



ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование характеристик модуля детектора реакторных
антинейтрино на основе пластикового сцинтиллятора с системой
WLS-SiPM



Студент

В. А. Вакуленко

Научный руководитель,
мл. науч. сотр.

Д. А. Чмыхало

Научный консультант,
инж.

Н. С. Бойко

Введение



- Россия планирует продавать энергию ПАЭС с другими странами, а потому обеспечение безопасности радиоактивного топлива является одной из приоритетных задач, для решения которой в ИФВЭ НИЦ “Курчатовский институт” были собраны опытные образцы модулей нейтринных детекторов на основе сочетания пластиковых сцинтилляторов и Si-ФЭУ. Детекторы такого типа должны выполнять функцию непрерывного мониторинга заряженных частиц от реактора ПАЭС в реальном времени.
- Исследование и улучшение характеристик детекторов на основе Si-ФЭУ является актуальной задачей, поскольку предполагается, что детектор должен не только корректно и эффективно считывать сигналы от заряженных частиц, но и быть экономически выгодным при производстве и устойчивым к внешним воздействиям окружающей среды.

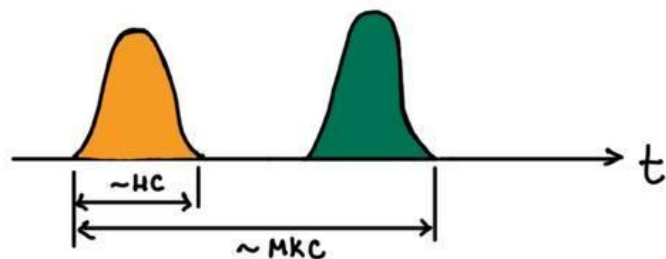
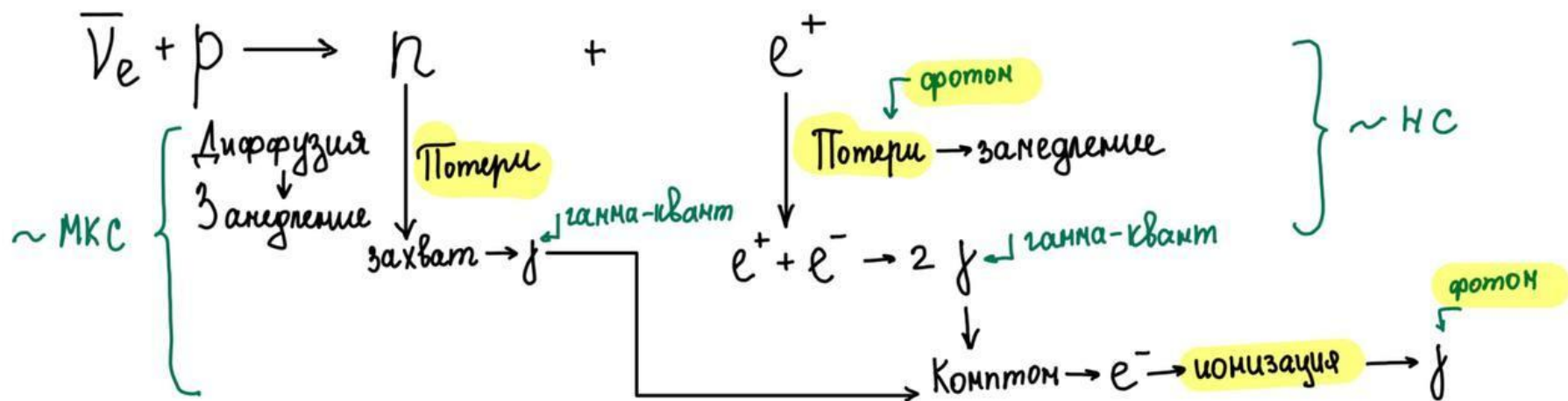
Цель и задачи

Цель исследования заключается в разработке и создании сцинтилляционных детекторов ядерных излучений на основе кремниевых ФЭУ для прикладных задач

Задачи на данном этапе:

- Исследование однородности модуля с оптоволоконном
- Построение модели в программе Geant4

