Управление образования города Таганрога

Таганрогский институт имени А. П. Чехова (филиалом) «РГЭУ (РИНХ)»

г. Таганрог

2015

Автор работы:

Васильев Артём Викторович, ученик 11А класса МАОУ гимназия «Мариинская», г. Таганрог. Ростовской области.

Научный руководитель:

Бочарова Ирина Леонидовна преподаватель физики МАОУ гимназия «Мариинская», г. Таганрог.

Мюонный телескоп

Исследовательская работа

Наименование секции: Физика

Оглавление

[1.1 Введение. Физика элементарных частиц. Мюон 2](#_Toc415536158)

[2. Основная часть. Разработка методики детектирования мюонов 5](#_Toc415536159)

[2.1 Создание детектора. Мюонный телескоп 7](#_Toc415536160)

[2. Заключение. Результаты работы 9](#_Toc415536161)

[3. 3. Список использованной литературы 10](#_Toc415536162)

[4. Список иллюстраций 11](#_Toc415536163)

# Введение. Физика элементарных частиц. Мюон

Физика элементарных частиц (ФЭЧ) является разделом физики, в рамках которого производятся исследования структуру и свойства элементарных частиц и их взаимодействия. Современная ФЭЧ шагнула гораздо дальше представлений Демокрита о неделимости атома. Наука начала использовать представление об атомах только в начале XIX века, когда на этой основе удалось объяснить целый ряд химических явлений. В 30-е годы XIX века в теории электролиза, развитой М. Фарадеем, появилось понятие иона и было выполнено измерение элементарного заряда. Конец XIX века ознаменовался открытием явления радиоактивности (1896 г., А. Беккерель), а также открытиями электронов (1897 г., Дж. Томсон) и α-частиц (1899 г., Э. Резерфорд). В 1905 году в физике возникло представление о квантах электромагнитного поля – фотонах (А. Эйнштейн). Постепенно в ходе различных экспериментов было выявлено более трёх сотен различных элементарных частиц. Работы ведущих ученых в области ФЭЧ за последние десятилетия нашли свое отражение в так называемой Стандартной модели элементарных частиц, в которой описаны «истинно элементарные» частицы — элементарные частицы, для которых не предполагается наличие какой-либо дополнительной внутренней структуры (*Рисунок 1*). Одним из видов таких элементарных частиц являются мюоны. Именно данная частица и явилась предметом моей исследовательской работы.

Мюон в стандартной модели физики элементарных частиц — неустойчивая элементарная частица с отрицательным электрическим зарядом и спином 1/2. На Земле данный тип частиц можно встретить в качестве вторичного потока галактических космических лучей (ГКЛ).

Космические лучи — это поток частиц, приходящих на Землю из межзвездного пространства. Первичные космические лучи состоят главным образом из протонов (∼ 90%), α-частиц и более тяжелых ядер. Основная доля первичных космических лучей имеет энергию 109 – 1010 эВ, но встречаются также частицы со значительно большей энергией (до 1019 эВ). Частицы с энергиями менее 109 эВ отклоняются магнитным полем Земли и не попадают на нее. Поток протонной компоненты с энергией выше 2·109 эВ составляет примерно один протон на 1 см2/с (3.1) В результате взаимодействия первичных космических лучей с ядрами атмосферы появляются новые (вторичные) частицы — мезоны различных сортов, распад которых приводит к появлению электронов, позитронов и фотонов большой энергии. Таким образом, вторичные космические лучи, наблюдаемые на высоте до 10 км, совершенно не похожи по своему составу на первичные космические лучи.

