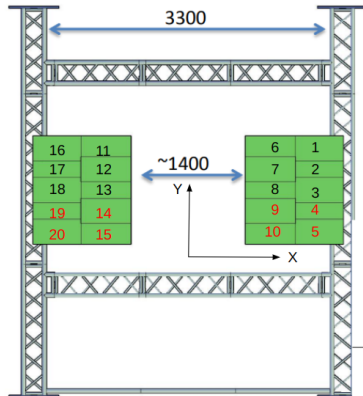


Рис. 3: Схема детектора ТоF-400. Зеленые плоскости — активные области mRPC. Цифрами указаны номера плоскостей.

Детектор mRPC (Multigap Resistive Plate Chamber)

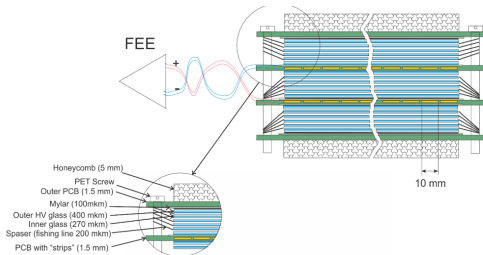


Рис. 4: Схема mRPC для детектора ToF-400 и реальное изображение mRPC.

Анализ экспериментальных данных

- D_x - разница между экстраполированным треком X из системы Si/Gem в плоскости 11-18 TOF-400 и координатой X хита соответствующей плоскости ($D_x = X_{ext} - X_{hit}$)
- D_y - разница между экстраполированным треком Y из системы Si/Gem в плоскости 11-18 TOF-400 и координатой Y хита соответствующей плоскости ($D_y = Y_{ext} - Y_{hit}$)

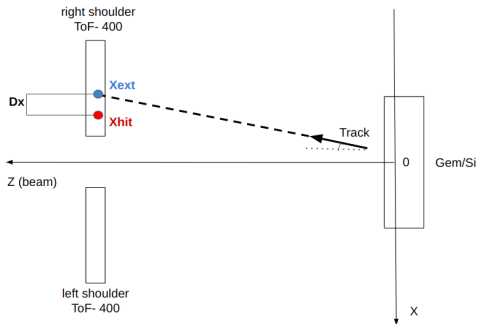
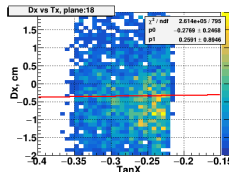
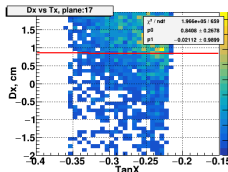
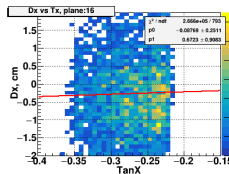
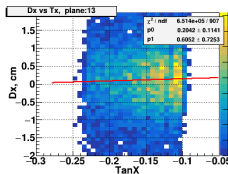
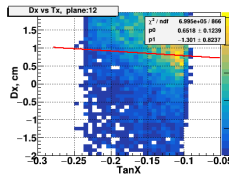
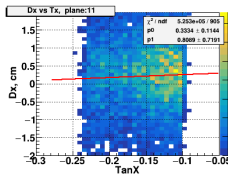


Рис. 5: Схема невязки D_x хита детектора TOF-400 относительно трека GEM/Si

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 без магнитного поля

- Гистограмма невязок хитов TOF-400 относительно треков Si/GEM с координатой X в зависимости от $\text{Tan}X$ (тангенса наклона трека) до применения процедуры выравнивания
- Выполняется фитирование прямой линией $p_0 \cdot x + p_1 = 0$. Значение параметра p_0 (наклон прямой) является корректирующим значением для смещения Dz



