

The background of the slide features a 3D visualization of the SuperFGD detector, which is a large, rectangular structure composed of many smaller rectangular modules. A red line, representing a neutrino beam, enters from the top left and interacts with the detector. This interaction produces a complex pattern of yellow and blue lines radiating from a central point, representing the tracks of secondary particles. In the bottom right corner, there is a circular inset showing a detailed view of the interaction region, with a red line entering and a complex pattern of yellow and blue lines radiating outwards. The title text is overlaid on this visualization.

Изучение регистрации электронных нейтрино в детекторе SuperFGD

Работу выполнил
Научный руководитель

Шварцман А.С.
д. ф-м. н. Куденко Ю.Г.

Цель работы: исследование условий, при которых электрон дает трек в детекторе SuperFGD

План доклада

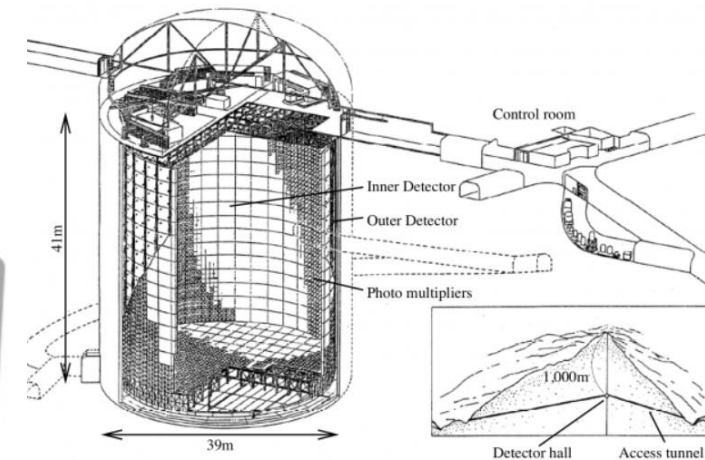
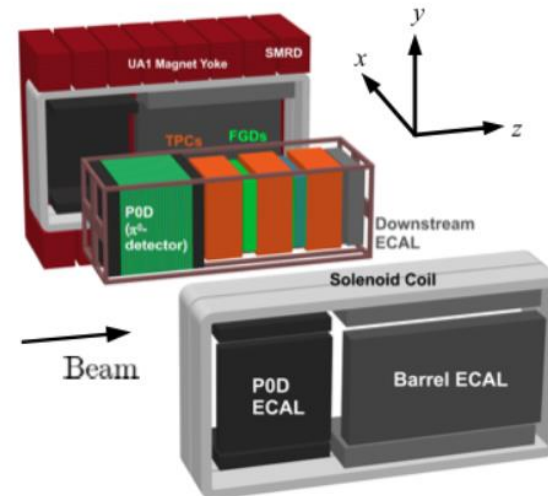
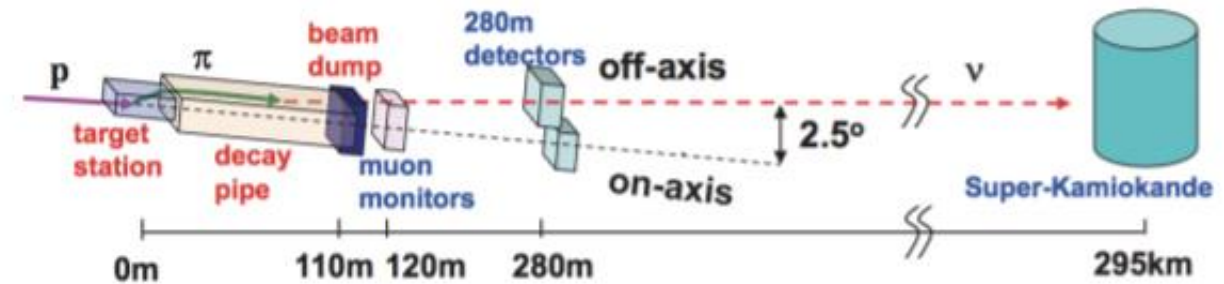
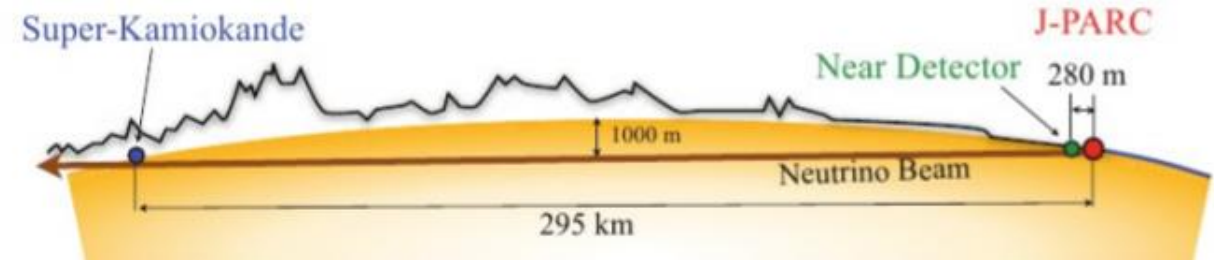
- Наблюдение нейтринных осцилляций и CP-нарушения в коллаборации T2K
- Апгрейд ближнего детектора ND280
- SuperFGD
- Моделирование SuperFGD
 - Используемая модель
 - Условия моделирования
 - Анализ результатов

Наблюдение нейтринных осцилляций и CP-нарушения в коллаборации T2K

T2K (Tokai to Kamioka) – длинно-базовый эксперимент по поиску нейтринных осцилляций.

