

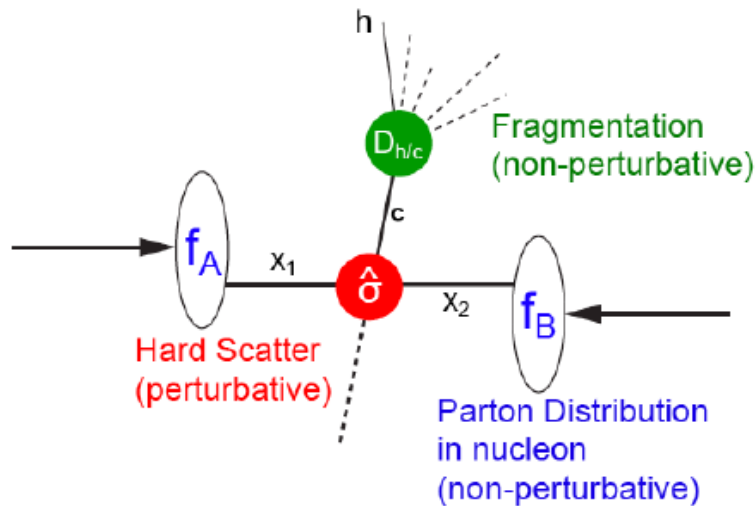
Перспективы измерения структуры нуклонов на У-70 с помощью нейтральных мезонов

*Д.А. Аверьянов, Д.С. Блау, Д.Ю. Пересунько
НИЦ “Курчатовский институт”*

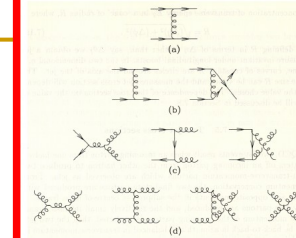
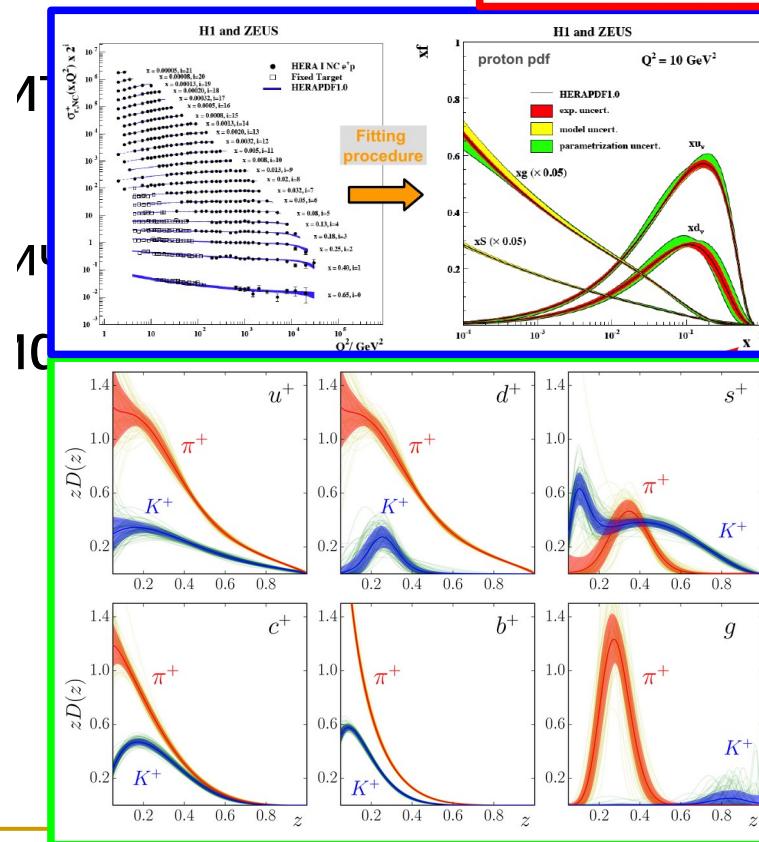


Изучение структурных функций протона

- Спектры адронизации кварков и глюонов
- Рождение гравитонов
- Нейтральность широкого дистрибутива

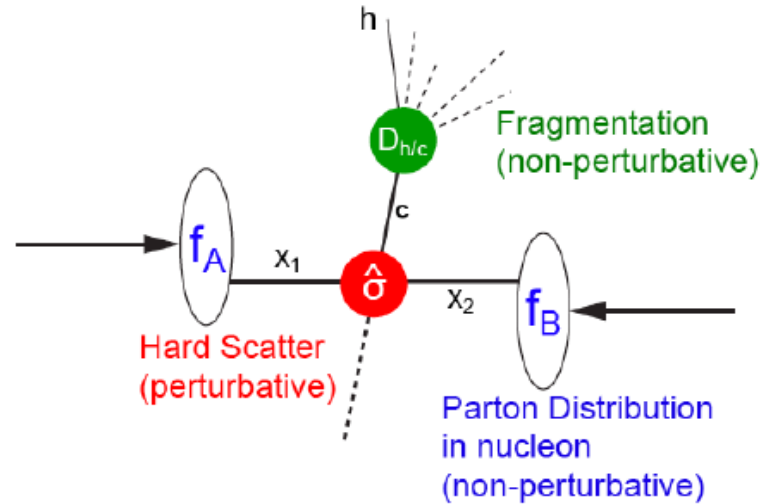


$$d\sigma = \sum_{a,b,c} f_a \otimes f_b \otimes d\hat{\sigma}_{ab}^c \otimes D_c^{\text{Hadron}}$$