Процесс регистрации антинейтрино

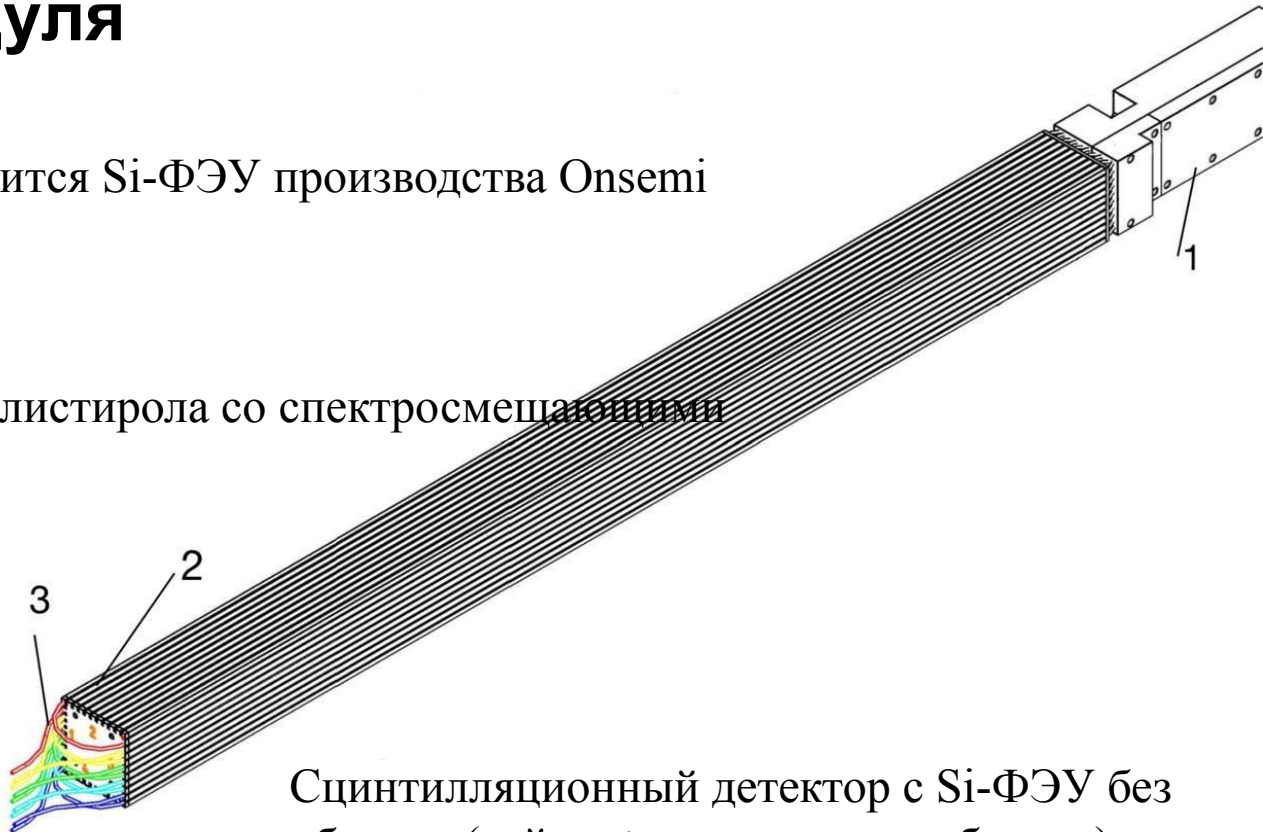


Конструкция модуля

1-Крышка, под которой находится Si-ФЭУ производства Onsemi серии FC-30035

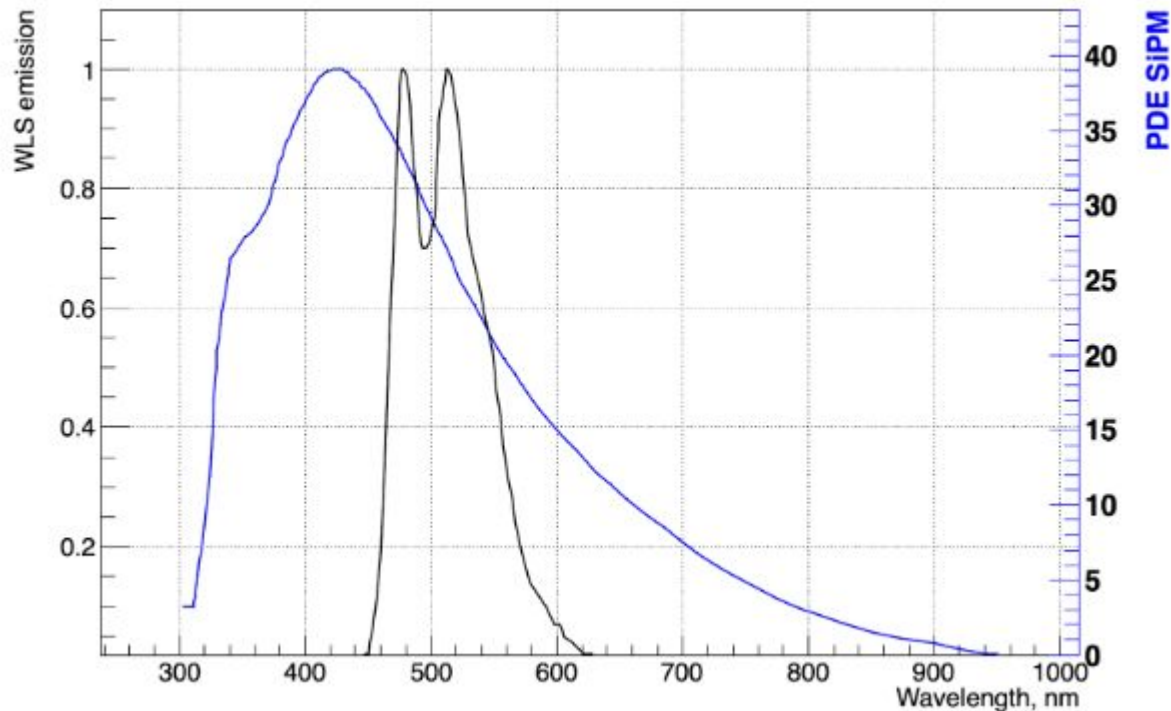