Наблюдения: $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$

T2K проводит очень точные измерения вероятности осцилляций и разности между массами двух типов нейтрино

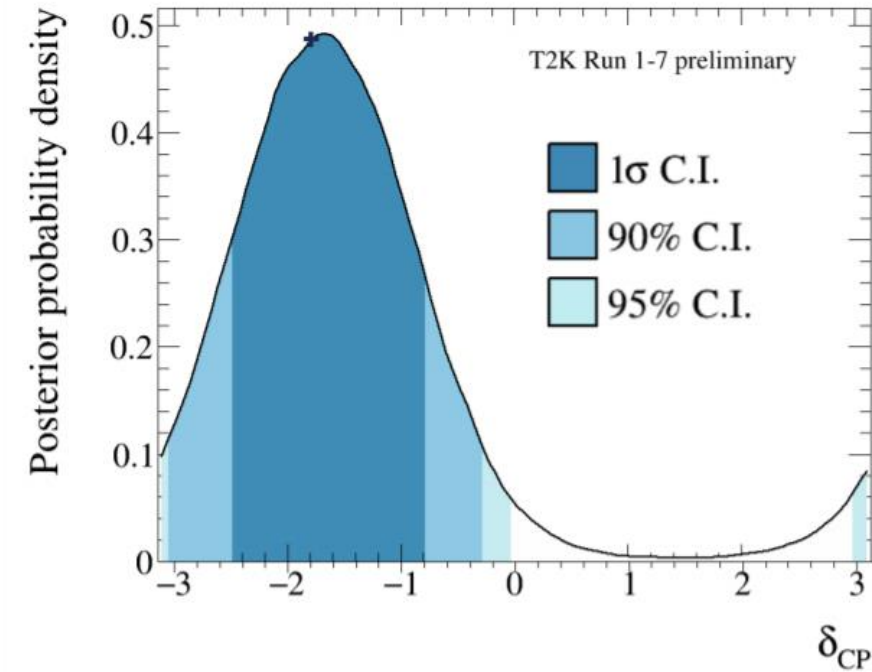
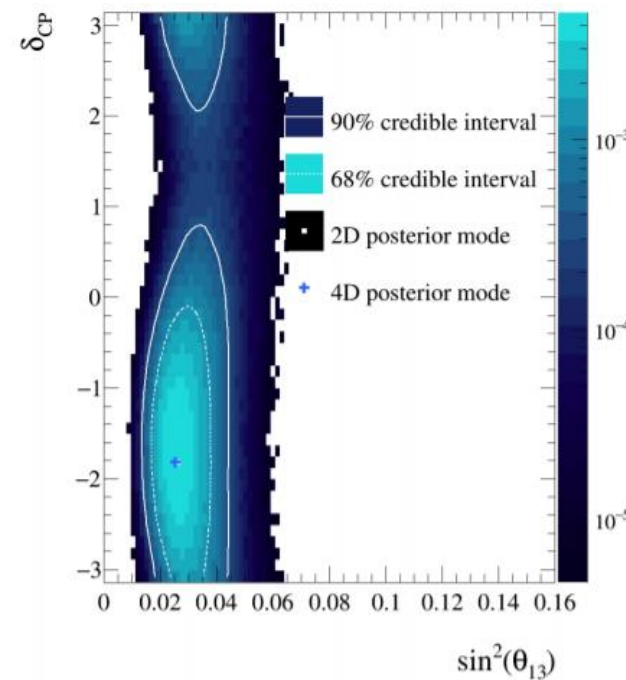
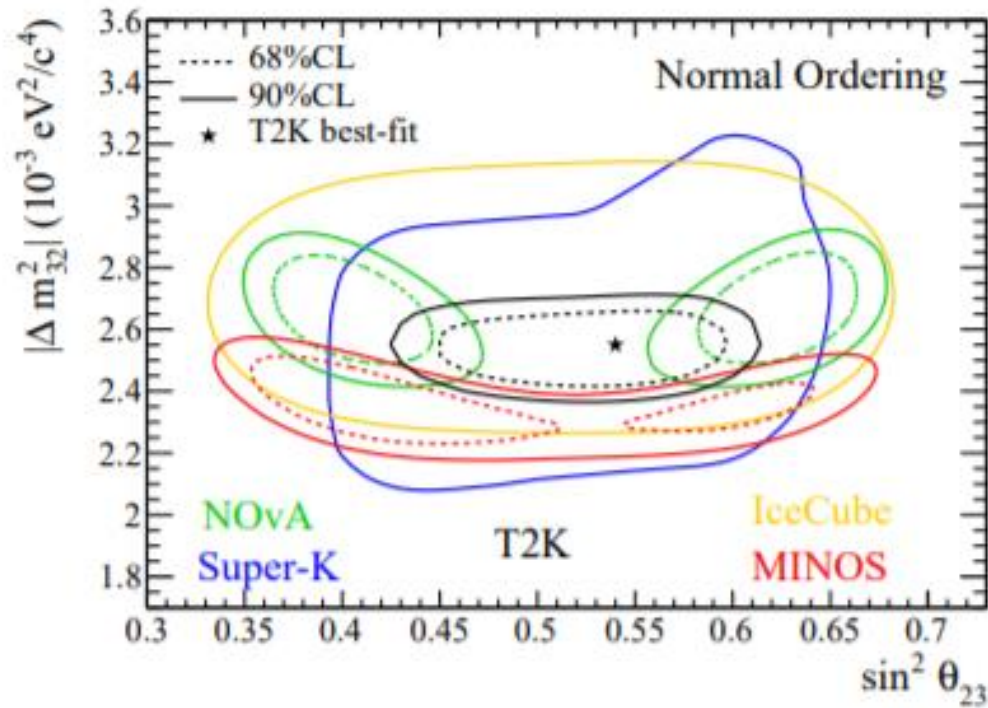