Выравнивание координат плоскостей TOF-400 без магнитного поля

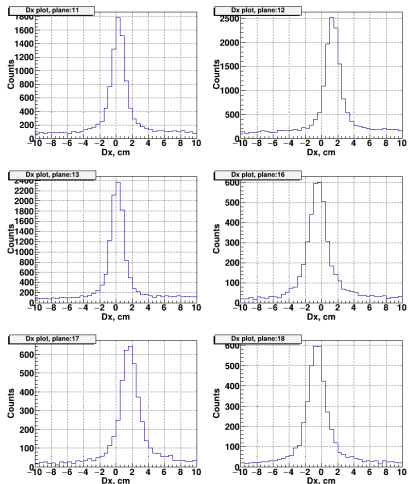


Рис. 6: Гистограмма невязок D_x до применения процедуры выравнивания

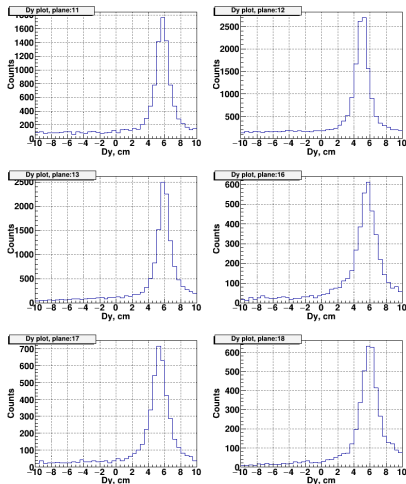


Рис. 7: Гистограмма невязок D_y до применения процедуры выравнивания

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 без магнитного поля

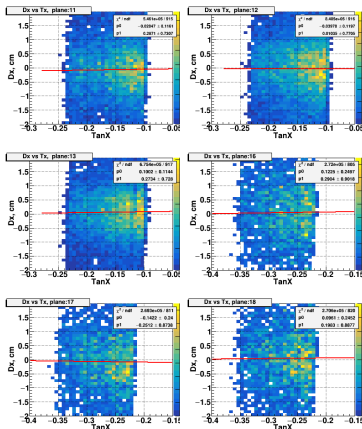


Рис. 8: Гистограмма невязок Dx в зависимости от TanX (тангенса наклона трека) после применения процедуры выравнивания

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 без магнитного поля

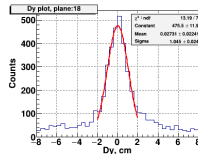
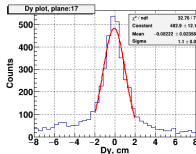
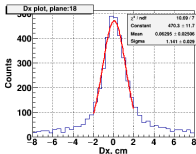
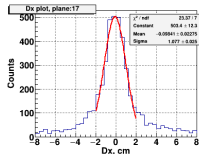
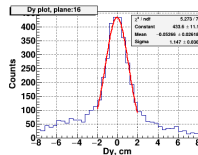
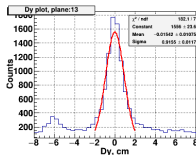
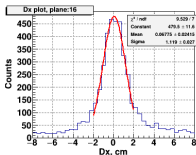
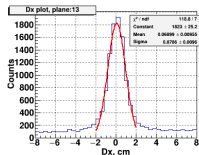
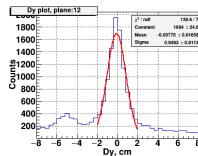
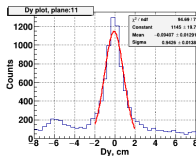
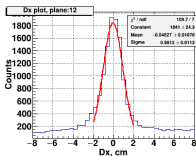
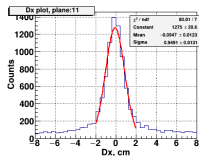


Рис. 9: Гистограмма невязок Dx после применения процедуры выравнивания

Рис. 10: Гистограмма невязок Dy после применения процедуры выравнивания

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 с учетом магнитного поля

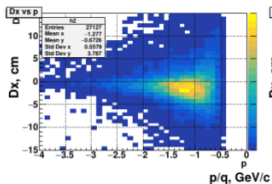


Figure: st 11

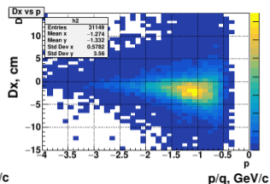


Figure: st 12

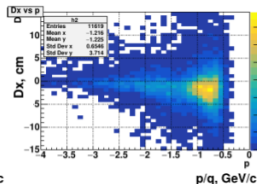


Figure: st 13

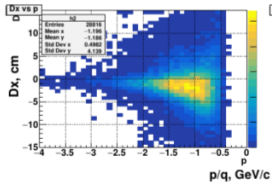


Figure: st 16

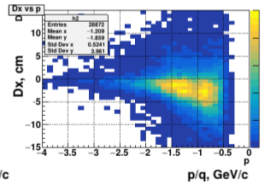


Figure: st 17

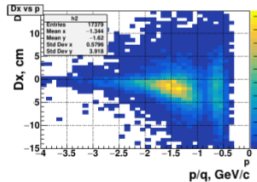


Figure: st 18

Рис. 11: Гистограмма невязок Dx хитов TOF-400 относительно треков Si/GEM в зависимости от величины импульса трека до процедурой выравнивания для станций 11-18

