

# Реконструкция треков мюонов в сцинтилляционном детекторе

Завидов Е.Н., Кораблев Д. А, Летагин И.Д., Панфилов П.А.  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

14 апреля 2024

## Аннотация

С использованием языка программирования Python разработано программное обеспечение, позволяющее рассчитать эффективности плоскостей мобильного мюонного годоскопа (ММГ), а также строить треки мюонов в детекторе.

**Ключевые слова:** мобильный мюонный годоскоп, сцинтилляционный стрип, мюонография, обработка больших данных, Python.

## 1 Введение

### 1.1 Описание проблемы

Для настройки и калибровки детектора после его сборки необходимо заранее написать программное обеспечение, позволяющее обрабатывать экспериментальные данные. Чтобы это сделать, в Geant4 создана модель мобильного мюонного годоскопа. Задачей данной работы является написание программного обеспечения для обработки данных, полученных из модели.

### 1.2 Актуальность

В области геологии, культурологии и археологии имеется потребность в разработке способов исследования труднодоступных мест. Одним из самых эффективных методов является мюонография. ММГ предназначен для исследования скрытых массивных объектов, в том числе культурного наследия, частично находящихся под землей. Для создания модели ММГ необходима отладка методов реконструкции мюонных треков.

## 2 Решение

### 2.1 Постановка задачи

Для корректной обработки экспериментальных данных необходимо:

1. Промоделировать регистрацию фотонов и отклик кремниевых фотоумножителей (SiPM);
2. Определить эффективность КП ММГ;
3. Создать отрисовщик треков частиц.

### 2.2 Описание модели

На языке Python написано программное обеспечение, которое по данным модели помогает определить среднее число фотоэлектронов, приходящих на один SiPM и пороговое значение (в фотоэлектронах) для срабатывания SiPM. <sup>1</sup> В основу кода положены физические свойства распределений сигналов детектора, моделирование которых происходило с использованием метода Бокса-Мюллера. Усреднение числа электронов на один датчик производилось по всем событиям. Для нахождения эффективностей плоскостей рассматривались треки мюонов, проходящих через данную плоскость и в качестве результата бралось отношение числа событий, в которых как минимум 1 стрип сработал к общему числу событий, в которых мюоны проходили через данную плоскость.

---

<sup>1</sup>Все графики приведены в приложенных файлах.

Язык Python был выбран в качестве основного языка разработки программного обеспечения (ПО) из-за высокой читаемости кода. Данный язык является наиболее удобным в области DataScience и DataAnalysis.

## 2.3 Расчетная часть

Для моделирования процессов, происходящих в ММГ, были сгенерированы случайные равномерно распределенные величины с помощью библиотеки NumPy.

Для перевода случайных равномерно распределенных величин к ожидаемой Гауссово распределенной величине  $z$  с заданными параметрами средней: амплитуды сигнала на 1 фотоэлектрон и стандартного отклонения - был использован метод Бокса-Мюллера:

$$z = \mu + \sigma \cos(2\pi\phi) \sqrt{-2\ln(r)}, \quad (1)$$

Для нахождения квантовой эффективности использовался метод линейной интерполяции:

$$(X - X_1)/(X_2 - X_1) = (Y - Y_1)/(Y_2 - Y_1), \quad (2)$$

## 3 Анализ полученных результатов, выводы

Результатом работы является рабочее программное обеспечение, которое помогает обрабатывать экспериментальные данные с детекторов. Все написанные программы исправно работают и справляются с поставленной задачей за оптимальное время.