Космическое излучение, приходящее в нижние слои атмосферы, принято делить на мягкую и жесткую компоненты. Мягкая компонента состоит из электронов, позитронов и γ квантов, которые сильно поглощаются в веществе. Поглощение частиц мягкой компоненты существенным образом зависит от порядкового номера Z вещества поглотителя. Частицы мягкой компоненты почти целиком поглощаются десятисантиметровым слоем свинца. Жесткая компонента состоит из мюонов, которые слабо поглощаются веществом, притом приблизительно одинаково веществами с разными Z. Столь большое различие проникающей способности частиц обеих компонент связано с тем, что электроны и позитроны мягкой компоненты при взаимодействии с веществом тратят большую часть своей энергии на излучение, а потери мюонов на излучение сравнительно малы. Это объясняется тем, что количество излученной энергии пропорционально квадрату заряда и обратно пропорционально квадрату массы частицы, а мю-мюон примерно в 207 раз тяжелее электрона. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов вещества для электронов и мюонов космических лучей на уровне моря примерно одинаковы и сравнительно малы. Особенностью мюонов является их распад на электроны, нейтрино и антинейтрино.

µ ± → e ± + ν + ν , τ = 2,2 · 10−6 с

В плотной среде поглощение мюонов обусловлено потерей энергии на ионизацию атомов среды. В газообразной среде пробег мюонов велик и масштабах земной атмосферы можно не учитывать их выбывание из потока космических лучей за счет спонтанного распада.

Информация о потоке мюонов у поверхности земли несёт большое количество важной статистической информации о первичных частицах ГКЛ, которые и являлись непосредственной причиной их образования. Значение потока ГКЛ, в свою очередь, является перспективным направлением исследований:

Диагностика солнечных ударных волн, Обнаружение Коронарных выбросов массы и вспышек.

Элементарные частицы обладают ничтожно малым размером, не позволяющем увидеть их даже в самые совершенные микроскопы, потому факт их существования определяется по косвенным признакам их взаимодействия с окружающим миром. Таким образом, целью моей исследовательской работы явилось решение проблемы нахождения элементарных частиц — создание детектора.

Основные цели и задачи работы:

* Разработка программно-аппаратного комплекса детектирования ультрарелятивистских мюонов
* Изучение методов детектирования мюонов
* Создание опытной модели детектора мюонов
* Исследование возможных статистических методов применения информации о вариации потока мюонов

# 2. Основная часть. Разработка методики детектирования мюонов

Существует несколько принципиальных подходов к процедуре обнаружения частиц. Они различаются главным образом по типу детектируемых частиц. Преступая к работе по детектированию мюонов необходимо рассмотреть типы детекторов и определить наиболее подходящий для реализации поставленной задачи:

Ионизационные калориметры — приборы, измеряющие энергию частиц. В этих устройствах на пути частицы устанавливают слой плотного вещества, являющего сцинтиллятором.

Детектор чеpенковского излучения — детектор, принцип работы которого базируется на том, что легкая частица, проходящая через вещество со скоростью большей, чем скорость света в данном веществе излучает свет.

Газоразрядные камеры — газоразрядный прибор для автоматического подсчёта числа попавших в него ионизирующих частиц. Представляет собой газонаполненный конденсатор, который пробивается при пролёте ионизирующей частицы через объём газа.

Ионизационные калориметры требуют для своей работы создание больших монокристаллических пластин материала сцинтиллятора, а создание чеpенковского детектора требует создание детектора значительных геометрических размеров. Принимая во внимание доступную для проведения работы элементарную базу радиоэлектронных компонентов, в качестве базового элемента мюонного телескопа нашли своё применение газоразрядные детекторы.

В своей работе я предлагаю использовать следующую методику детектирования мюонов. Для создания устройства необходимо применить большое количество газоразрядных камер, которые будут разделены в два полностью независимых массива. Данные массивы детекторов должны лежать в параллельных плоскостях и скрещиваться под прямым углом. При изолировании данных массивов детекторов материалом-поглотителем, который будет выполнять функции коррекции спектра, по событиям одновременного срабатывания двух газоразрядных трубок из разных массивов можно судить о прохождении через телескоп высокоэнергичной ультрарелятивистской частицы, то есть с достаточным уровнем точности — о пролёте через детектор мюона ГКЛ.