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 с учетом магнитного поля

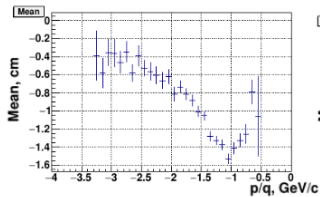


Figure: st 11

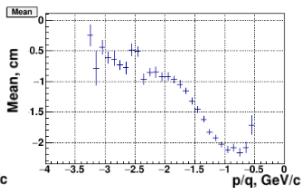


Figure: st 12

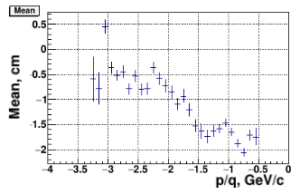


Figure: st 13

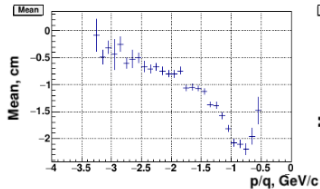


Figure: st 16

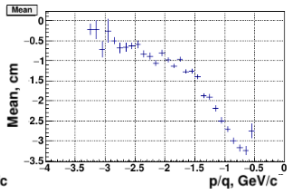


Figure: st 17

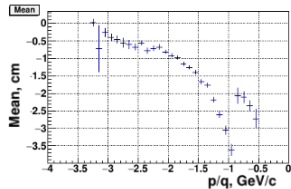


Figure: st 18

Рис. 12: Гистограмма средних значений невязок MeanDx хитов относительно треков в зависимости от величины импульса до процедуры коррекции для плоскостей 11-18

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 с учетом магнитного поля

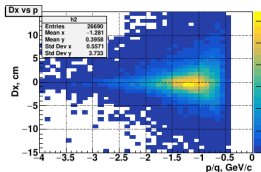


Figure: st 11

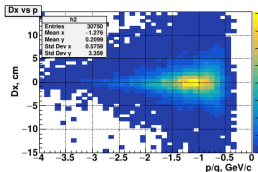


Figure: st 12

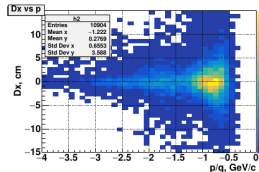


Figure: st 13

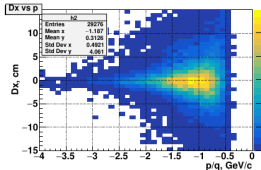


Figure: st 16

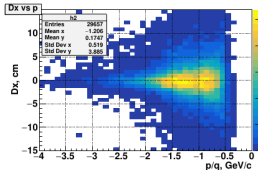


Figure: st 17

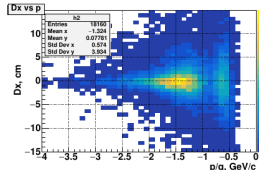


Figure: st 18

Рис. 13: Гистограмма невязок D_x хитов TOF-400 относительно треков Si/GEM в зависимости от величины импульса трека после процедурой выравнивания для станций 11-18