Наблюдение нейтринных осцилляций и CP-нарушения в коллаборации T2K

Результаты измерений

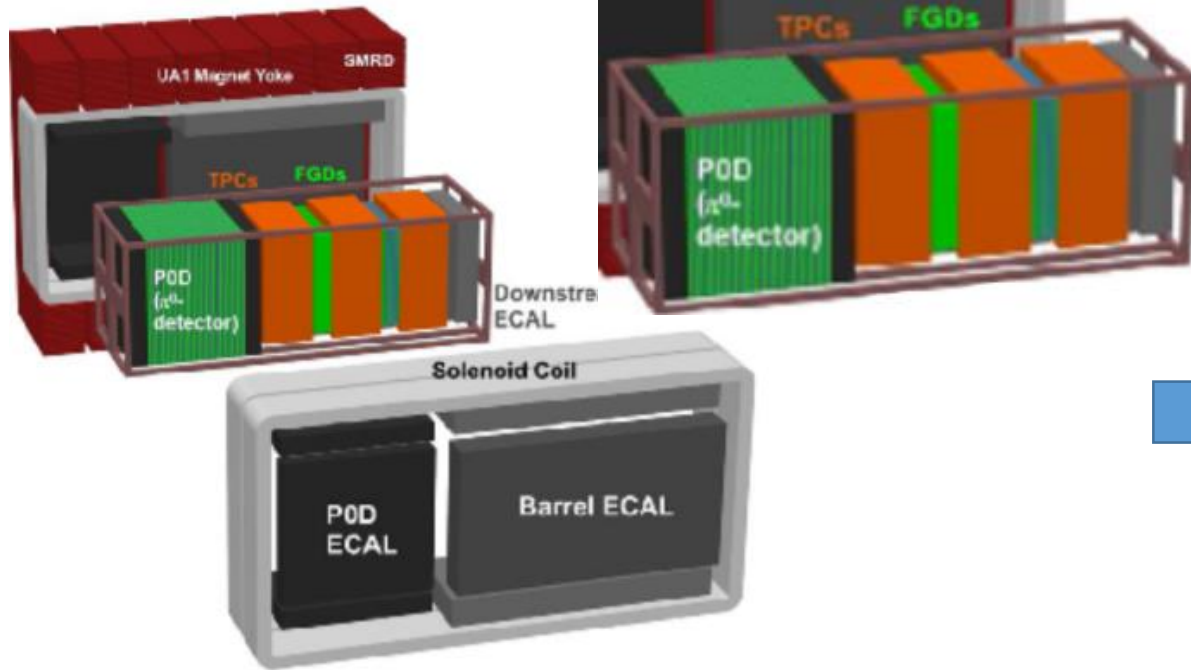
Параметры осцилляций

Фаза CP-нарушения

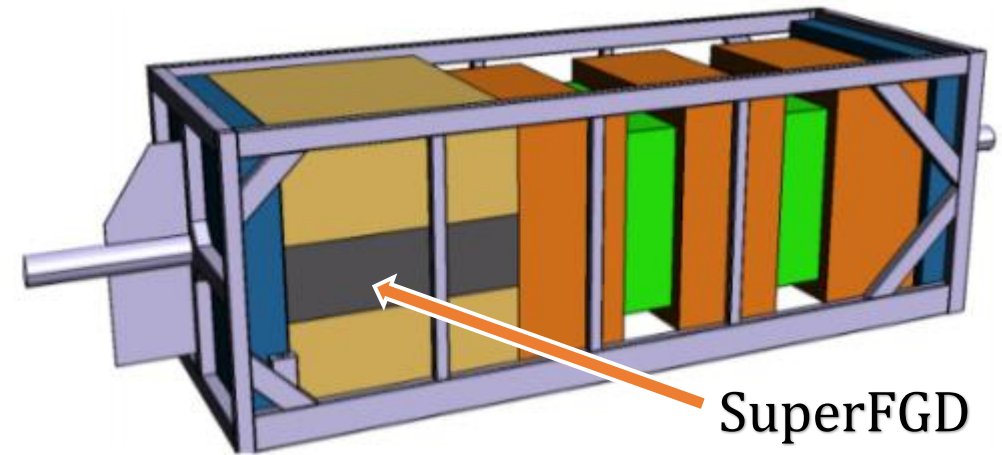


Апгрейд ближнего детектора ND280

До апгрейда



После апгрейда



Цели апгрейда:

- достижение уровня систематической ошибки в 4% (при текущих 6%), необходимой для второй фазы сбора данных в 2020-2026 годах. Эта фаза эксперимента может обеспечить 3σ достоверность фазы CP-нарушения при известной иерархии масс нейтрино;
- улучшение углового восприятия для больших углов и треков, движущихся назад, сохраняя при этом основную концепцию комбинации активной цели и ТРС, которая была доказана ND280 как довольно удачная конфигурация