Столкновение поперечно поляризованных протонов

- Асимметрия в функциях распределения (Sivers effect)
- Асимметрия в фрагментации поляризованного партона (Collins effect)



Наблюдаемая:
асимметрия
сечений

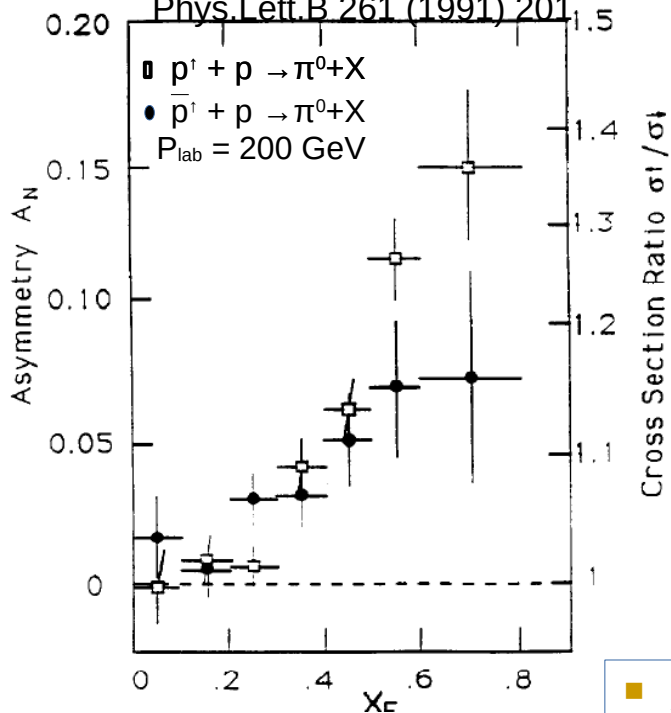
$$A_N = \frac{d\sigma^\uparrow - d\sigma^\downarrow}{d\sigma^\uparrow + d\sigma^\downarrow}$$

$$d\sigma = \sum_{a,b,c} f_a \otimes f_b \otimes d\hat{\sigma}_{ab}^c \otimes D_c^{\text{Hadron}}$$

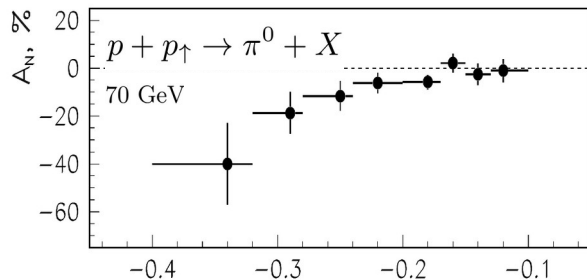
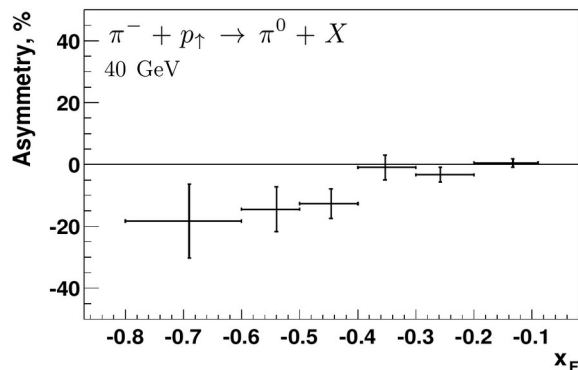


Односпиновая асимметрия в рождении нейтральных мезонов

E581 and E704 Collaborations,
Phys. Lett. B 261 (1991) 201

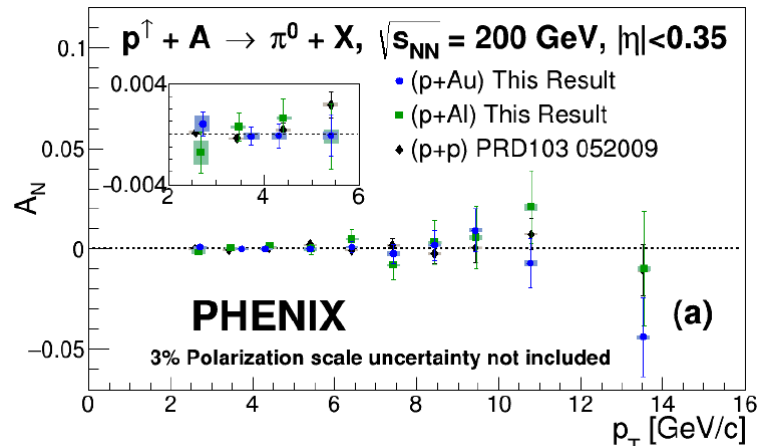


V.V. Mochalov et al, Czech.J.Phys. 56 (2006) F151

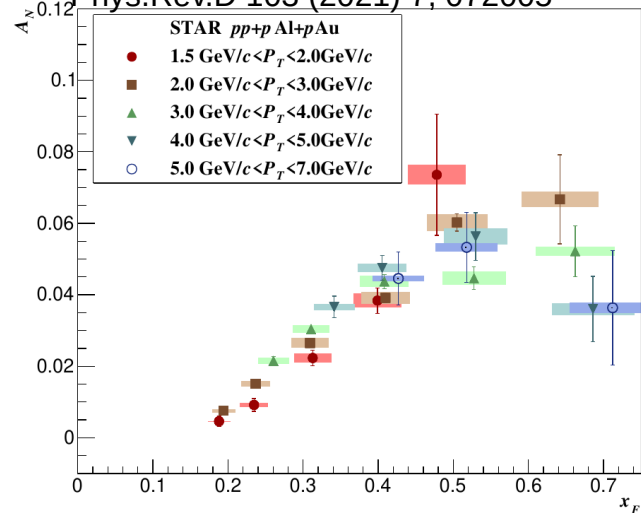


- Асимметрия не зависит от p_T
- Растет при увеличении x_F (в область пол. снаряда)
- Достигает 5-10%