 μ

Первый массив детекторов

Второй массив детекторов

Мюоны галактических космических лучей имеют очень большую проникающую способность, потому вызывают практически одновременное срабатывание детекторов в разных слоях, что позволяет верно определить данный тип частиц на уровне обработки сигнала.

# 2.1 Создание детектора. Мюонный телескоп

За основу детектирующего комплекса выбран газоразрядный счетчик Гейгера–Мюллера СТС-5. В устройстве применено 8 трубок, сгруппированных по четыре в два слоя. Перед разрабатываем устройством было описано следующее техническое задание:

• Использование современной элементарной базы

• Высокая частота опроса детекторов

• Помехозащищенность

• Возможность компьютерной обработки полученных данных

• Масштабируемость

Определённые выше характеристики мюонного детектора предполагают создание полностью цифрового устройства с использованием микроконтроллера. Дальнейшая разработка детектора заключается в проектировании и сборке механизмов детектора, и написании необходимого программного обеспечения.

Аппаратная часть

Мюонный телескоп (Рисунок 2) состоит из следующих функциональных блоков:

* Высоковольтный преобразователь напряжения для питания газоразрядных камер
* 2 массива газоразрядных камер
* Блоки предусилителей сигнала
* Блоки формирователей импульса
* Схема совпадений
* Преобразователь параллельного сигнала схемы совпадений в последовательный
* Микроконтроллер

Программная часть

Программная часть телескопа состоит из двух исполняемых модулей: программы микроконтроллера и исполняемого модуля пользовательского интерфейса для компьютера.

Микроконтроллер исполняет программу по следующему алгоритму:

* Ожидание срабатывания одной из газоразрядных камер в верхнем массиве детекторов;
* Опрос данных от схемы совпадений о состоянии каждой из камер;
* Обновление внутренней статистики и отправка на компьютер полученных данных.

 Исполняемый модуль для персонального компьютера решает задачи представления полученных с телескопа данных. Вся полученная с устройства информация непрерывно буферизируется в динамически расширяемой очереди. Данные за выделенные промежутки времени идут на расчет точного положения пролёта мюонов и постановлений значений потока частиц фонового излучения и непосредственно на нахождение потока мюонов (Рисунок 3, Рисунок 4).

# Заключение. Результаты работы

В качестве практического результата выполненной работы была произведена сборка опытной модели детектора частиц (рисунок 5). Полученное устройство работает в постоянной связи с компьютером. Данные с блога детекторов беспрерывно поступают на микроконтроллер, который через последовательный протокол отправки данных с приложением на компьютере. Исполняемая программа графического пользовательского интерфейса написана с применением программной платформы .Net на языке программирования С#. Аппаратные прерывания в микроконтроллере запускает подпрограмму, которая побитово отправляет на компьютер информацию о состоянии газоразрядных трубок детектора. Пользовательская часть программы на компьютере во время каждого события прихода информации создает отдельный поток обработки данных. Вся информация записывается в потокобезопасную очередь и отображается в оконном приложении. Использование такого режима работы позволяет детектировать события обнаружения частиц с разрешением порядка

10-5 с.

# 3. Список использованной литературы

1. К.В. Парфенов. Физика элементарных частиц. Курс лекций физического факультета МГУ
2. Г.Кейн. Современная физика элементарных частиц
3. Н.Н. Калмыков, Г.В. Куликов, Т.М. Роганова. ГАЛАКТИЧЕСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ
4. К. Групен. «Детекторы элементарных частиц». Сибирский Хронограф, Новосибирск, 1999.
5. Детекторы частиц. Глава из учебного пособия Б. С. Ишханов, И. М. Капитонов, Э. И. Кэбин. «Частицы и ядра. Эксперимент». М.: Издательство МГУ, 2005.
6. Денисов С.П. Детектоpы чеpенковского излучения. "Природа", № 7, 2004, стр.22-30.

# 4. Список иллюстраций



Рисунок Стандартная модель ЭЧ



Рисунок Мюонный телескоп





Рисунок



*Рисунок 5*