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 с учетом магнитного поля

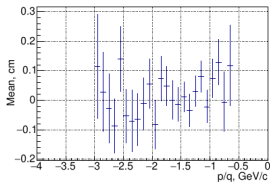


Figure: st 11

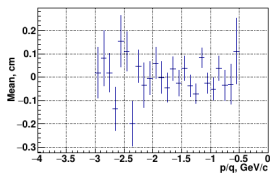


Figure: st 12

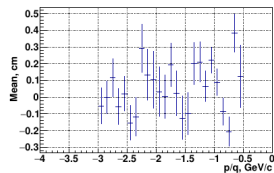


Figure: st 13

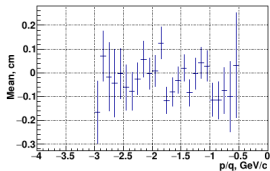


Figure: st 16

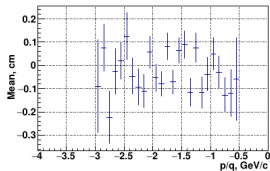


Figure: st 17

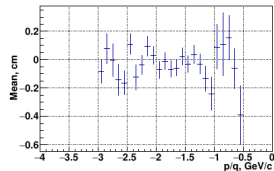


Figure: st 18

Рис. 14: Гистограмма средних значений невязок MeanDx хитов относительно треков в зависимости величины импульса после процедуры коррекции для плоскостей 11-18

Сигнал частицы может быть не реконструирован в силу различных причин:

- 1 В момент прохождения частицы на соответствующем чувствительном элементе детектора было нерабочее напряжение.
- 2 Сигнал оказался ниже выставленного порога.

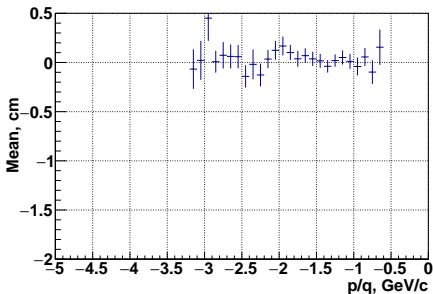
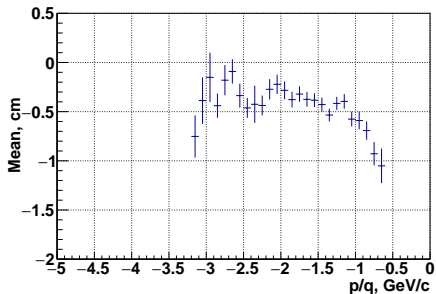
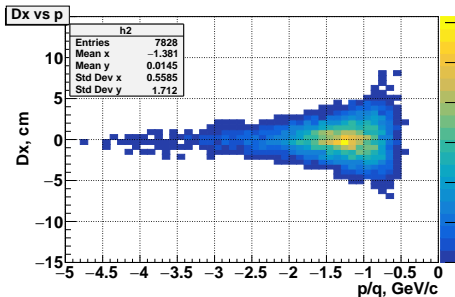
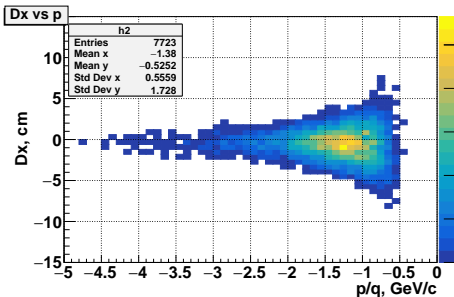
Получение усредненной эффективности плоскостей ToF-400

- Каждая плоскость разделяется на ячейки размером 10x6 см.
- **Знаменатель** - трек пересекает ячейку.
- **Числитель** - в окрестности точки экстраполяции трека найден хит ToF-400, принадлежащий той же плоскости.

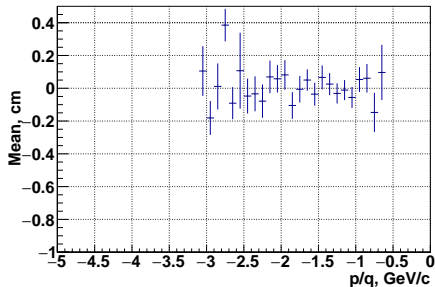
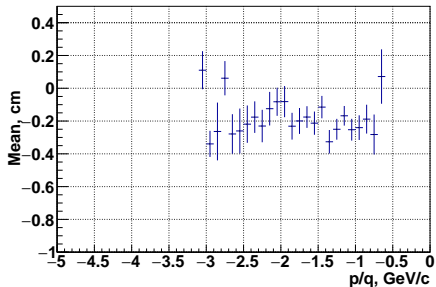
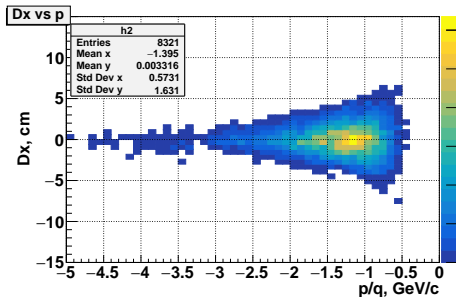
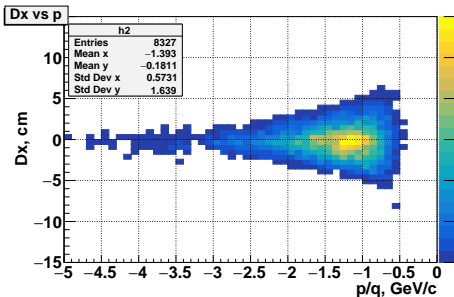
Важно! Для вычисления эффективности были использованы параметры Gem- трека, подтвержденного в детекторе DCH, поэтому требовалось провести дополнительную процедуру коррекции.

