



Отношения спектров вторичных космических лучей к первичным по результатам эксперимента НУКЛОН

Научно-Исследовательский Институт Ядерной Физики имени Д.В. Скobelцына Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова
Skype: spasitel_91; E-mail: im.kovalev@physics.msu.ru



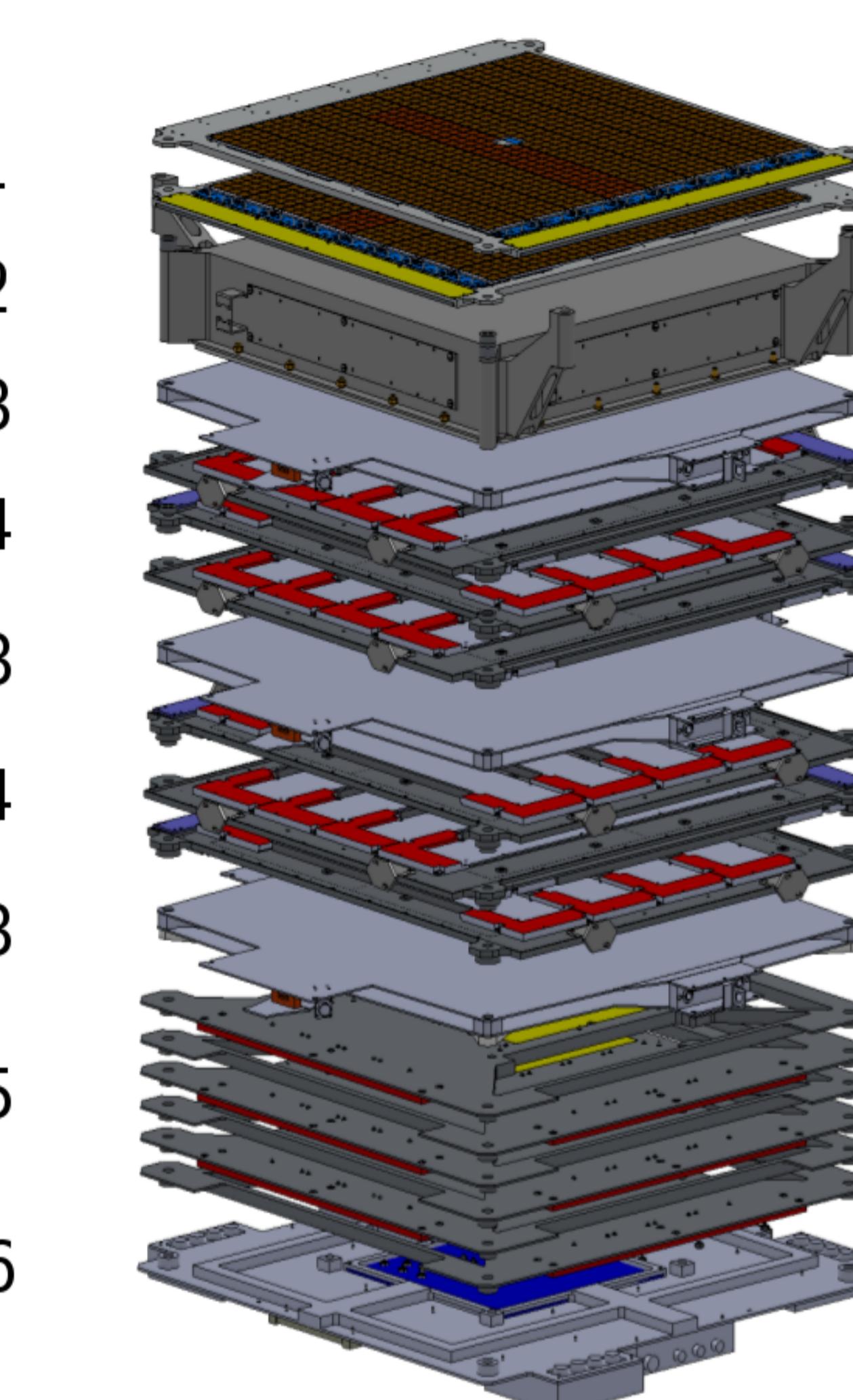
Методика КЛЕМ

Первичная частица (ядро КЛ) взаимодействует с углеродной мишенью (2), в результате чего рождаются вторичные фотонны (из распадов π^0) и заряженные частицы. Конвертер (4), представляющий собой набор тонких вольфрамовых пластин, превращает большую часть фотонов в электрон-позитронные пары. В результате после конвертера многократно увеличивается количество заряженных частиц, регистрируемых детекторами. Коэффициент умножения M зависит не только от энергии первичной частицы ($M=3.5$ при 100 ГэВ, $M=20$ при 1000 ТэВ), но и от расстояния от оси ливня, потому что более энергичные вторичные частицы имеют более узкое распределение по углу отклонения после взаимодействия. Этот эффект необходимо учитывать, чтобы повысить чувствительность данного метода к энергии первичных частиц.

Ионизационный калориметр

Калориметр (5) позволяет измерять энергию адронной компоненты для калибровки методики КЛЕМ, а также позволяет измерять энергетические спектры электромагнитной компоненты. Калориметр регистрирует ливни вторичных