

Тест для прототипа. Ученые МИФИ провели испытания своих разработок в ЦЕРН.

16.09.2016

Летом этого года группа молодых ученых кафедры “Физика элементарных частиц” НИЯУ МИФИ под руководством профессора Анатолия Романюка вместе с коллегами из ФИАН им. П.Н.Лебедева, МГУ им. М.В.Ломоносова, Университета Бонна (Германия) и Университета Бари (Италия) провела тестирование прототипов детектора для будущих экспериментов на Большом адронном коллайдере (ЛHC).

Изучаемые прототипы используются для разделения частиц разных типов, таких как протоны и каоны, на энергиях в несколько ТэВ. Резкое увеличение рождения высокоэнергетических частиц в столкновениях протонов на ЛHC связано с ростом энергии сталкиваемых пучков частиц. С 2015 года энергия столкновения протонов достигла 13 ТэВ. Вместе с уменьшением интервала между столкновениями это изменение раздвигает рамки существующих исследований до масштаба энергий и условий, достижимых во время Большого взрыва, ознаменовавшего рождение нашей Вселенной.

Изучая физику, возникающую в таких экстремальных условиях, ученые надеются ответить на многие вопросы, среди которых — происхождение темной материи или существование суперсимметрии, а также подтвердить или опровергнуть предсказания самой проверенной на сегодня теории частиц и полей — Стандартной модели.

Условия экспериментов предъявляют жесткие требования к измерительной аппаратуре. Хорошо показавшие себя ранее детекторы частиц нуждаются в обновлении и доработке, чтобы гарантировать высокую эффективность и производительность во время регистрации физических процессов.

Группа НИЯУ МИФИ обеспечивает поддержку работоспособности и развитие трекового детектора переходного излучения (ТДПИ) в эксперименте ATLAS.

Руководитель группы НИЯУ МИФИ в эксперименте ATLAS и коллаборации ТДПИ ATLAS профессор Анатолий Романюк рассказал об идеях, лежащих в основе устройства и новых прототипов:

“Трековый детектор переходного излучения является частью внутреннего детектора ATLAS и предназначен для регистрации треков (следов) частиц, измерения их импульсов и их идентификации на основе явления переходного излучения. Переходное излучение — это излучение заряженными частицами фотонов (квантов электромагнитного взаимодействия) в момент прохождения границы между двумя средами с разными показателями коэффициента преломления. Особенностью этого излучения является то, что его вероятность (интенсивность) изменяется в зависимости от так называемого лоренц-фактора, который, в свою очередь, различается для частиц разной массы и одинаковой энергии. Именно эта особенность позволяет, например, успешно отделять электроны от пи-мезонов в эксперименте ATLAS с использованием информации от ТДПИ. Детектор ТДПИ не имеет аналогов в мире и является детищем сотрудников

нашего института. Многие разработки нашли применение в других международных экспериментах в области физики высоких энергий и астрофизики: детектор переходного излучения для эксперимента HERA-B (DESY), детектор переходного излучения для эксперимента TRT AMS (Международная космическая станция), передний трековый детектор для эксперимента ZEUS (DESY) и др.

В тестах с прототипами мы исследовали новые концепции детекторов переходного излучения, которые должны расширить область идентификации частиц вплоть до самых высоких энергий, доступных на современных ускорителях”.

О сути эксперимента рассказал Константин Воробьев — молодой специалист по детекторам из НИЯУ МИФИ, который принимал участие в сборке прототипов и управлении экспериментом по их тестированию:

“Вся установка состояла из нескольких частей и включала в себя: черенковский счетчик, используемый в качестве входного триггера, настроенного на идентификацию электронов и пионов; систему стабилизации пучка, газ-пиксельный детектор; два прототипа будущего газового детектора, состоящие из газоразрядных трубок (straw), непосредственно работающих на эффекте переходного излучения; два радиатора переходного излучения; систему сцинтилляционных счетчиков для настройки геометрии пучка и схемы совпадения с входным триггером и, наконец, калориметр для разделения электронов и пимезонов на выходе.

Если сильно не вдаваться в детали, то нам необходимо было ответить на следующие вопросы: могут ли использоваться детекторы переходного излучения для идентификации частиц при экстремально высоких энергиях? если “да”, то какова должна быть геометрия детектора и радиатора? существует ли возможность использовать информацию об углах вылета переходного излучения для улучшения идентификации?

Первые тесты были проведены в лаборатории с радиоактивными источниками. Также мы располагали несколькими радиаторами переходного излучения с различной геометрией. Тесты с разными радиаторами должны позволить определить их оптимальную плотность и длину для будущего детектора.

Тесты проводились на пучках электронов и мюонов из ускорителя SPS, который является одним из элементов ускорительной системы ЛНС. Энергии пучков достигали сотен ГэВ. Это конечно не ТэВ, но небольшая масса электронов и мюонов позволяет исследовать те же лоренц-факторы, которые могут иметь протоны и каоны при экстремально высоких энергиях.