$$\text{Эффективность} = \frac{\sum \text{Числитель}(Ar)}{\sum \text{Знаменатель}(Ar)}$$

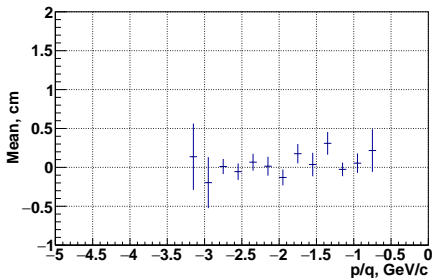
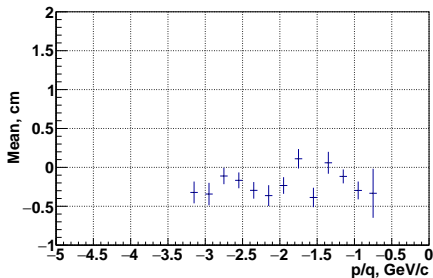
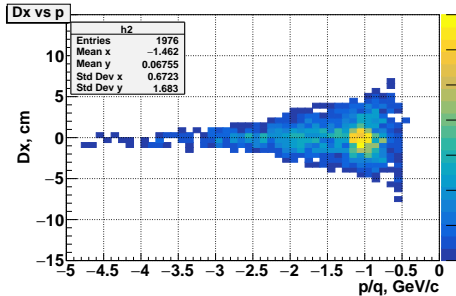
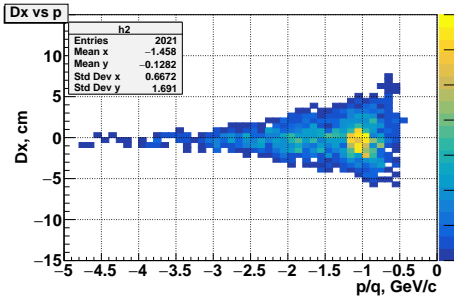
Дополнительные коррекции, Плоскость 11



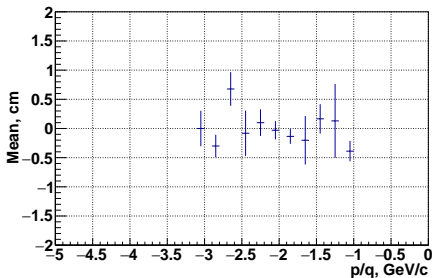
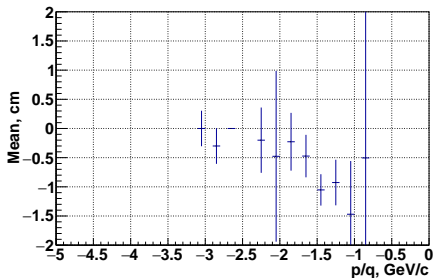
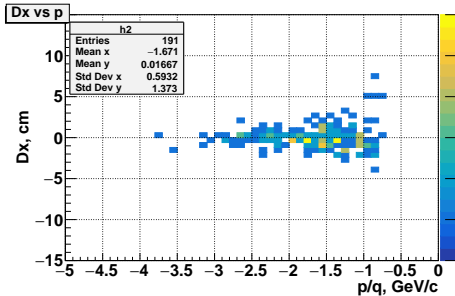
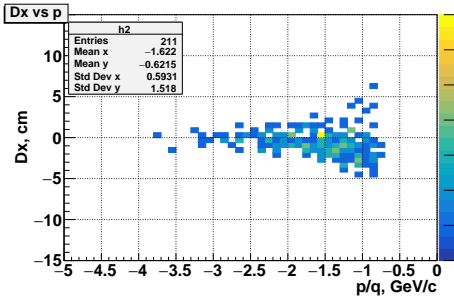
Дополнительные коррекции, Плоскость 12