частиц после системы КЛЕМ, а также позволяет выделять электромагнитную компоненту (электроны, позитроны, гамма) из потока КЛ. Коэффициент выделения электронов на протонном фоне с использованием калориметра составляет не менее 10^3 . Монте-Карло моделирование в пакете Geant4 показало, что для энергий от 10^3 до 10^4 ГэВ максимальное энерговыделение в одном стрипе калориметра составляет 25000 mip, из чего следует, что для решения задач эксперимента необходимо иметь электронику считывания, позволяющую регистрировать как сигнал от mip с соотношением сигнал/шум не хуже 2, так и сигналы с амплитудой до 25000 mip. Для решения этой задачи была разработана Специализированная Интегральная Микросхема (СИМС) НУКЛОН, не имеющая аналогов в мире. Расширенный динамический диапазон в данной микросхеме был достигнут путем использования кусочно-линейной передаточной характеристики, которая состоит из двух прямых сегментов с разными углами наклона.

Структура Научной Аппаратуры



1 Система Измерения Заряда

Четыре слоя падовых кремниевых детекторов размером $50 \times 50 \text{ см}^2$ с размером падов $16 \times 16 \text{ мм}^2$ и динамическим диапазоном от 1 до 900 mip

2 Углеродная мишень

Основной структурный элемент научной аппаратуры и составная часть методики КЛЕМ. Алюминиевая коробка, заполненная углеродными болтами. Ее толщина составляет 20 г/см^2