Phys.Rev.D 107 (2023) 11, 112004: 2303.07190

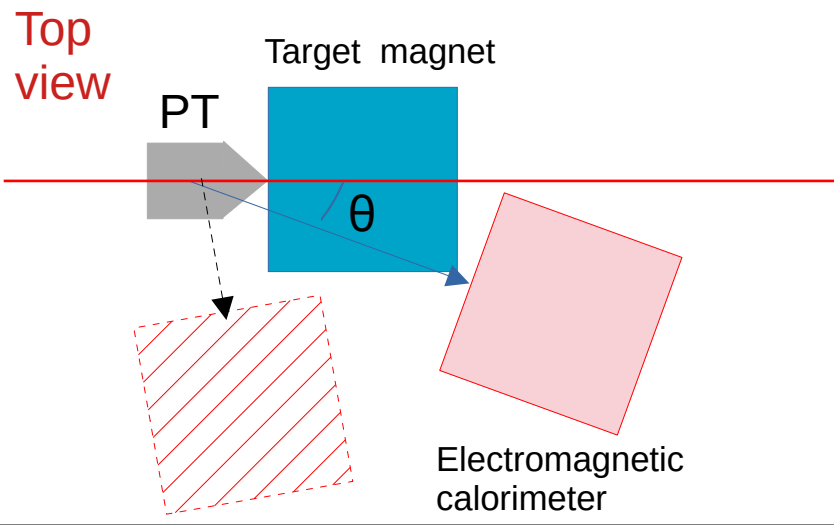
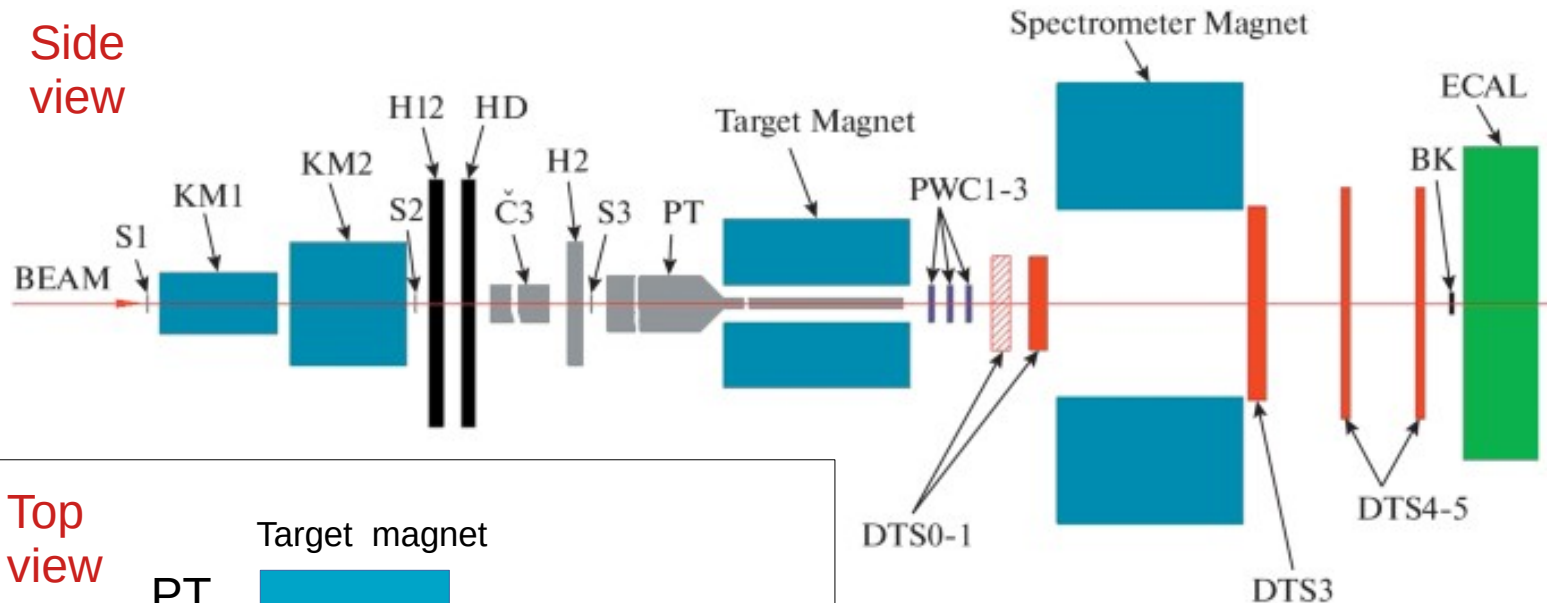