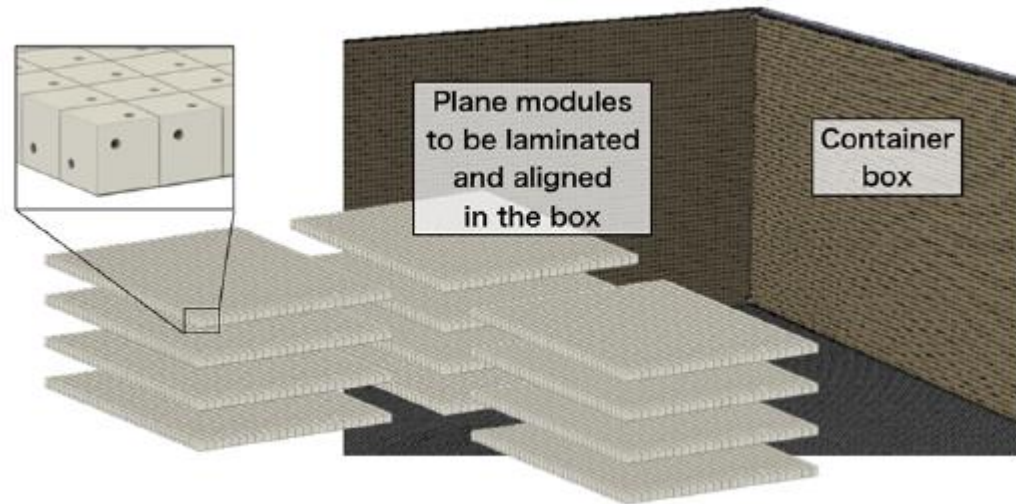
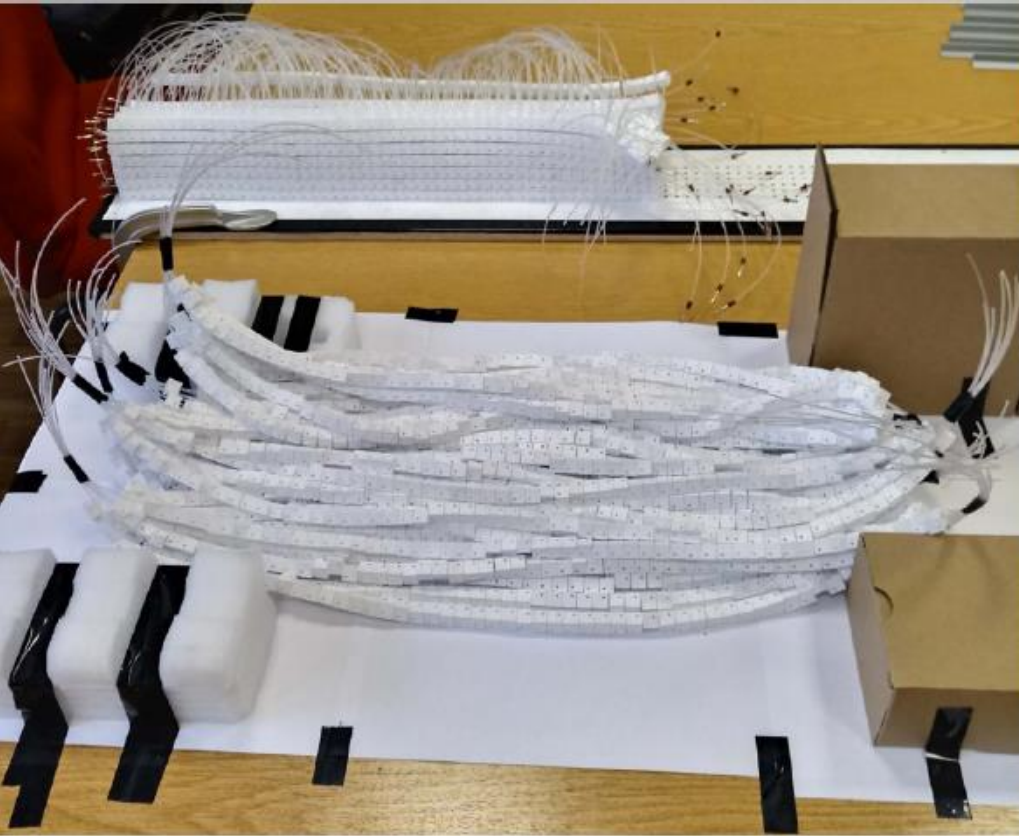
SuperFGD

Преимущества

- Достаточно большая масса (2 тонны) обеспечивает значительное количество нейтринных событий
- Имеет хорошее восприятие заряженных частиц под большими углами
- Может восстанавливать и идентифицировать короткие треки низкоэнергетических адронов вокруг вершины взаимодействия
- Измеряет все 3 проекции треков заряженных частиц

Возможные проблемы

- Потери энергии в неактивном веществе
- Трудности с восстановлением трека электрона