3 Система Сцинтилляционного Быстрого Триггера

Шесть слоев сцинтиллятора

4 Система Измерения Энергии

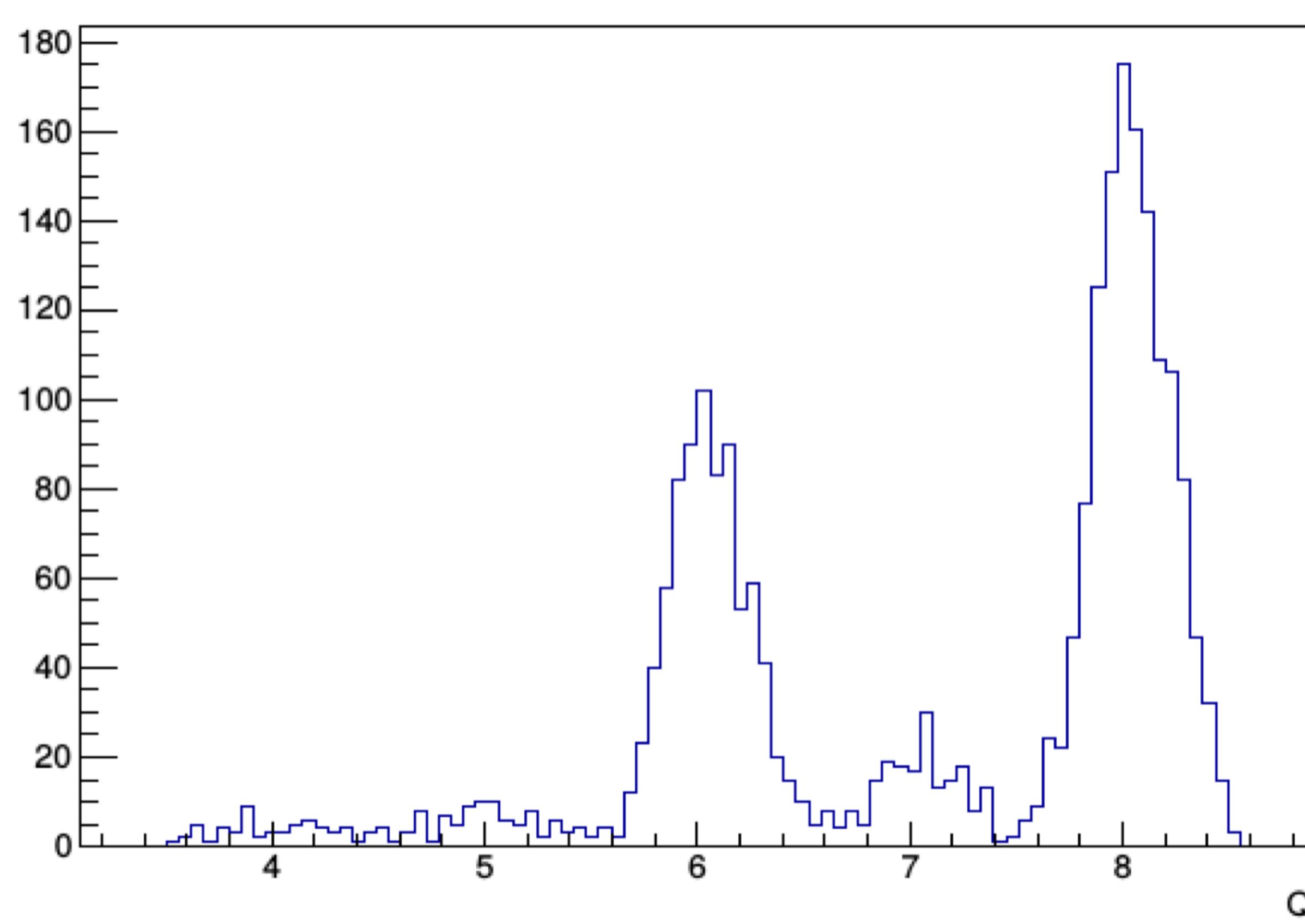
Шесть слоев кремниевых стриповых детекторов размером $50 \times 50 \text{ см}^2$, с шагом стрипов в 0,5 мм. В каждом слое содержится вольфрамовая пластина толщиной 0,5 радиационных длин, которые работают, как конвертер фотонов