Phys.Rev.D 103 (2021) 7, 072005



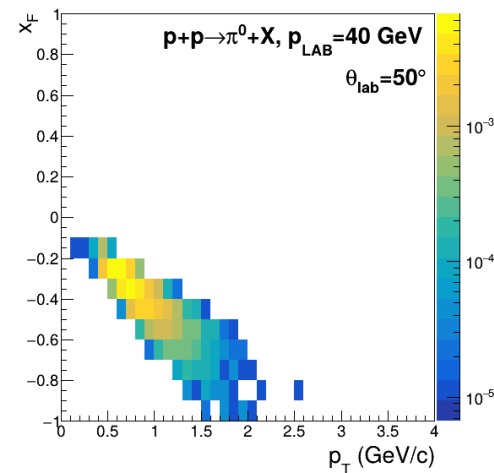
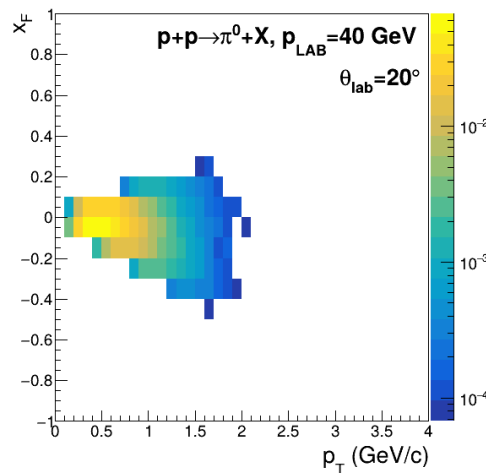
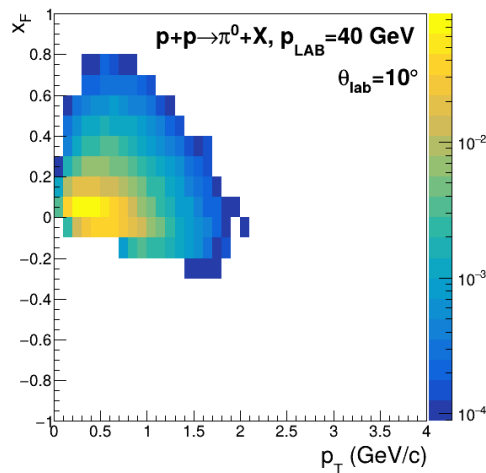
Установка СПАСЧАРМ на У-70

- Электромагнитный калориметр может быть установлен сразу после магнита мишени
- Изменяя угол по отношению к направлению пучка, можно исследовать различные диапазоны x_F

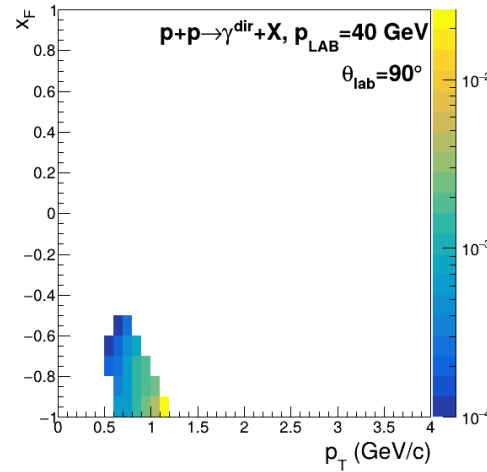
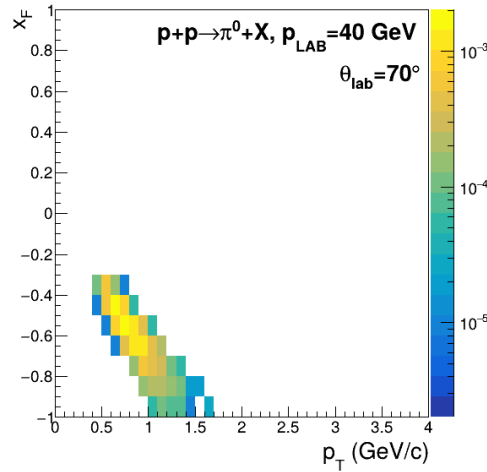


