

Измерение потока мюонов в подземной лаборатории в Канфранке.

Л.В. Инжечик¹, А.А. Нозик^{1,2}, А.Н. Фазлиахметов¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт ядерных исследований РАН

Для проведения экспериментов по поиску редких физических явлений, таких как детектирование частиц темной материи или двойной безнейтринный бета-распад требуются очень хорошие фоновые условия. На поверхности земли основными источниками фона являются космические лучи и естественная радиоактивность окружающих материалов[1].

Интенсивность компонент космических лучей на различной высоте над уровнем моря показана на рис. 1. Проникающую компоненту космических лучей образуют мюоны высоких энергий. Для защиты от них лаборатории строят глубоко под землей так как с ростом глубины залегания интенсивность потока мюонов падает. Однако, даже на глубине до 2 км остаточные потоки космических мюонов высоких энергий способны генерировать в детекторах фоновые сигналы, которые ограничивают чувствительность экспериментов по поиску редких явлений. Фоны, обусловленные естественной радиоактивностью материалов и окружающих горных пород, от глубины лаборатории не зависят, а определяются наличием радиоактивных изотопов (U, Th, K..).

Мюонная компонента космических лучей является наиболее «опасной» вследствие высокой проникающей способности мюонов — от них нельзя защититься с помощью пассивных экранов. Кроме этого они могут генерировать высокоэнергетичные нейтроны и другие вторичные частицы вследствие взаимодействий с ядрами.

В данной работе дано описание эксперимента «MuonMonitor» по измерению углового распределения потока остаточных мюонов в подземной лаборатории в Канфранке (далее LSC: Laboratorio Subterráneo de Canfranc), описаны обработка данных эксперимента и полученные результаты. Проект по измерению остаточного потока мюонов в подземной лаборатории LSC был инициирован ее директором Alessandro Bettini в 2011 г. В рамках этого проекта в LSC был поставлен эксперимент «MuonMonitor» с использованием матричных сцинтилляционных детекторов SC16, которые были разработаны в ИЯИ РАН по заказу Центра подземной физики в Пихасальми.

Экспериментальная установка состоит сцинтилляционной детектирующей системы (далее SDS: Scintillation Detection System) и системы сбора данных (далее DAQ: Data Acquisition System). SDS состоит из 22 детекторов SC16 собранных в трехслойную сборку (см рис. 2) и двух плат предварительной обработки информации: Hodoscope Board и Timing Board. DAQ состоит из нескольких блоков стандарта VME и триггерного блока.

Первая серия измерений была начата в сентябре 2013 в зале А LSC и продолжалась до конца октября 2015. Обрабатывались данные именно за этот период времени. Для получения углового распределения потока мюонов, необходимо было восстановить траекторию каждого мюона. Для этой цели было использовано аналитическое решение задачи МНК в трехмерном случае. Такой трекинг-анализ дал еще один критерий отбора мюонных событий: три сработавших пикселя (в разных слоях) должны лежать на одной прямой. Для таких событий вычислялись азимутальный и зенитный углы траекторий. Используя известные координаты сработавших детекторов и метод наименьших квадратов были восстановлены траектории мюонов и получен предварительный вариант углового распределения потока остаточных мюонов без учета угловой апертуры каждой комбинации детекторов (см. рис. 3 и рис. 4).

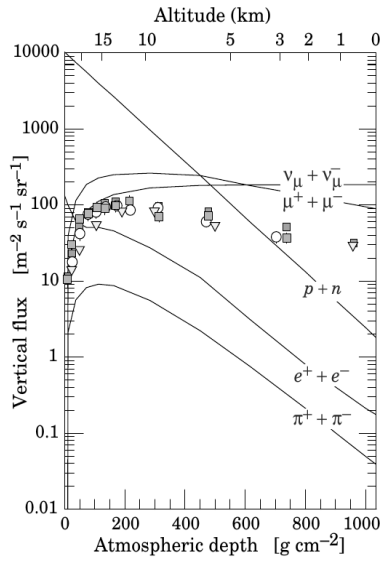


Рис. 1. Вертикальный поток космических лучей в атмосфере с $E > 1\text{ GeV}$

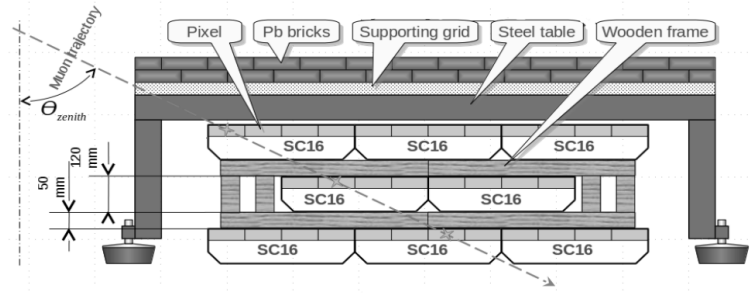


Рис. 2. Схема сборки детекторов

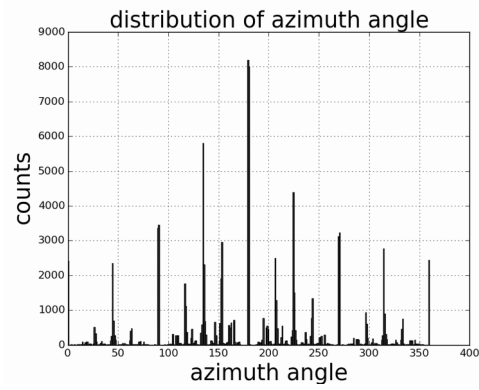


Рис. 3. Гистограмма распределения зенитного угла потенциально мюонных событий

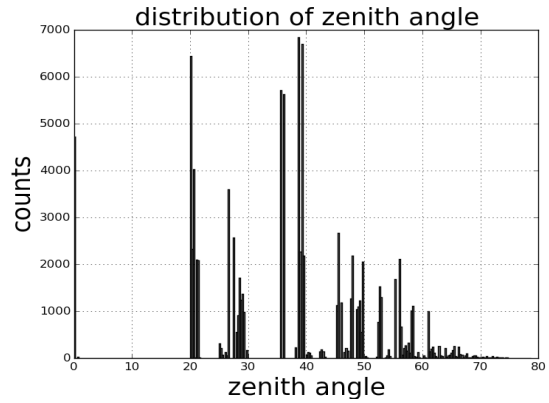


Рис. 4. Гистограмма распределения азимутального угла для потенциально мюонных событий

Литература

1. K.A. Olive et al. Particle Data Group, Chinese Physics C38, 2014.