2-Сцинтиллятор-брусочек из полистирола со спектросмещающими добавками

3-WLS оптоволокно Y11 фирмы Kuraray



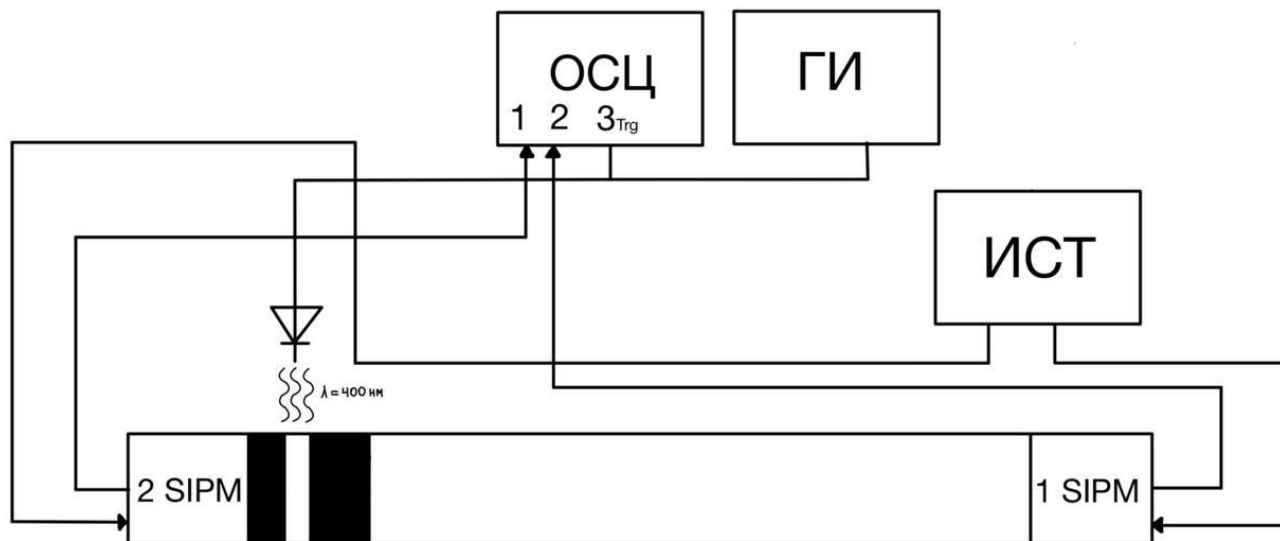
Сцинтилляционный детектор с Si-ФЭУ без обертки (тайвек+светозащитная бумага)

Кремниевые фотоумножители (SiPM)