Возможное положение калориметра и доступное фазовое пространство

Pythia 8.315
R= 75 см

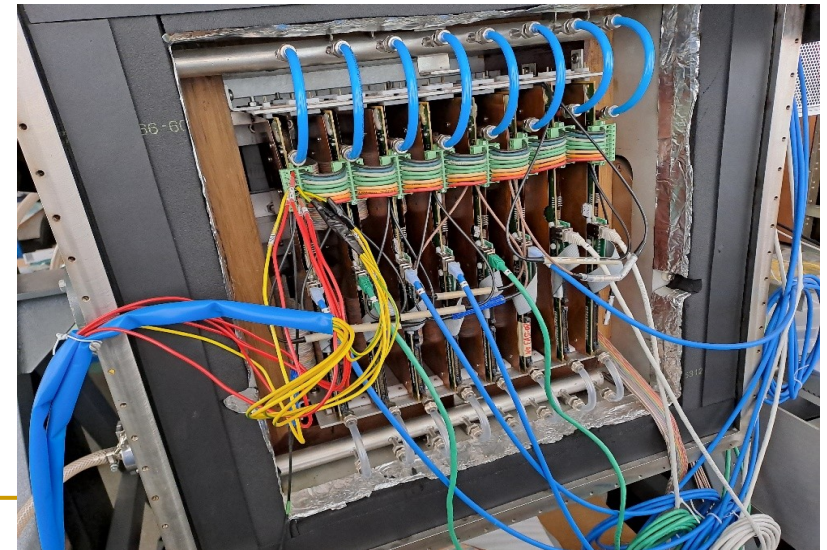


Варьируя угол от 20° до 90°
можно исследовать
диапазон $-1 < x_F < 0.1$

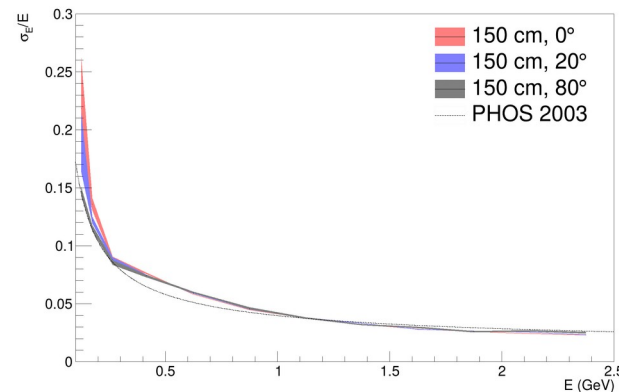
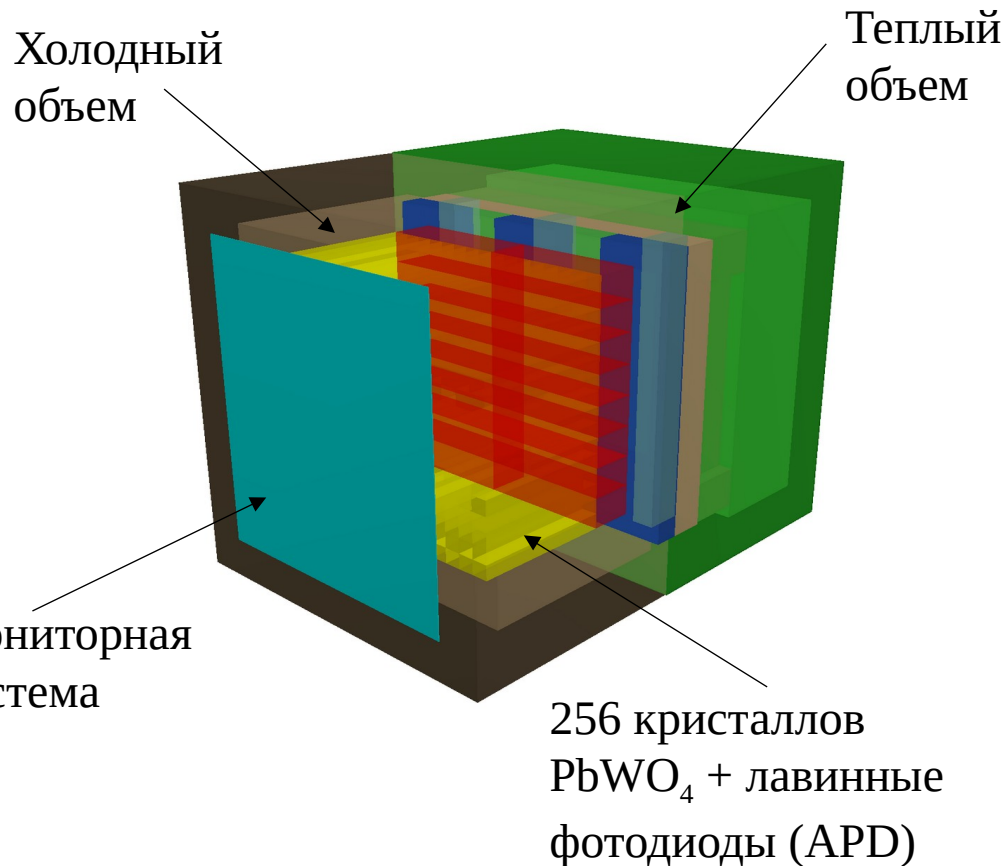


Свойства калориметра PHOS256

Crystals	PbWO ₄
Density	8.28 g/cm ³
Moliere radius	2.0 cm
X ₀	0.89 cm
Size	2.2 x 2.2 x 18 cm ³
Number of cells	256
Working temp.	-25° C
Photodetector	APD S8148(8664-55) + Charge sensitive preamplifier
Front End Electronics Cards	32 ch. dual gain 1μs shapers 10 bit ADCs sampling with 10 MHz RMS noise 0.4 ADC counts 14 bit dynamic range 5 MeV–80 GeV

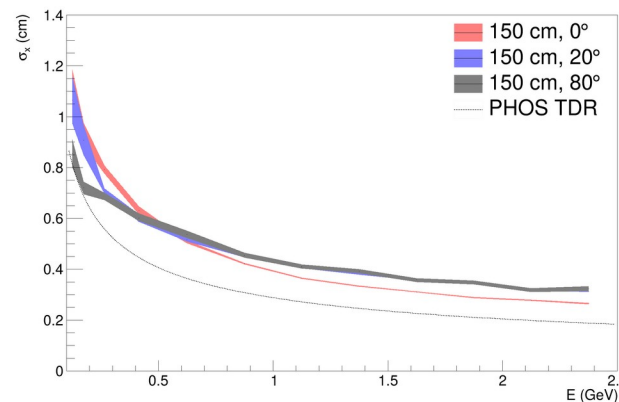


Электромагнитный калориметр



GEANT4
моделирование
настроено так,
чтобы
воспроизводить
результаты
пучковых
испытаний:

σ_E/E (%)



$$\sqrt{\left(\frac{1.3}{E}\right)^2 + \frac{3.3^2}{E} + 1.12^2}$$

σ_x (mm)

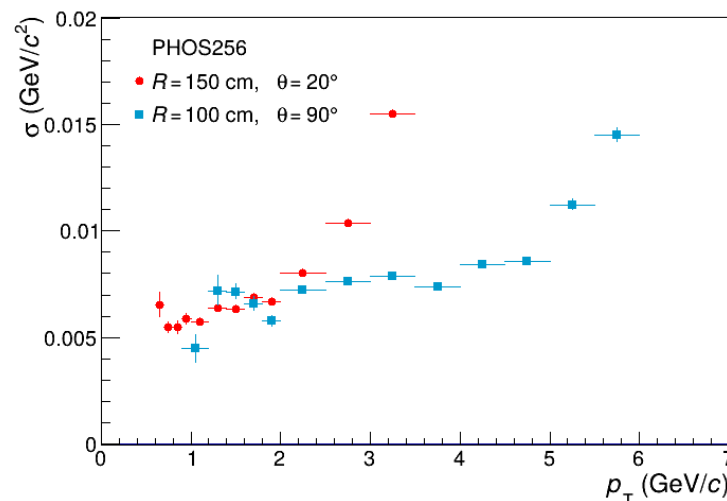
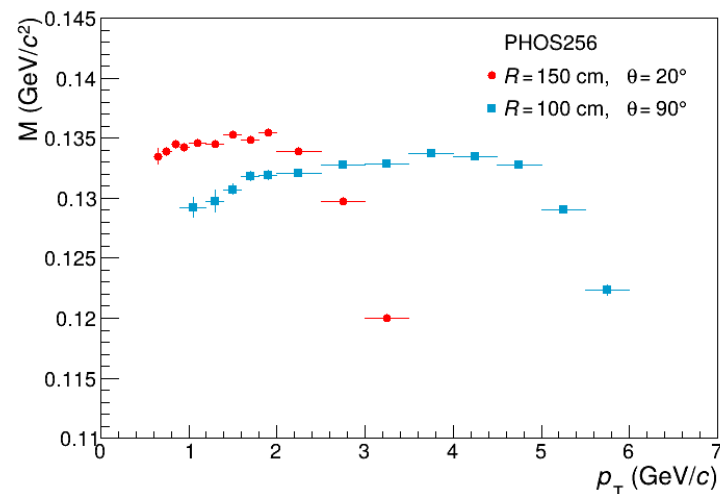
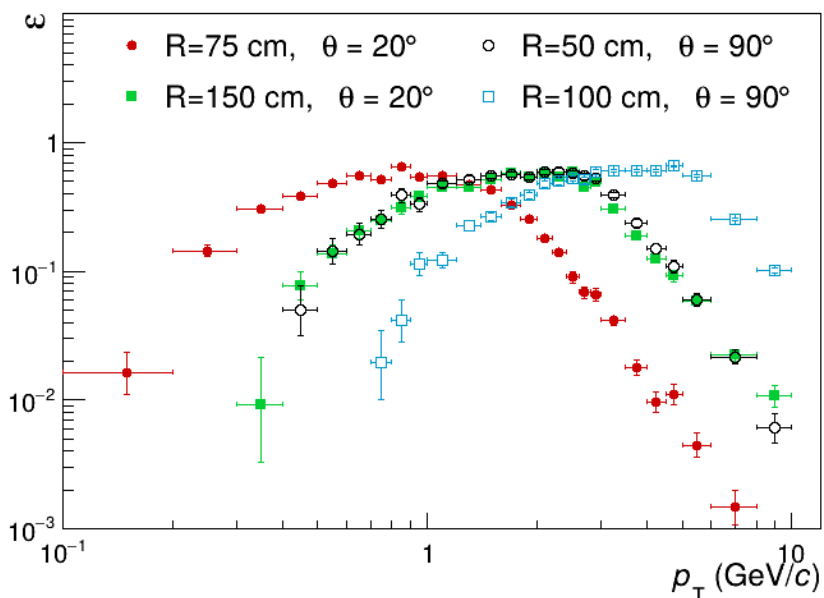
$$\sqrt{\frac{3.26^2}{E} + 0.44^2}$$