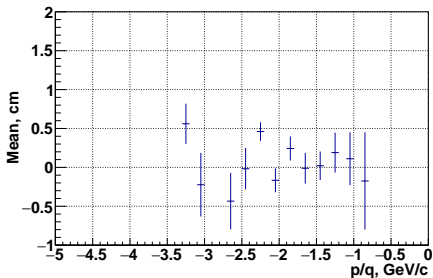
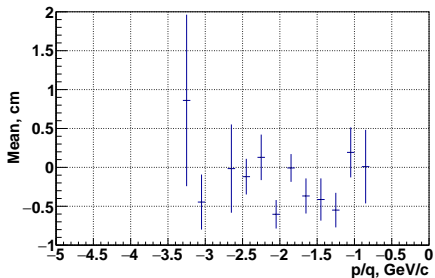
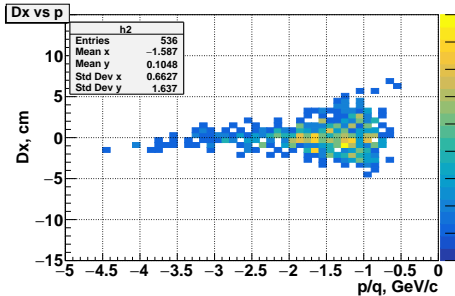
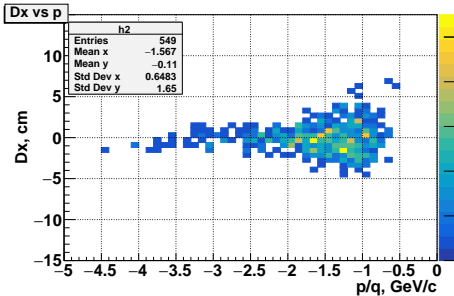
Дополнительные коррекции, Плоскость 13



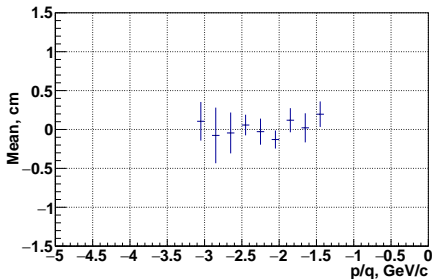
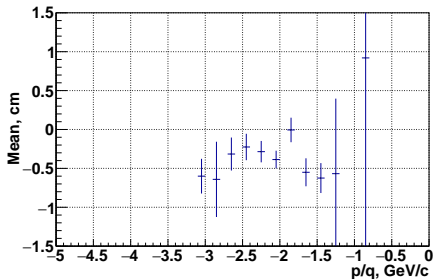
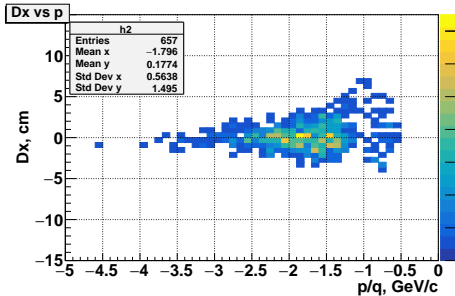
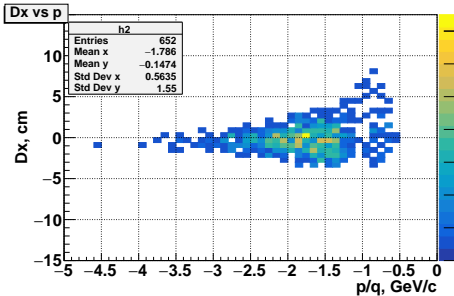
Дополнительные коррекции, Плоскость 16