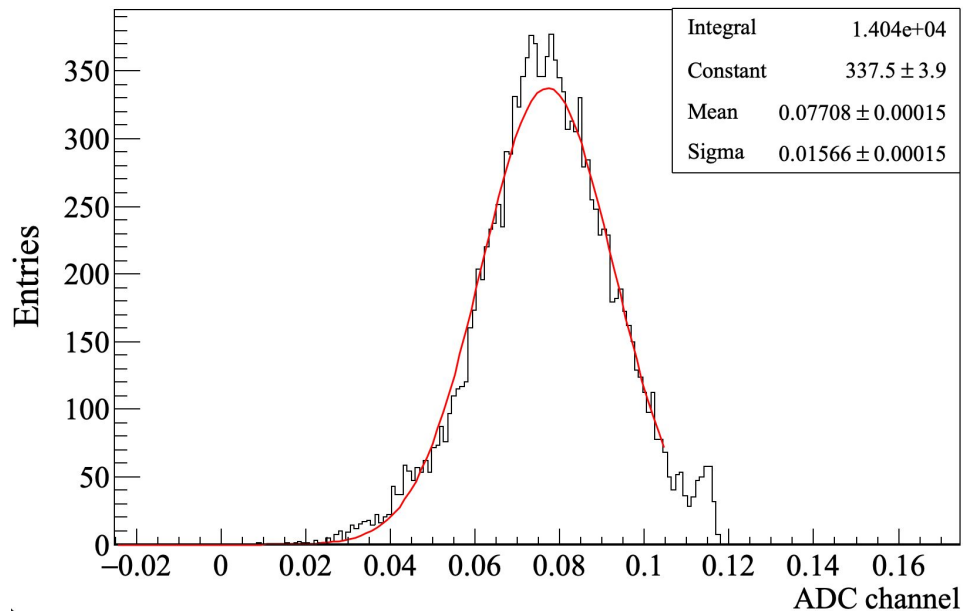
Спектры: черный - излучение спектросмещающего волокна, синий - эффективность регистрации фотонов (PDE) SiPM

Эксперимент

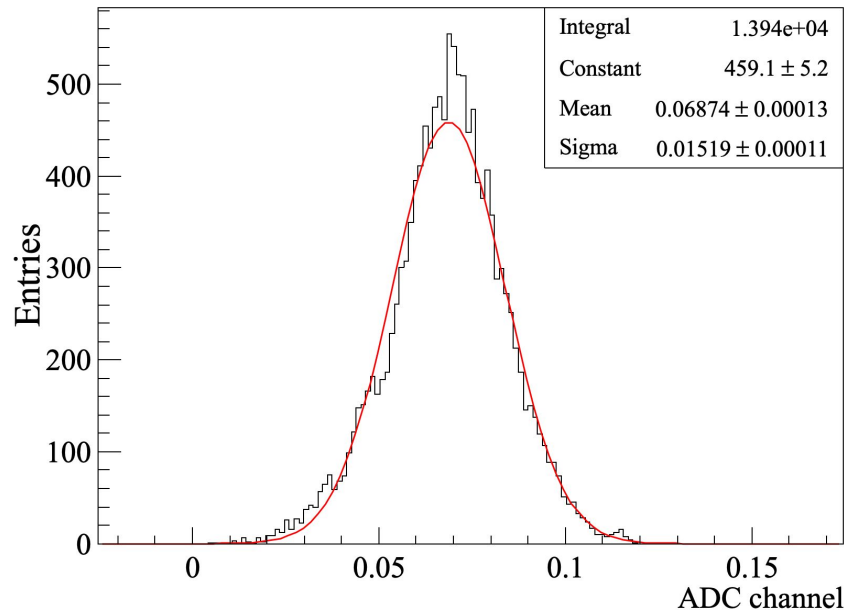


- На каждый SI-ФЭУ подается напряжение смещения 30В.
- Сигналы с ФЭУ подаются на каналы 1 и 2 осциллографа соответственно.
- Освещаются волокна посредством ультрафиолетового диода. На диод и 3 вход осциллографа подается прямоугольный сигнал, который выступает в качестве триггера для сбора данных.
- Для изучения зависимости амплитуды напряжения от расстояния от второго SI-ФЭУ диодом поочередно освещались изолированные посредством черной бумаги (как показано на рисунке) щели.

