

Упрощённая модель спектрометра Обсерватории Лучей Высоких Энергий(ОЛВЭ) для расчёта нейтронной компоненты

Злобин Савелий Сергеевич (409 группа)

Научный руководитель: к. ф.-м. н. Подорожный Д. М.

МГУ им. М. В. Ломоносова
Кафедра физики элементарных частиц

16 мая 2025



Московский
государственный
университет
имени М.В. Ломоносова

Галактические Космические Лучи(ГКЛ)

Диапазон энергий ГКЛ составляет от 10^6 до 10^{21} эВ.

Их состав:

- Ядерная компонента: $\approx 90\%$ протоны, $\approx 9\%$ ядра гелия, $\approx 1\%$ тяжёлые ядра;
- Лептонная компонента: электроны ($\approx 1\%$ от ЯК), позитроны ($\approx 10\%$ от e^-);
- Антиадроны: $< 1\%$



Энергетический спектр ГКЛ

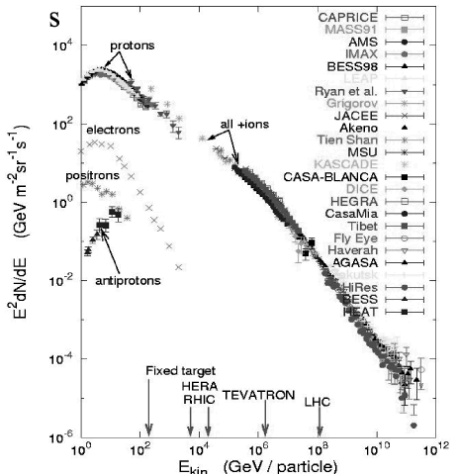


Рис.: Энергетический спектр космических лучей



Московский
государственный
университет
имени М.В. Ломоносова

Обзор ключевых экспериментов

Эксперименты нового поколения по изучению КЛ: **CREAM, PAMELA, AMS-02, НУКЛОН, DAMPE.**

Эти эксперименты получили ряд статистически обеспеченных данных об особенностях в химическом составе и энергетических спектрах ГКЛ в области высоких энергий.

Важно отметить, что сделанные в последнее время открытия **не вписываются** в «стандартную теорию» и начата работа по поиску их астрофизического объяснения.



Конструкция спектрометра ОЛВЭ

- **Ионизационный калориметр:** слои из сплава $W - Cu - Ni$ и сцинтилляторы на основе полистирола;
- **Ожидаемая масса:** ≈ 10 тонн;
- **Форма:** шестиугольная призма;
- **Размеры:** высота 1,47 м, диаметр 1,6 м;
- **Геометрический фактор:** $\Omega_{eff} \approx 12 \text{ м}^2 \cdot \text{ср}$ для протонов и $\Omega_{eff} \approx 18 \text{ м}^2 \cdot \text{ср}$ для ядер и $e^{\pm}$.



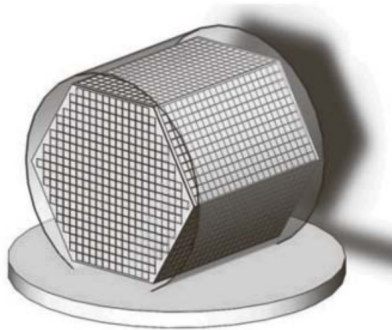
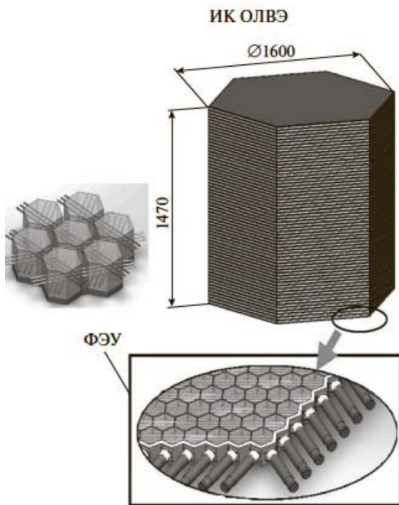


Рис.: Облик ОЛВЭ



Модель аппаратуры ОЛВЭ в CAD

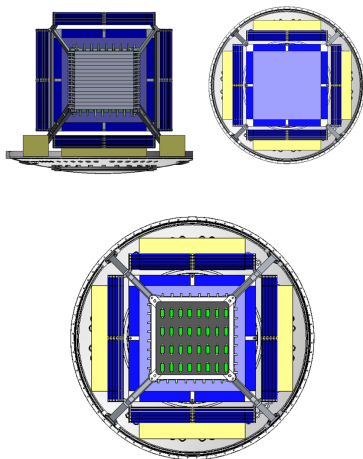


Рис.: Проектный облик аппаратуры ОЛВЭ



Московский
государственный
университет
имени М.В. Ломоносова

Задачи и цели моделирования

Задачи:

- Смоделировать конструкцию детектора ОЛВЭ;
- Обстрелять протонами 100 и 1000 ГэВ;
- Отследить нейтроны в интервале 0 – 200 мкс;

Цели:

- Изучить временную эволюцию тепловых нейтронов в установке;
- Найти зависимость числа тепловых нейтронов от энергии первичной частицы.