Дополнительные коррекции, Плоскость 17



Дополнительные коррекции, Плоскость 18



Усредненное значение эффективности для статистики аргонного сеанса VM@N

Plane	11	12	13	16	17	18
New eff	92,0 %	92,2 %	67,6 %	91,5 %	88,6 %	90,5 %
Old eff	88,5 %	85,1 %	65,5 %	65,8 %	69,1 %	81,8 %

Рис. 15: Таблица значений усредненной эффективности для 11-18 плоскостей TOF-400

Выводы

- 1 Изучено рождение отрицательно заряженных пионов в аргон-ядерных взаимодействиях в эксперименте BM@N.
- 2 Выполнена процедура выравнивания координат X, Y, Z 11-18 плоскостей детектора TOF-400 без магнитного поля. Получены корректирующие значения невязок D_x, D_y, D_z .
- 3 Реализована процедура коррекции координат X, Y, Z хитов 11-18 плоскостей детектора TOF-400 с учетом магнитного поля и величины импульса отрицательно заряженных пионов. Были исследованы зависимости средних значений невязок относительно импульса и значений стандартного отклонения относительно импульса π^- - мезонов.
- 4 Оценена эффективность 11-18 плоскостей детектора TOF-400. Проведена процедура дополнительных коррекций координат отрицательных плоскостей с учетом магнитного поля. Получено усредненное значение эффективности для статистики аргонного сеанса BM@N.

Спасибо за внимание!

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 с учетом магнитного поля

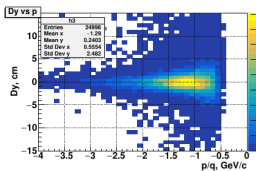


Figure: st 11

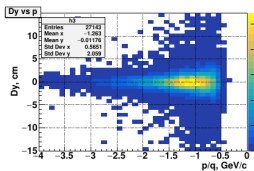


Figure: st 12

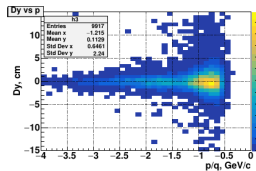


Figure: st 13

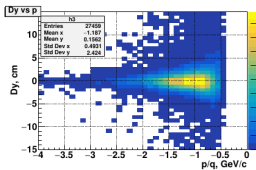


Figure: st 16

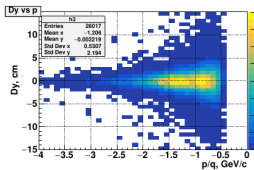


Figure: st 17

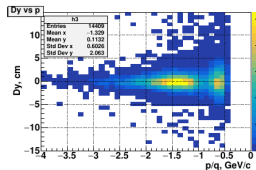


Figure: st 18

Рис. 16: Гистограмма невязок Dy хитов TOF-400 относительно треков Si/GEM в зависимости от величины импульса трека после процедуры выравнивания для станций 11-18

Выравнивание координат плоскостей TOF-400 с учетом магнитного поля

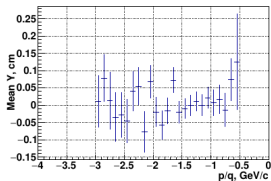


Figure: st 11

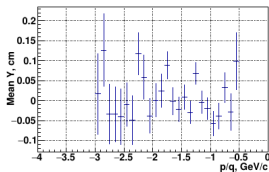


Figure: st 12

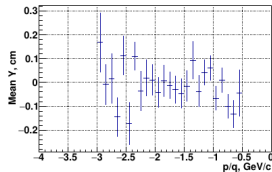


Figure: st 13

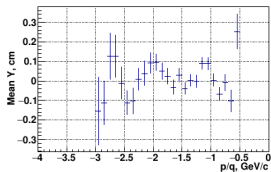


Figure: st 16

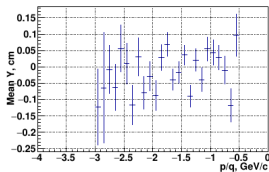


Figure: st 17

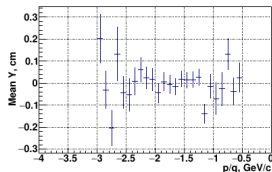


Figure: st 18

Рис. 17: Гистограмма средних значений невязок хитов относительно треков MeanDy относительно величины импульса после процедуры коррекции для плоскостей 11-18