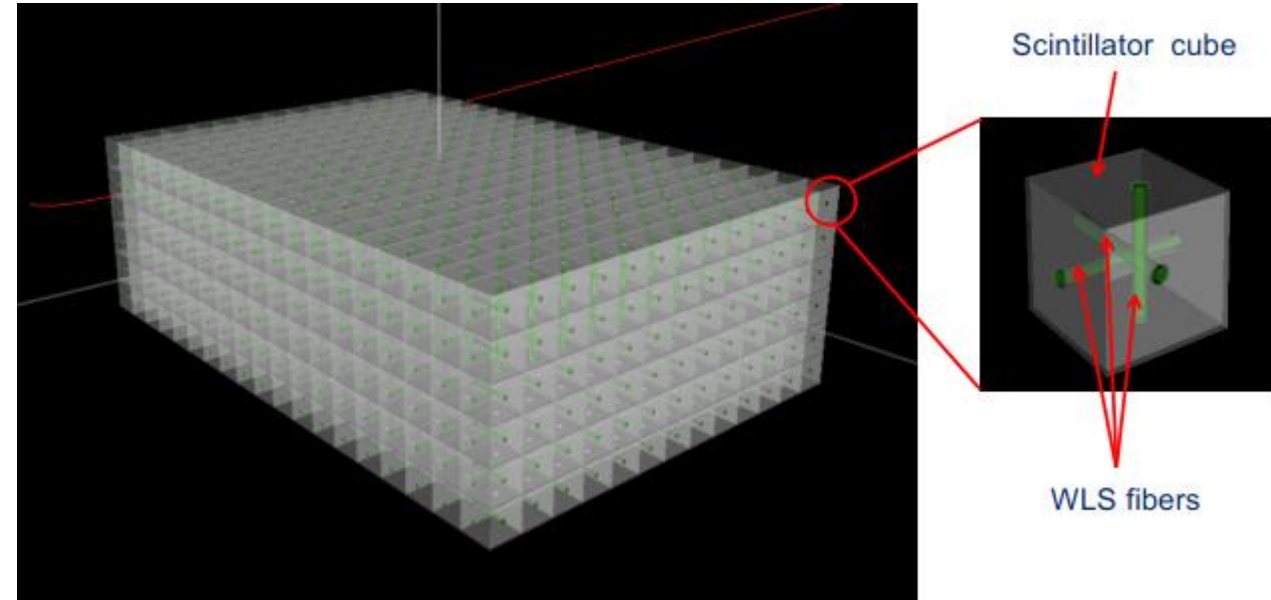
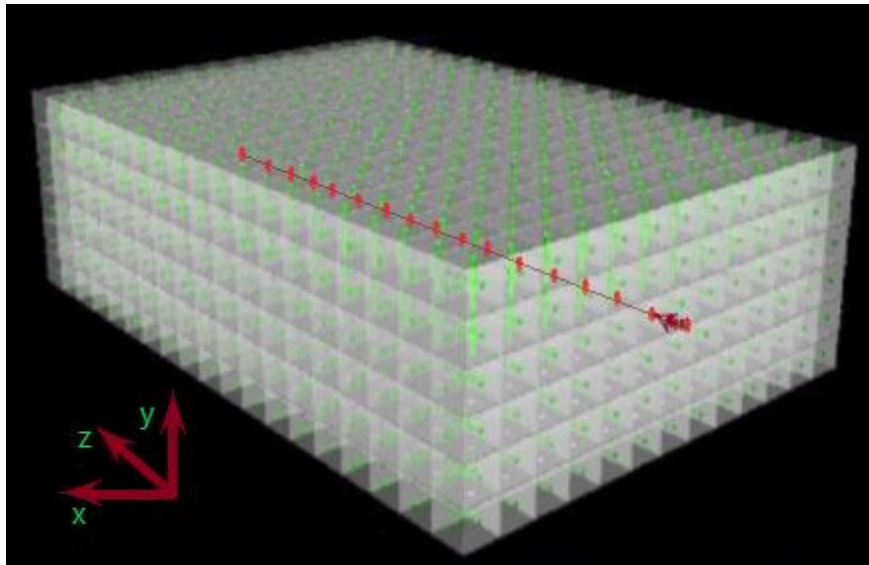
Моделирование SuperFGD

Используемый софт:

- ROOT CERN – анализ
- GEANT4 – Монте-Карло моделирование

Используемая модель: QGSP-BERT

- CHIPS: Chiral Invariant Phase Space model
- QGSP: quark-gluon string model
- BERT: Bertini intranuclear cascade model



