

# Лаборатория адронной физики ОФВЭ ПИЯФ

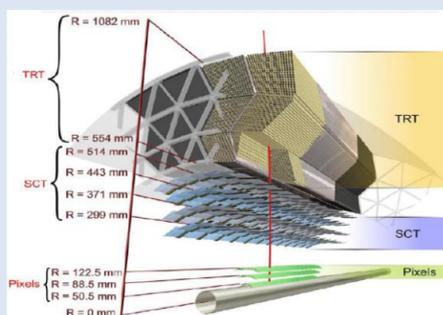
## Участие в создании детектора переходного излучения TRT для эксперимента АТЛАС

Основной вклад ПИЯФ в эксперимент ATLAS состоял в разработке и создании детектора переходного излучения Transition Radiation Tracker (TRT), который является частью внутреннего детектора (Inner Detector). Детектор TRT предназначен для регистрации треков заряженных частиц, измерения их импульсов и идентификации электронов на основе явления переходного излучения, возникающего при пересечении релятивистской частицей границы сред с различными диэлектрическими проницаемостями. Детектор TRT является первым детектором переходного излучения используемым в коллайдерном эксперименте.

### Детектор переходного излучения ATLAS TRT

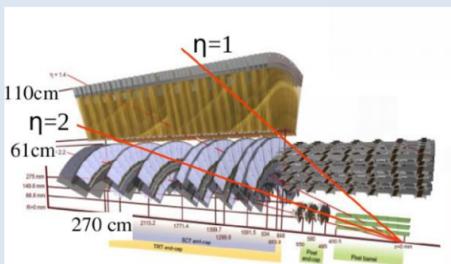
#### Центральная часть TRT

- 3 слоя по 32 модуля
- Длина дрейфовых трубок 1.44 м
- Анодная проволока 31 мкм
- Считывание сигнала с обоих концов трубок
- Всего 105088 каналов считывания



#### Торцевые части TRT

- С каждой стороны детектора 12 модулей А и 8 модулей В каждый из которых содержит 8 слоев дрейфовых трубок расположенных радиально
- Длина трубок 39 см
- Всего 245 760 каналов считывания



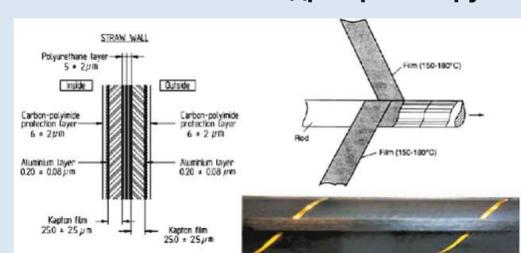
### Сборка модулей детектора TRT



- Для сборки модулей детектора TRT в ПИЯФ был создан специализированный участок.
- Все компоненты необходимые для сборки модулей (дрейфовые трубки, гибкие печатные платы и т.д.), полученные от производителя или изготовленные в ПИЯФ, проверялась на пригодность для сборки. На всех этапах сборки производился контроль качества сборки и испытания модулей детектора на герметичность и высоковольтное напряжение.

### Конструкция и свойства дрейфовых трубок

#### Рабочий элемент TRT дрейфовая трубка:



- Диаметр дрейфовой трубки 4 мм
- Изготовлены из 35 мкм пленки из каптона на которую нанесен слой графита
- Поверхностное электрическое сопротивление стенок 300 Ом/см<sup>2</sup>
- Армированы четырьмя углеволоконными нитями
- В центре трубки анодная проволока толщиной 31 мкм



### Испытание TRT детектора

Собранные модули детектора TRT испытывались с помощью радиоактивного источника <sup>55</sup>Fe на установке Wheel Test Station (WTS). Выполнялись измерение смещения анодной проволоки по отношению к номинальному положению внутри дрейфовой трубки. При смещении анодной проволоки более чем на 400 мкм локальное увеличение электрического поля значительно изменяет коэффициент газового усиления.

### Армирование и подготовка дрейфовых трубок



Для армирования дрейфовых трубок в ПИЯФ был организован специализированный участок, на котором было произведено армирование ~110000 дрейфовых трубок длиной 1650 мм. Контроль качества произведенных трубок включал проверку расслаивания армирующих нитей из углеволокна и измерения геометрии трубок (кривизна, внутренний и внешний диаметры, отсутствие локальных деформаций или дефектов). При производстве ~6000 трубок в месяц выход дрейфовых трубок требуемого качества составил 98%.



Перед сборкой модулей детектора TRT, трубки проходили через несколько этапов проверки:

- проверка проводимости внутренней поверхности трубки;
- проверка на герметичность под избыточным давлением 1 атм;
- проверка на прямолинейность и измерение их длины с высокой точностью (~10 мкм);
- визуальный контроль на наличие дефектов



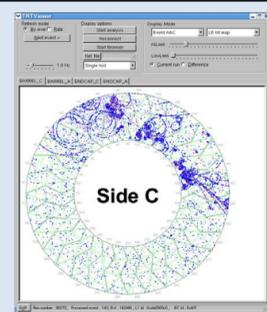
### Ввод детектора TRT в эксплуатацию



В 2004–2006 гг. в ЦЕРН при участии сотрудников лаборатории была произведена сборка всех торцевых модулей детектора TRT в единое целое – торцевые части детектора TRT. Были проведены окончательные испытания электроники детектора, высоковольтной системы, системы охлаждения детектора, и проверена герметичность системы снабжения газовой смесью. В 2008 году детектор был установлен в шахте эксперимента и введен в эксплуатацию.

### TRT Viewer

Для представления и анализа данных с детектора TRT в ПИЯФ была разработана программа TRT Viewer. Программа позволяет отображать события, зарегистрированные детектором TRT, а также основные характеристики детектора. На рисунке показан графический интерфейс программы, на котором показано одно из событий, зарегистрированных детектором TRT во время набора космических данных.



### Коллектив



Сотрудники ПИЯФ, принимавшие участие в создании детектора TRT, вместе с руководителем коллаборации ATLAS TRT Daniel Froidevaux. На заднем плане виден последний из 50 модулей детектора TRT собранных в ПИЯФ. В работах по созданию детектора TRT в ПИЯФ принимало участие более 60 человек из разных подразделений ПИЯФ – ОТД ОФВЭ, лаборатория ИТА, ЦЭО и других.

Все модули детектора TRT были собраны в ПИЯФ с высоким качеством. Менее 0,1% каналов не работали после окончания сборки. После доставки в ЦЕРН модули детектора снова прошли испытания. Результаты испытаний оказались в полном соответствии с измерениями, сделанными ранее в ПИЯФ. Физики ПИЯФ внесли ключевой вклад в создание программного обеспечения для моделирования работы детектора TRT с использованием пакета программ GEANT4, а также в создание и развитие алгоритмов для идентификации электронов с использованием информации с TRT детектора в рамках программного обеспечения эксперимента ATLAS.