Если судить по самым первым (сырым) данным, которые были доступны уже во время эксперимента, наша установка была собрана правильно. Некоторые ожидаемые эффекты можно было наблюдать прямо во время работы прототипов при помощи продвинутой системы сбора данных. После демонтажа оборудования для эксперимента прототипы были установлены в лаборатории, где полностью воспроизведена система считывания и записи сигналов с детекторов, подобная той, что была на пучке”.

В сборе и первичной обработке данных, полученных от прототипов, участвовал аспирант МИФИ Даниил Пономаренко. По его словам, очень полезно находиться в самом центре событий, в ЦЕРН, где обучение происходит непрерывно у настоящих профессионалов:

“Непосредственному сбору данных на прототипе предшествовал длительный период подготовки оборудования и программного обеспечения в лаборатории. Системы сбора данных (DAQ) играют ключевую роль в любом эксперименте. К ним предъявляют особенно жесткие требования на отказоустойчивость, стабильность и скорость работы. Эффективность записи отобранных событий должна быть близка к 100%. В нашем эксперименте загрузки были не высоки, поэтому запись всех событий не вызвала проблем, однако во время подготовки мы столкнулись с несколькими непростыми задачами.

Мы взяли за основу программное обеспечение, доставшееся нам по наследству от предыдущих тестовых исследований газовых смесей ТДПИ, которые проводили в прошлом году. Далее было необходимо приспособить все программы к новой конфигурации детекторов, а также расширить функциональность интерфейса, используемого операторами во время дежурств при проведении тестов. Мы сделали максимальную автоматизацию обработки ошибок, отправки отчетов о сбоях экспертам, первичной обработки набранных данных и их переноса в долговременное RAID-хранилище. Был выполнен почти полный цикл разработки программ: от идей до тестирований. Второй задачей было создание простого и понятного сервиса для онлайн-слежения за набираемыми данными. Это необходимо для оперативной оценки их качества. С помощью этой информации дежурный следил за состоянием сигнала от разных частей прототипов и мог узнать о количестве интересных событий и другую критическую информацию, а в случае неполадок оперативно обращаться к соответствующим экспертам для их устранения.

Работу проводили в команде с участием TDAQ (Trigger&DAQ) экспертов БАК. Они выступали в роли консультантов проекта и показали мне много нового. Благодаря тесному сотрудничеству с ними мы вовремя закончили проект, и в целом тестирование новых прототипов прошло без нареканий со стороны DAQ-системы. В дальнейшем созданное программное обеспечение планируется использовать и для других экспериментов”.

Для многих аспирантов участие в тестировании новых прототипов открыло возможность переключиться на короткий срок от физического анализа данных на компьютере к непосредственному участию в сборке и тестировании детекторов. По словам аспиранта Дмитрия Краснопевцева, такой опыт помог взглянуть по-новому на ранее поставленные в рамках диссертации задачи, связанные с настройкой программного обеспечения для ТДПИ:

“Сейчас нам необходимо обновлять калибровки для ТДПИ в связи с изменениями условий во втором сеансе работы ЛНС. Некоторые части новых прототипов очень похожи на действующие элементы ТДПИ, поэтому было полезно “вживую” поработать с ними, перед тем как настраивать компьютерные программы”.

В течение всего набора данных во время эксперимента проходят круглосуточные дежурства, в них принимали участие и студенты МИФИ. Студент магистратуры Дмитрий Щукин рассказывает:

“Участие в этом проекте стало для меня первым опытом работы в реальном физическом эксперименте. Поначалу освоиться было непросто, но коллеги помогли мне ознакомиться с установкой, системой сбора данных и другими важными деталями. Все это, конечно, было безумно интересно”.

“Полученные во время проведения эксперимента данные необходимо обработать и сравнить результаты с предсказаниями, которые даются теорией и программами детального компьютерного моделирования, — рассказывает ведущий сотрудник ФИАН и доцент кафедры №40 МИФИ В.Тихомиров. — На основе такого сравнения можно будет делать следующие итерации в процессе разработки нового детектора идентификации высокоэнергетичных адронов”.

По мнению Анатолия Романюка, команда НИЯУ МИФИ проявила себя на “отлично” с профессиональной точки зрения: “Молодые ребята подошли со всей ответственностью к возложенным на них обязанностям, многому научились. В итоге набор данных прошел успешно, мы уложились со своей программой в отведенный срок, что немаловажно в лабораториях ЦЕРН, где очередь на подобные тестирования расписана на год вперед. Теперь с нетерпением будем ожидать результатов физического анализа собранных нами экспериментальных данных”.

**Материал подготовила
Светлана БЕЛЯЕВА
Фотоснимки предоставлены пресс-службой НИЯУ МИФИ**

Источник: газета Поиск <https://poisknews.ru/magazine/20483/>