Упрощённая модель в GEANT4

- Допущения: без СИЗ, однородная смесь материалов той же плотности.

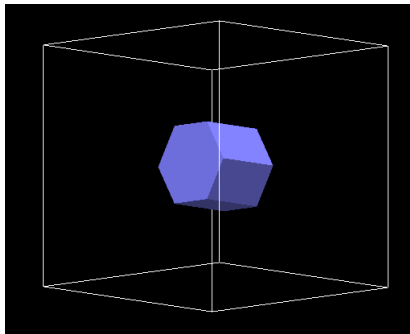
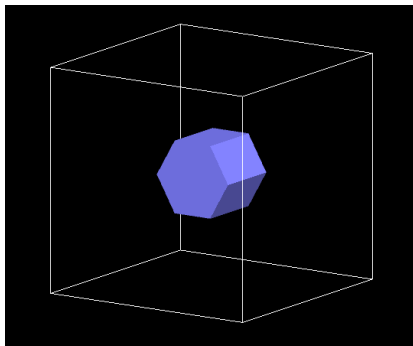
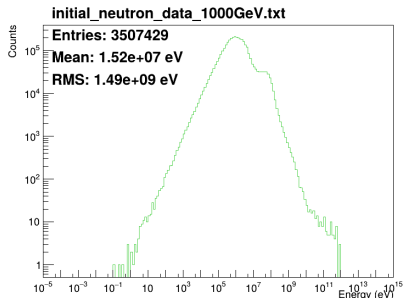


Рис.: Вид модели детектора в GEANT4 под разными углами



Спектры нейтронов по времени

0 мкс



10 мкс

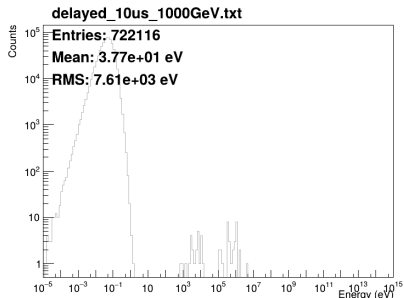


Рис.: Распределения энергии нейтронов после обстрела протонами 1000 ГэВ в начальный момент времени и через 10 мкс в двойном логарифмическом масштабе



Московский
государственный
университет
имени М.В. Ломоносова

Временная эволюция тепловых нейтронов

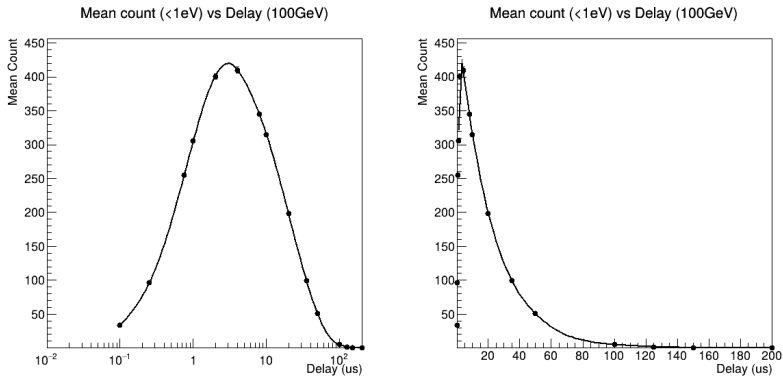


Рис.: Среднее число тепловых нейтронов в установке в зависимости от времени для протонов 100 ГэВ



Временная эволюция тепловых нейтронов

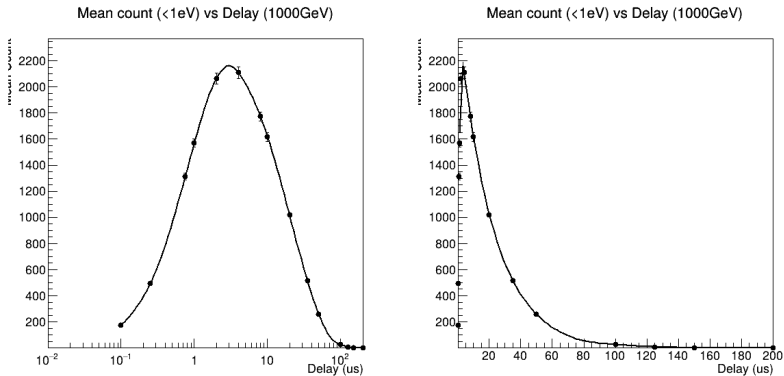


Рис.: Среднее число тепловых нейтронов в установке в зависимости от времени для протонов 1000 ГэВ



Московский
государственный
университет
имени М.В. Ломоносова

Обсуждение результатов

- Найден пик тепловых нейтронов и время его появления;
- Зависимость величины пика от энергии протонов;
- Перспективы дальнейшей работы.



Перспективы и дальнейшие работы

- Учесть полную конструкцию и комплекс научной аппаратуры ОЛВЭ в модели;
- Смоделировать обстрел другими частицами (He , тяжёлые ядра, лептоны);
- Рассчитать фоновый уровень нейтронов.



Заключение

- Спасибо за внимание!
- Буду рад ответить на ваши вопросы.
- Контакты: `zlobin.ss21@physics.msu.ru`;
Telegram: @zlobin_s_s