Одиночные пионы

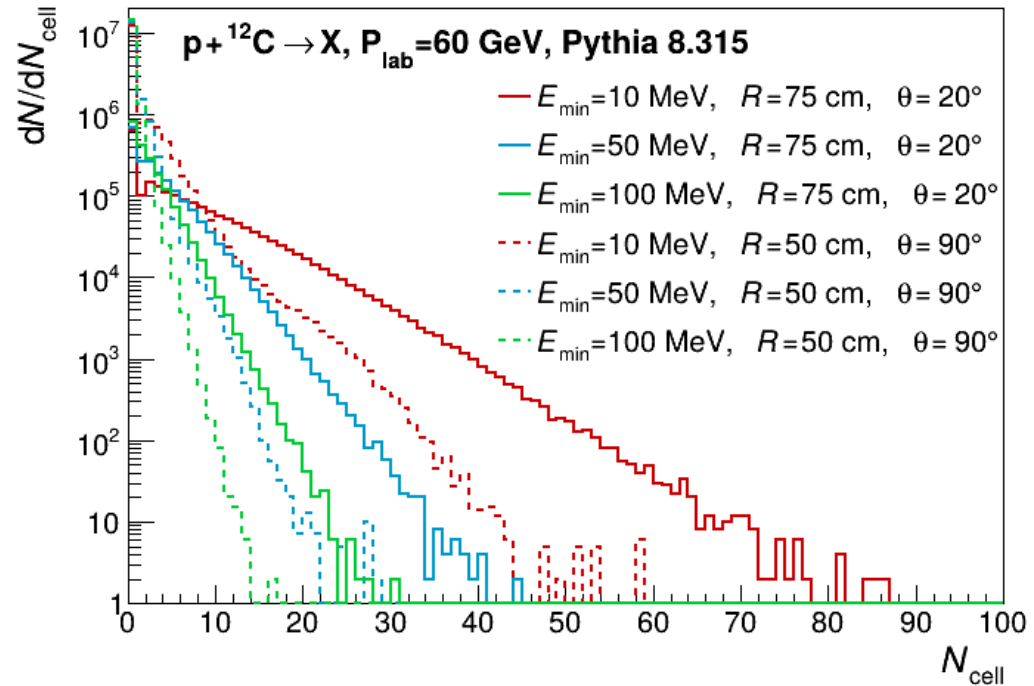
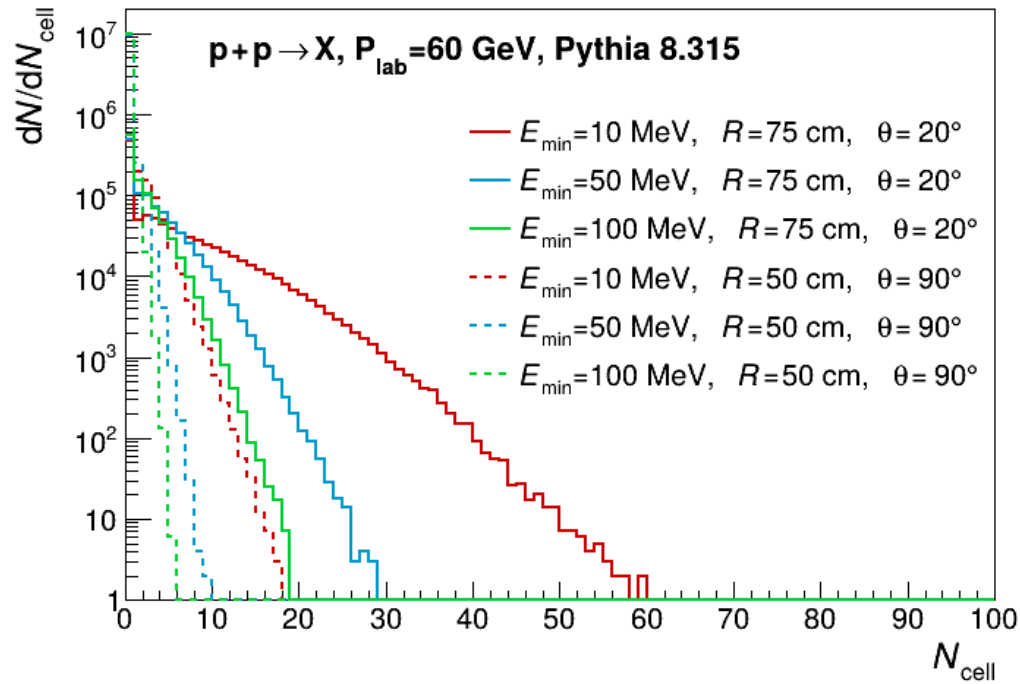
Доступный диапазон

- минимальный p_T определяется аксептанслом
- Максимальный p_T определяется слиянием кластеров (расстояния меньше размера ячейки)