5 Ионизационный калориметр

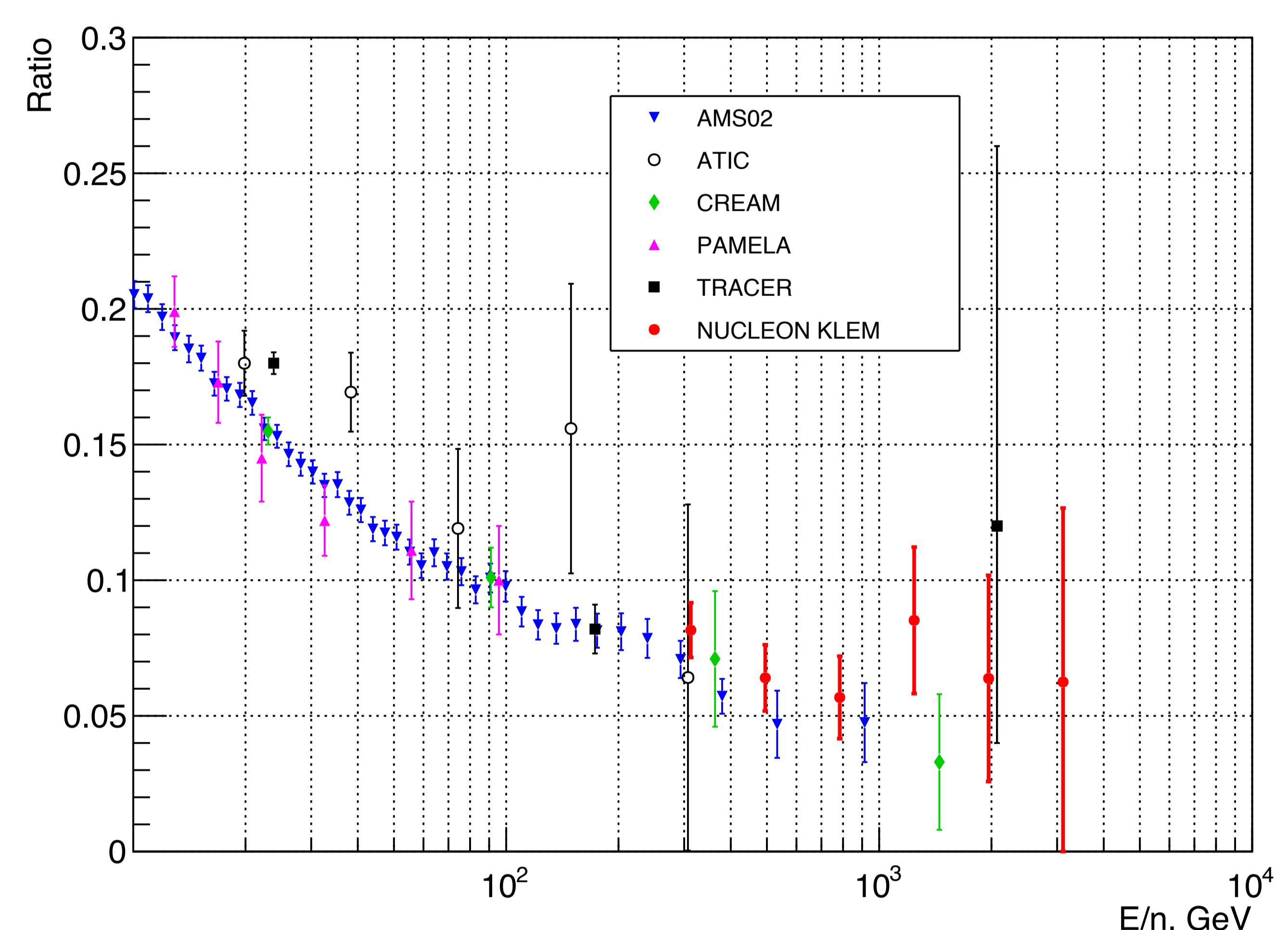
Шесть слоев кремниевых стриповых детекторов размером $25 \times 25 \text{ см}^2$, с шагом стрипов в 1 мм. Каждый слой содержит вольфрамовую пластину толщиной 2 радиационных длины в качестве поглотителя