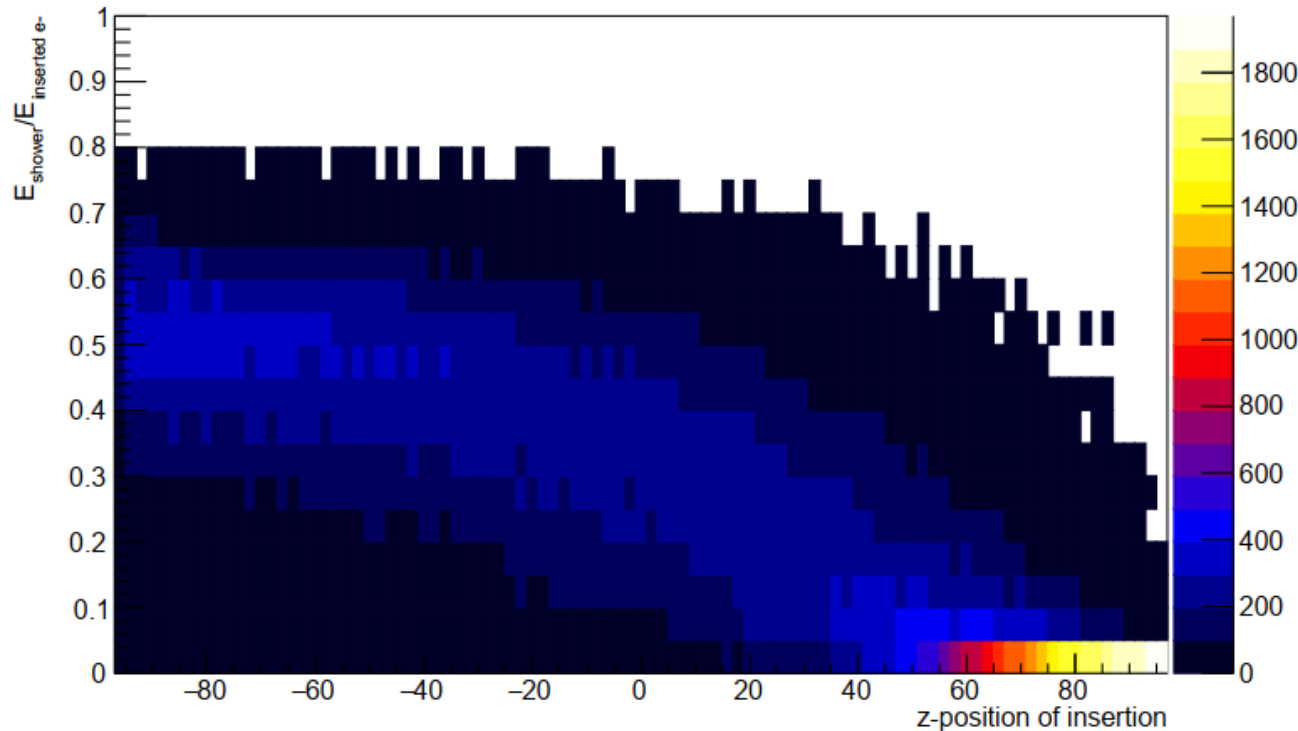
Условия моделирования

- Инжектируемая частица: электрон
- Энергия: от 500 МэВ
- Начальная позиция: варьируется по оси z
- Количество разыгрываемых Монте-Карло событий: 1000

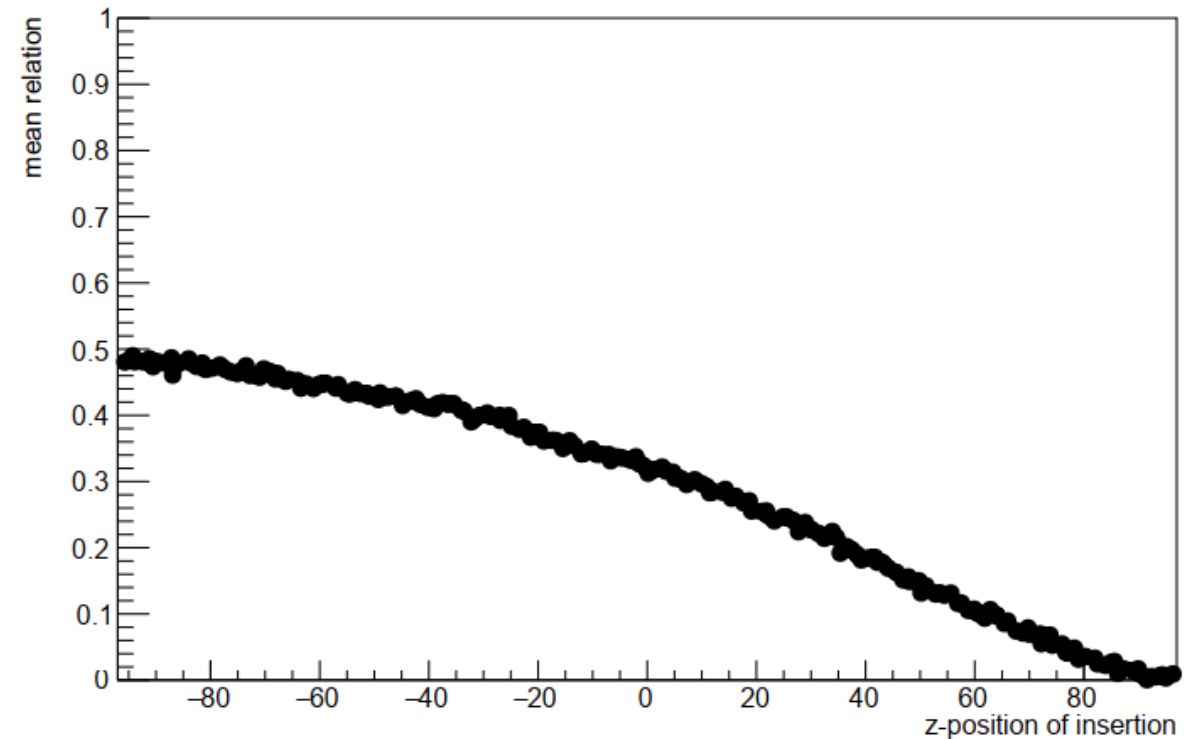
Полученные результаты

Соотношение между электронным ливнем и начальной энергией электрона (500 МэВ) в зависимости от позиции его инжекции в детектор