Полученные результаты

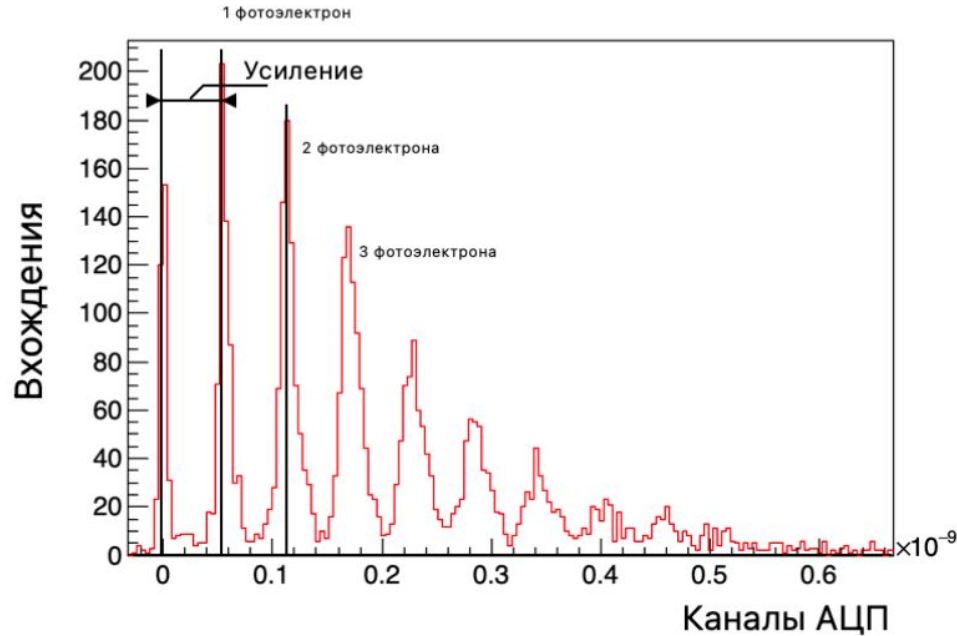


Гистограмма для расстояния 55.6 см от 2 SIPM



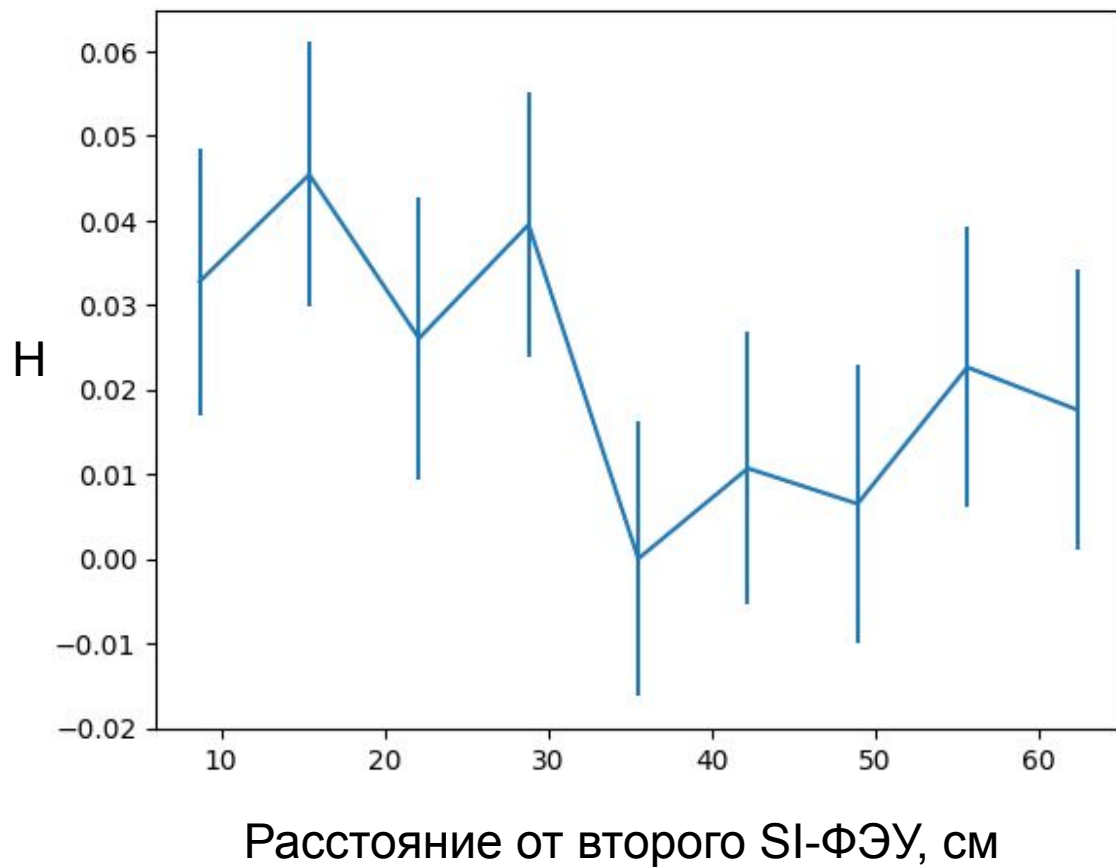
Гистограмма для расстояния 8.7 см от 2 SIPM