6 Блок Служебной Электроники

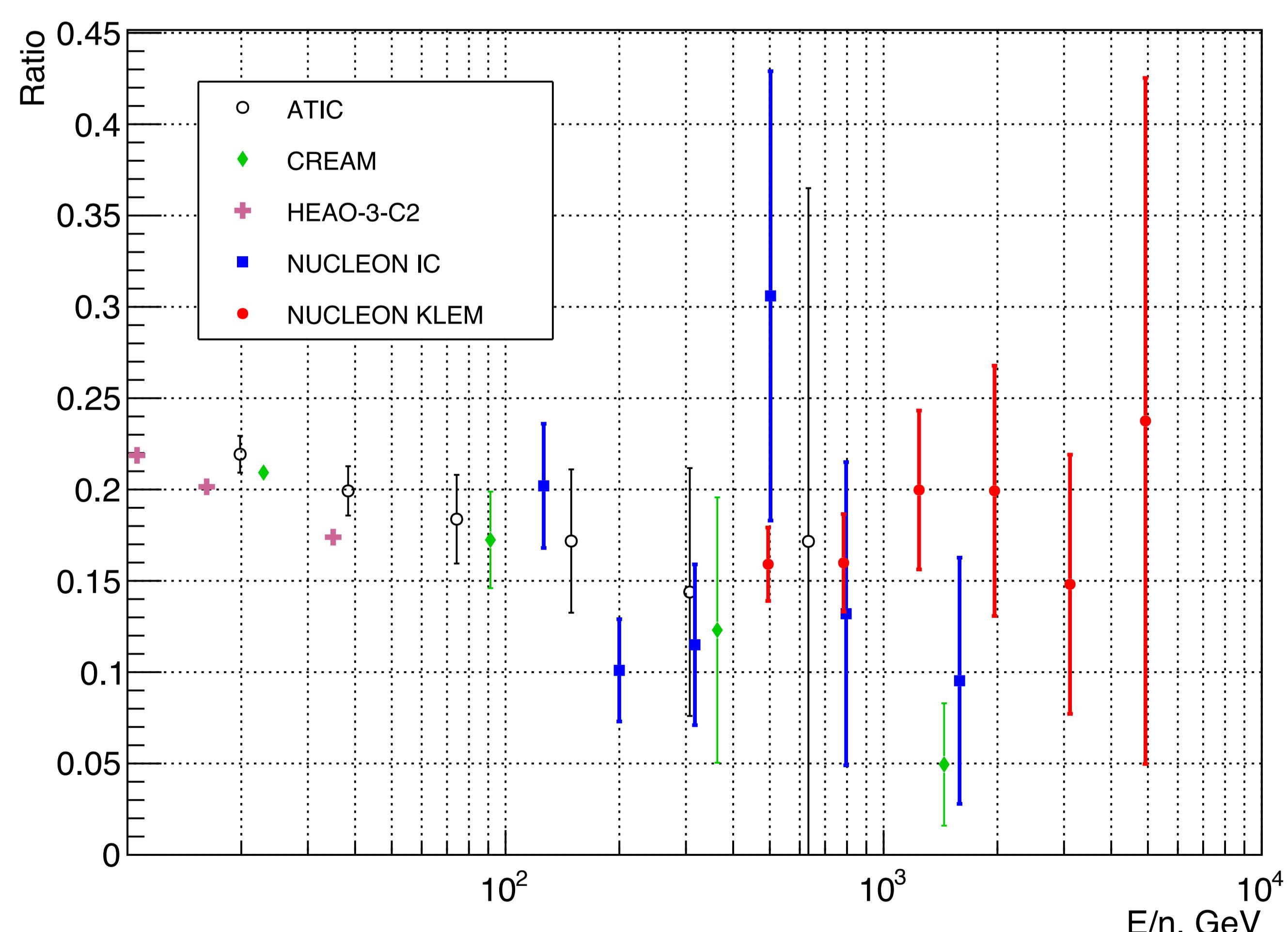
Зарядовое разрешение



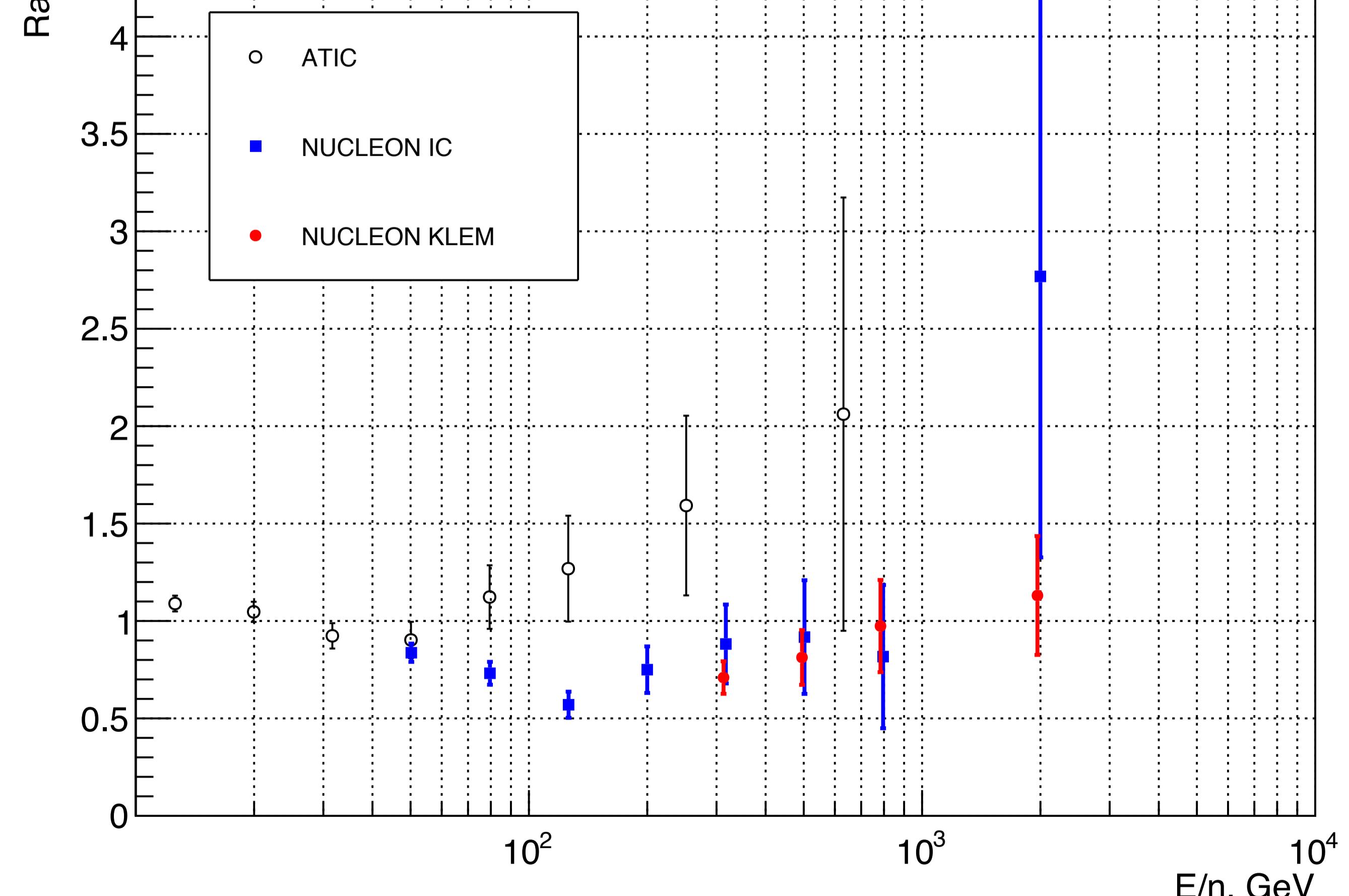
B to C ratio



N to O ratio



Z=16-24 to Fe ratio



Выходы:

- Измерены отношения B/C, N/O, subFe/Fe
- Полученные данные дают указания на расположение спектров вторичных ядер по отношению к первичным
- Ведется работа по учету систематических ошибок

Статьи по теме:

- E. Atkin, V. Bulatov, V. Dorokhov et al., The NUCLEON space experiment for direct high energy cosmic rays investigation in TeV-PeV energy range, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Research, A770, 189 (2015).
- V. M. Grebenyuk, D. E. Karmanov, I. M. Kovalev et al. Secondary cosmic rays in the nucleon space experiment. Advances in Space Research, 64(12):2559–2563, 2019.