Relation between electron initial energy and its shower



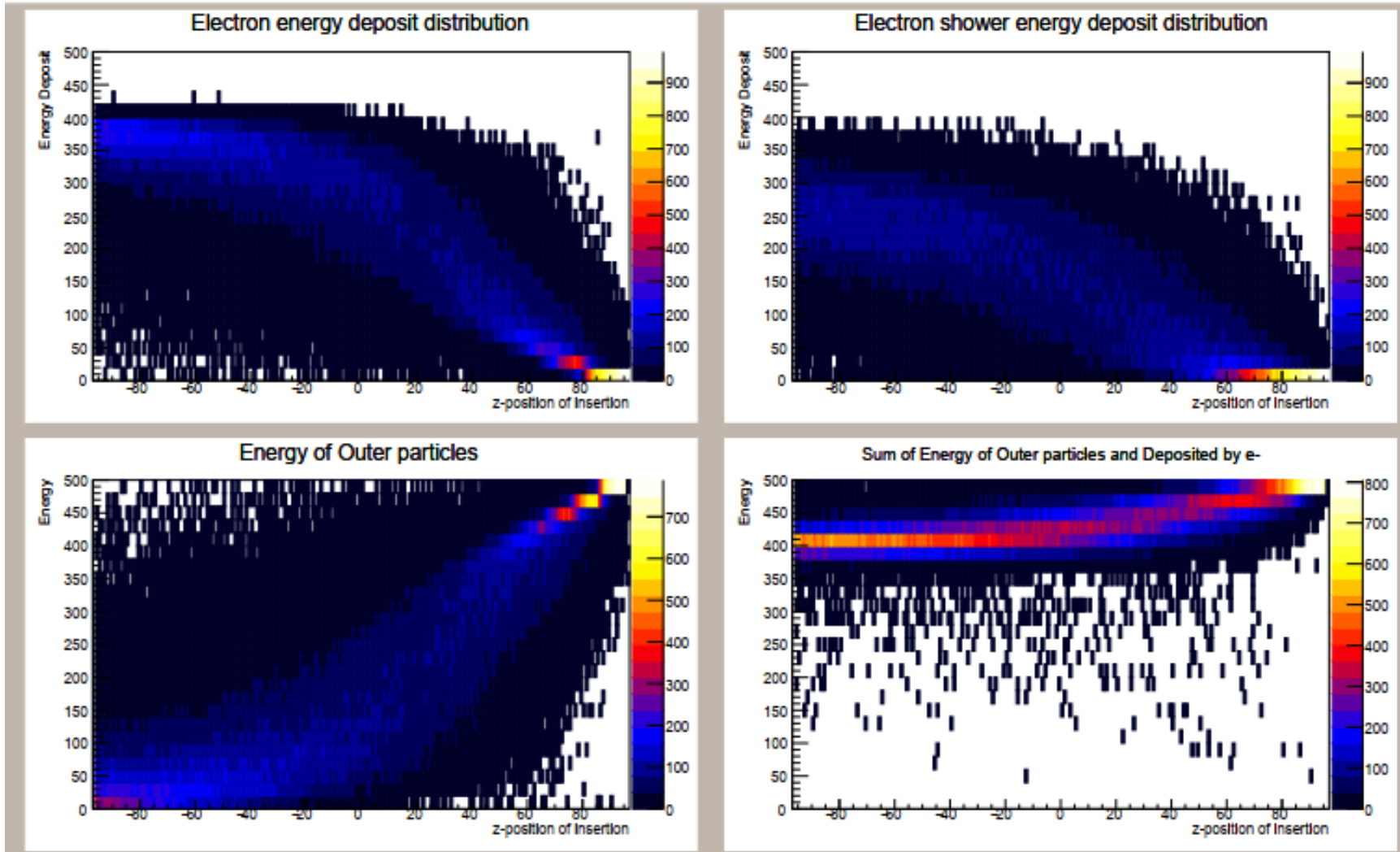
Mean relation between shower and initial e- energy