Пересчет каналов АЦП в количество фотоэлектронов



Одноэлектронный спектр, полученный при
напряжении на SiPM 30 В

- Исследуется одноэлектронный спектр и определяется значение каналов АЦП в первом пике.
- Для пересчета необходимо разделить каждое значение шкалы на полученное выше значение.

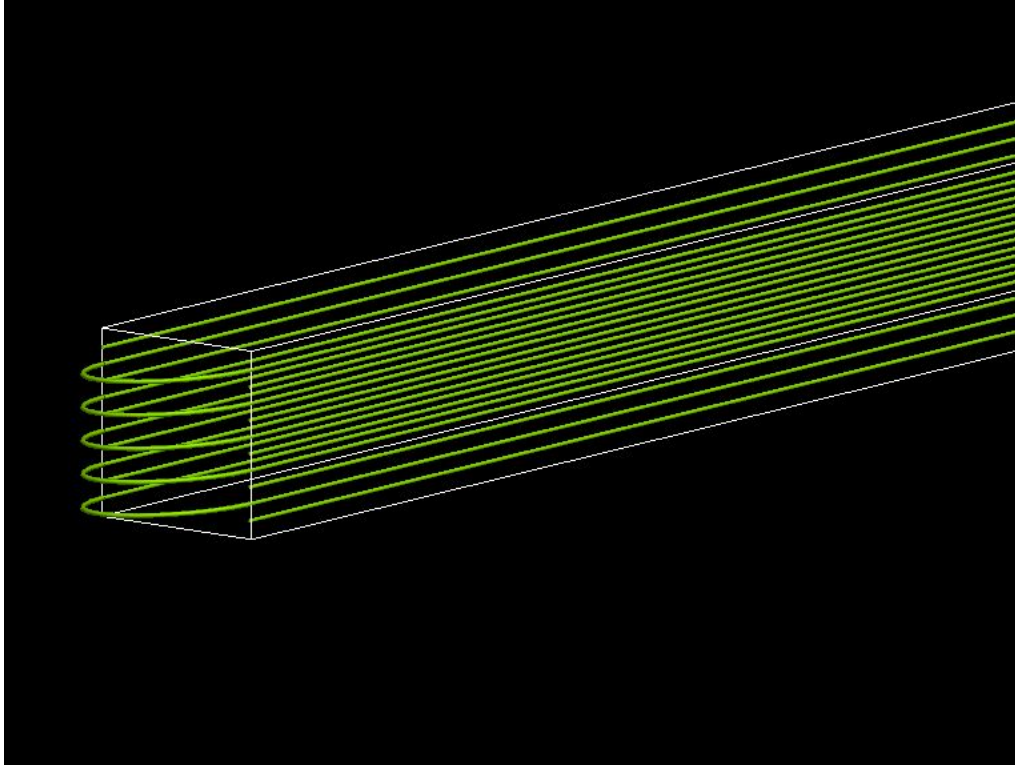


$$H = \frac{n_x - n_{xсер}}{n_{xсер}}$$

n_x – количество фотоэлектронов
на расстоянии x от второго SI-ФЭУ
 $n_{xсер}$ – количество фотоэлектронов
в центре бруска (35.5 см)

Максимальное
отклонение - 4.5
%

Построение модели в Geant4



Результаты на данном этапе:

- Смоделирована геометрия бруска сцинтиллятора и нитей оптоволоконна
- Прописаны оптические свойства материала бруска

Модель бруска сцинтиллятора с нитями оптоволоконна

Заключение

- В результате, в ходе работы были изучены конструкция и применение модуля нейтринного детектора на основе SIPM. Также был рассмотрен механизм регистрации реакторных антинейтрино.
- На основе экспериментальных данных была получена неоднородность светособирания - 4.5%.
- Так же была построена геометрическая модель модуля детектора в Geant4.
- В дальнейшем планируется изучение характеристик данного модуля с помощью программы Geant4 и метода Монте-Карло. Это позволит понять, какие характеристики больше всего влияют на эффективность работы детектора и, как следствие, создать оптимальную его конфигурацию.

Спасибо за внимание!