

## Разработка концепции мастер-классов (тренажерного комплекса) и лабораторных работ.

Основная задача мастер-классов – это ознакомление и обучение студентов и аспирантов современным методам проведения экспериментов и анализа экспериментальных данных. Концепция мастер классов основана на опыте проведения аналогичных работ по газовым детекторам ([A. Romaniouk: Large gas detector systems at LHC, the ATLAS TRT Detector](#)) в рамках Школы ЦЕРН для PostDoc и PhD студентов “[Excellence in Detectors and Instrumentation Technologies](#)” в 2011 году. Эти занятия получили самую высокую оценку участников из всех 36 лабораторных работ по различным направлениям представленных на школе. Такая высокая оценка позволила получить ясное представление о том каких знаний не хватало даже вполне зрелым специалистам в области экспериментальной физики. Мастер-классы, которые готовятся в рамках тренажерной лаборатории кафедры 40, включают расширенную версию указанных выше занятий. Кроме этого, как завершающий этап, они содержат лабораторную работу, в которой учащимся предлагается сделать физический анализ реальных событий рождения Z, W и Higgs-бозонов, зарегистрированных в эксперименте ATLAS. Последнее будет сделано с помощью облегченных программ анализа экспериментальных данных, которые используются для мастер-классов, регулярно проводимых в рамках эксперимента ATLAS.

Современный эксперимент представляет собой совокупность большого числа сложных систем. Единственной возможностью ознакомления и подготовки специалистов для работы в ЦЕРН на полномасштабной системе являются удаленные методы работы. Для студентов и аспирантов, которые готовятся участвовать в эксперименте ATLAS, будет обеспечено on-line участие в проведении эксперимента и контроля качества данных с детектора TRT. Это даст возможность участия в эксперименте и обучения специалистов в условиях, максимально приближенных к условиям эксперимента в реальном времени. Нужно сказать, что проведение этой работы возможно только во время активного набора данных. Предполагается, что в дальнейшем лабораторные работы будут также проводиться на детекторах частиц, представляющих собой новые направления.

Основная цель мастер-классов – провести учащихся по пути понимания устройства и физики работы элементарной ячейки детектора (тонкостенной пропорциональной дрейфовой камеры), через изучение его отклика на ионизирующие частицы и работу электроники, до анализа и диагностики работы реального детектора, содержащего более 350 тысяч каналов, и получение физического результата. Мастер-классы в настоящий момент состоят из одной вводной лекции и четырех лабораторных работ. Для облегчения доступа студентов к информации и подготовки к работам создается Web-пространство, которое кроме текстуальной и методической информации будет содержать фото- и видео материалы, а также полезные ссылки.

Важно отметить, что состав лабораторных работ, их содержание и методы их проведения будут меняться и развиваться со временем и новыми требованиями, которые оно предъявляет. В рамках проекта этого (отчетного) года будут

разработаны основы мастер-классов и установлено необходимое техническое и программное обеспечение. Окончательные методические разработки и запуск в работу планируется на 2014 год.

**Требования к участникам работ:** лабораторные работы предназначены для студентов последнего курса и аспирантов прошедших инструментальные и физические курсы лекций по специальности.

## **Вводная лекция.**

### ***Эксперименты в физике высоких энергий (на примере БАК).***

Основная задача вводной лекции - познакомить слушателей с современными направлениями экспериментов на ускорителях, с физическими задачами, которые они решают, а также дать представление о детекторах, которые используются в таких экспериментах и их предназначении. Каждый из существующих или проектируемых ускорителей и экспериментов имеет свои особенности и может использовать различные технологии, однако базовое предназначение основных узлов в большинстве случаев одно и то же. По этой причине, в основном обзор, будет касаться Большого Адронного Коллайдера и эксперимента ATLAS, в котором участвует группа кафедры 40 МИФИ. Будет сделан акцент на вопросах важных для при проведении дальнейших лабораторных работ.

### ***Краткое содержание вводной лекции:***

- Современные тенденции в постановке экспериментов в области физики высоких энергий.
- Большой адронный коллайдер, его устройство, принцип работы, структура пучков, временная привязка, светимость.
- Физические задачи БАК в протон-протонных и ион-ионных столкновениях.
- 4 эксперимента на БАК и их предназначение.
- Эксперимент ATLAS: устройство, детекторы, триггер, идентификация частиц, радиационные загрузки, проблемные области и требования для sLHC.
- Детектор TRT: краткая история создания, устройство, принцип работы, электронная идентификация.

## **Лабораторная работа 1.**

### ***Базовые принципы работы детектора TRT.***

Основная цель лабораторной работы 1 – это изучение физических принципов работы элементарной ячейки детектора TRT - тонкостенной пропорциональной дрейфовой камеры, ознакомление с ее устройством и предназначением элементов электрических цепей. Участники работы должны получить знание и провести измерение коэффициента газового усиления в камере, оценить

уровень шума электроники, определить рабочий порог срабатывания, оптимальный для работы детектора. Студенты также будут ознакомлены с устройством наддетекторной электроники TRT и предназначением ее элементов.