Ширина пионного пика определяется позиционным разрешением

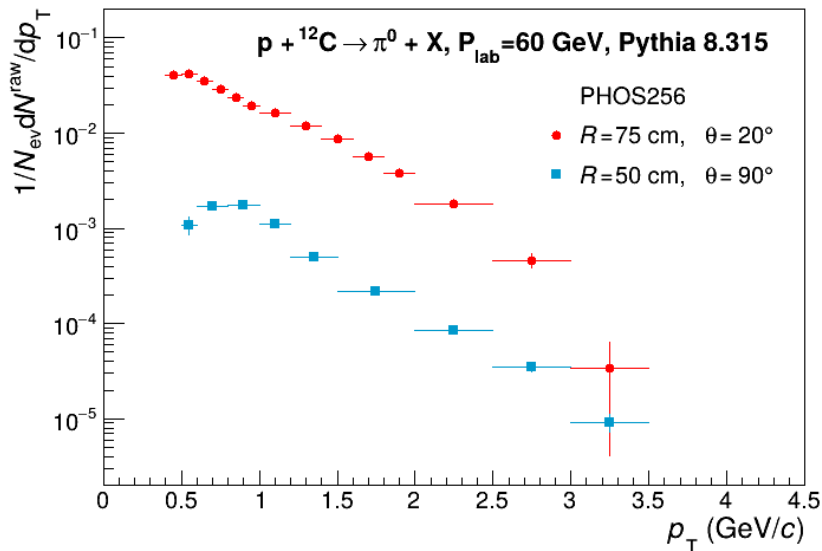
Ожидаемая загрузка



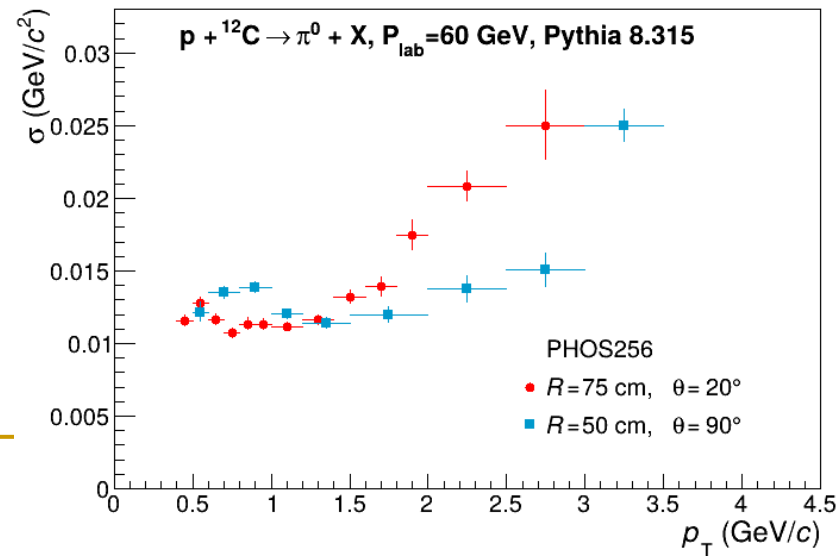
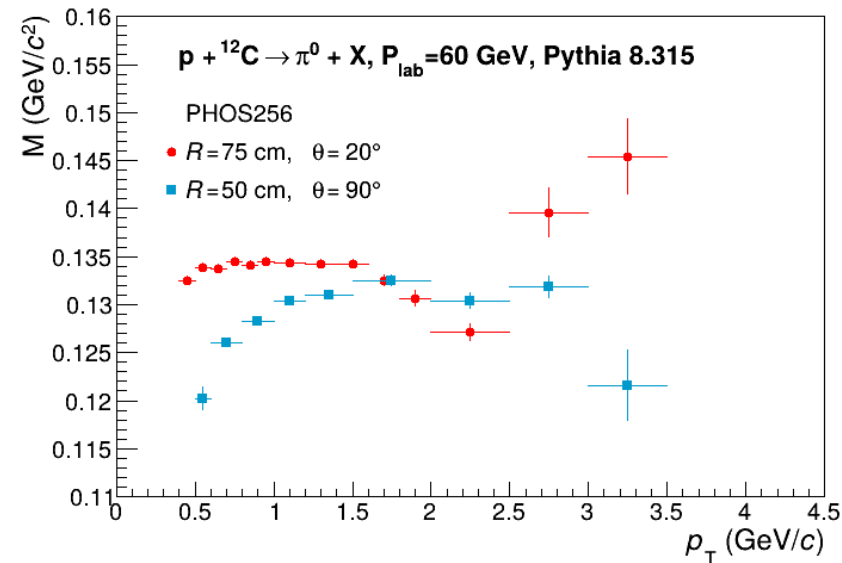
Ожидаемая загрузка составит 10-15%, что сравнимо с загрузкой аналогичного калориметра PHOS в эксперименте ALICE в Pb-Pb столкновениях (~10%)



Протон-ядерные столкновения



- Даже при минимальном расстоянии до вершины загрузка низкая и спектр π^0 может быть восстановлен
- Ширина пика заметно больше, чем в прр из-за наложения с мягкими кластерами
- Статистика в 10М событий позволяет измерить спектры до $p_T \sim 3 \text{ ГэВ/с}$



Планы PHOS256 в SPASCHARM

2025	2026	2027	2028	2029	2030
Simulations, preparation of physics program	Experiments with nuclear targets	New polarized target (JINR contract)	Experiments with polarized target	Experiments with polarized target	New SPASCHARM with polarized beam



Заключение

- Группа НИЦ “Курчатовский Институт” разрабатывает прецизионный фотонный спектрометр на основе кристаллов PbWO_4 , который планируется установить в эксперименте SPASCHARM
- Его установка позволит расширить физическую программу эксперимента на следующие задачи:
 - измерение спектров нейтральных мезонов в широком диапазоне x_F и p_T в столкновениях p , π , K пучков и ядерных мишеней
 - Измерение одно-спиновой асимметрии в столкновениях на поляризованной водородной мишени
 - Возможное измерение спектров и одно-спиновых корреляций прямых фотонов (потребуется модифицирование электроники и создание дополнительного модуля)
- Построена модель модуля для моделирования в пакете GEANT4, включающая реальную геометрию, количество материала, моделирование световыходов и шума электроники. Также реализован алгоритм кластеризации и разделения слившихся кластеров
- Было выполнено моделирование для оценки энергетического и позиционного разрешения, загрузки детектора
- Было выполнено моделирование столкновений pp и pA при энергиях $\sqrt{s}=70$
- При наличии статистики в 10М событий (около 2 недель сбора данных) спектр нейтральных пионов может быть измерен в диапазоне
 - $0.4 < p_T < 4$ ГэВ/с для $x_F \sim 0$ (20° and $R=75$ cm)
 - $0.6 < p_T < 5$ ГэВ/с для $x_F \sim -0.6$ (90° and $R=50$ cm)

Работа поддержана грантом РФФИ 25-22-00170