Полученные результаты

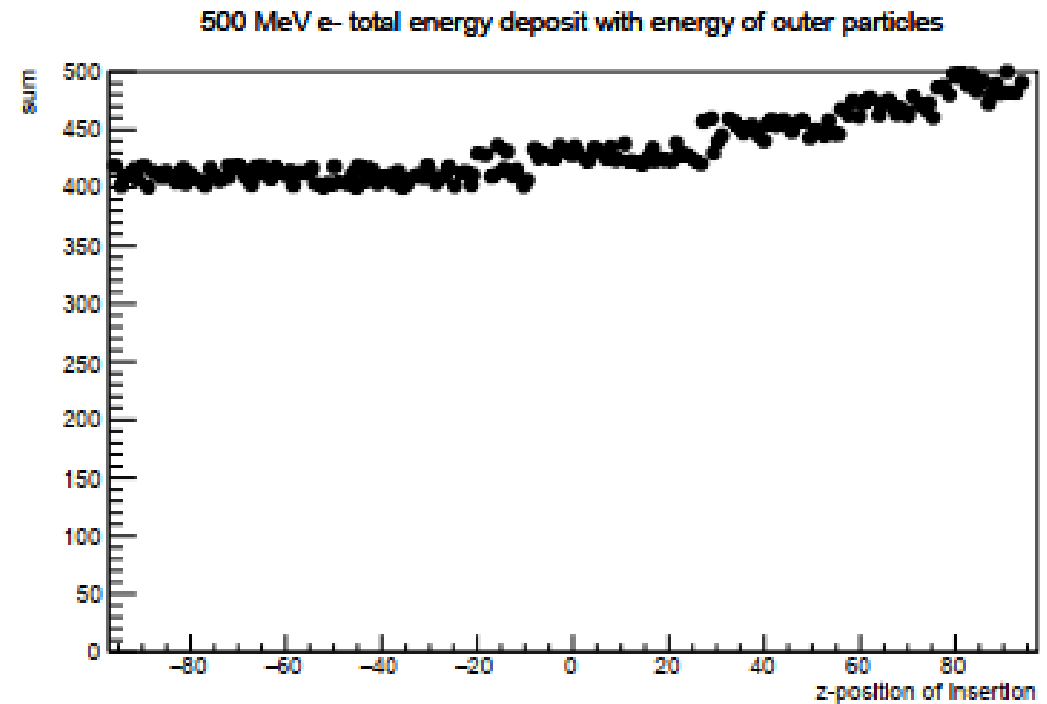
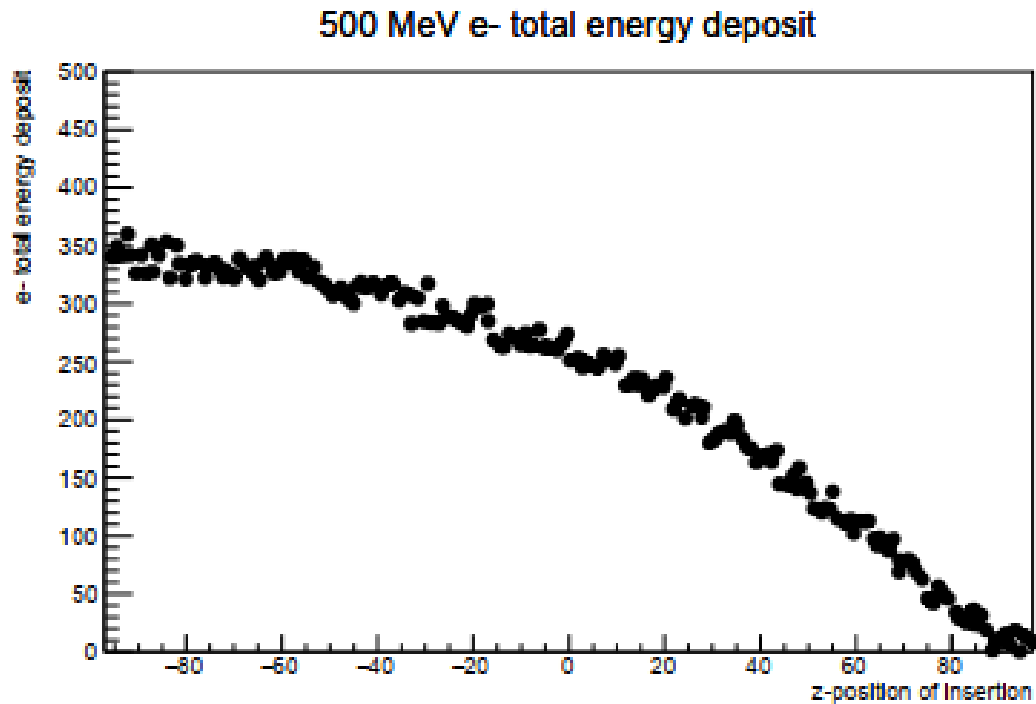
Соотношения для энергосодержания электрона в детекторе, энергий выделенных частиц и их суммы в зависимости от позиции его инжекции в детектор при начальной энергии 500 МэВ

Momentum of inserted e⁻: 500 MeV



Полученные результаты

Соотношения для энергосодержания электрона в детекторе, энергий выделенных частиц и их суммы в зависимости от позиции его инжекции в детектор при начальной энергии 500 МэВ



Выводы

Согласно результатам моделирования, можно сделать вывод из соотношения между ливнем электрона и его начальной энергией о том, что восстановление трека электрона будет давать тем лучшие результаты, чем меньше его трек ввиду почти линейной зависимости соотношения от позиции инъекции электрона.

Кроме того, можно увидеть, что пик суммарной энергии вылетевших из SuperFGD частиц и энерговыделения электрона приходится на величину примерно в 420 МэВ. Вопреки ожиданиям, потери в неактивном веществе – сцинтилляционных трубках, отражателе на кубиках, составляют около 80 МэВ – довольно большое значение.

Личный вклад и полученные навыки

- ✓ Изучены пакеты моделирования GEANT4 и анализа данных ROOT для физики частиц;
- ✓ собран и изучен софт моделирования апгрейда ближнего детектора;
- ✓ было проведено моделирование инжекции электрона в детектор-мишень с разными начальными энергиями и позициями инжекции. Основное внимание было уделено энергиям в 500 МэВ – при этих энергиях наибольшее количество нейтринных событий. В результате был получен критерий, определяющий возможность получения электроном трека в SuperFGD. Также было исследовано распределение по энергиям вылетающих из детектора частиц и проверена гипотеза о потерях энергии в неактивном веществе. Результаты показали некоторое отличие с ожидаемыми – потери энергии в среднем составляют 80 МэВ при инжекции электрона с энергией 500 МэВ