### ***Краткое содержание работы 1:***

- Дрейфовая трубка и ее дизайн.
- Ионизация, ионизационные потери в трубке, переходное излучение.
- Газовое усиление, сигнал до и после усилителя.
- Шумы электроники, пороги дискриминации.
- Физические характеристики, которые зависят от порогов (пространственное разрешение, выделение электронов).
- Работа с трубкой – оптимальное газовое усиление и определение порогов в эВ, пересчет эВ в эквивалентное число электронов, калибровка в мВ.
- Устройство входных электрических соединений на прототипе TRT и почему именно так.
- Характеристики и важность каждого элемента.
- Принципиальная схема FE электроники и предназначение и работа ее базовых элементов.
- Что передается в удаленную часть электроники.
- Ответы на вопросы и построение графиков.

## **Лабораторная работа 2.**

### ***Детектор TRT и современные средства мониторинга и диагностики работы детектора (TRTViewer) .***

Основная цель лабораторной работы 2 – это детальное знакомство с устройством TRT, изучение принципов его работы и характеристика его параметров в процессе окончательного тестирования перед установкой в эксперимент. Учащиеся будут ознакомлены и получают возможность работать с программным пакетом TRTViewer предназначенным для мониторинга свойств детектора. С помощью этого пакета они определяют шумовые характеристики прибора, проведут тестовые испытания на космических лучах, получат представление о восстановлении треков частиц, временной калибровке и диагностике неисправностей.

### ***Краткое содержание работы 2:***

- Детектор TRT и его устройство.
- Знакомство с принципами работы считывающей электроники (FE-ROD-ROS-EventBuilder).

- Программный пакет TRTViewer (короткое знакомство), способы отображения и анализа данных (event display, straw data, Straw maps, histograms (straw click and Browser)).
- Побитовая информация с дрейфовой трубки, и ее отображение в окне TRTViewer.
- Скан по порогам (шумы) выбор порогов, способы уменьшения шумов (Validity gate).
- Работа с космическими частицами (виртуальная) и триггером Fast-OR.
- Восстановление треков частиц, временная калибровка ( $T_0$ , R-t зависимость), пространственная точность, эффективность.
- Принципы идентификации электронов, зависимость от порога и высокого напряжения.
- Анализ результатов тестов и характеристика проблем (шумы, проблемы электроники, проблемы высокого напряжения).
- Ответы на вопросы и построение графиков.

### **Лабораторная работа 3.**

#### ***Работа с детектором TRT в режиме сбора данных эксперимента ATLAS.***

##### ***Краткое содержание работы 3:***

Основная цель лабораторной работы 3 – это знакомство с современными способами проведения эксперимента, контроля параметров детектора и мониторинг его характеристик в процессе набора данных на примере TRT. Учащиеся будут ознакомлены с принципами построения системы сбора данных (DAQ), современными методами медленного контроля систем эксперимента (DCS) и принципами мониторинга данных в режиме экспресс off-line и по сохраненным результатам работы on-line мониторинга. Через Web-интерфейс учащиеся получают доступ к системе контроля состояния TRT в демонстрационном режиме. С помощью установленной на компьютере в МИФИ программы мониторинга – TRTViewer учащиеся будут обрабатывать сохраненные «сырые» данные с TRT, набранные в эксперименте ATLAS в протон-протонных столкновениях, а также результаты on-line мониторинга сохраненные в виде ROOT гистограмм.

##### ***Краткое содержание работы 3:***

- Ознакомление с системами DAQ, состав считывающей электроники и реконструкция события перед его записью на диск.
- DCS: Предназначение, основные принципы работы, пропация ошибок и сбоя, критических для качества данных.
- Основные параметры медленного контроля детектора, их значение и важность. Работа в удаленном режиме.

- Системы мониторинга и представления экспериментальных данных с детектора в режиме on-line.
- Работа программы TRTViewer с сырыми экспериментальными данными и с результатами работы других мониторирующих программ сохраненными в виде ROOT-файлов, полученных в физических сеансах протон-протонных столкновений на LHC.
- Диагностика работы детектора. Физическое смысл и важность мониторируемых параметров.
- Ответы на вопросы.

## **Лабораторная работа 4.**

### ***Принципы анализа физических событий в эксперименте ATLAS.***

Основная цель лабораторной работы 4 – это знакомство с основами анализа реальных физических событий в эксперименте ATLAS. Учащийся будет ознакомлен с детальным устройством эксперимента, предназначением и работой каждого детектора. Используя специальные облегченные программы для анализа экспериментальных данных, учащимся будет предоставлена возможность реконструкции физических событий распадов Z, W, Higgs-бозонов и их отделения от фоновых событий

### ***Краткое содержание работы 4:***

- Детальное устройство эксперимента ATLAS:
  - Внутренний детектор.
  - Электромагнитный калориметер.
  - Адронный калориметер.
  - Мюонная система.
- Триггерные системы, Триггерное меню, 3 уровня триггеров.
- Средства идентификации частиц, предназначение различных детекторов и их возможности.
- Идентификация событий распадов Z, W, Higgs-бозонов и фоновых событий.
- Визуализация и анализ событий.
- Восстановление инвариантной массы.
- Недостающая поперечная энергия.
- Сдача заданий и ответы на вопросы.