

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Эпштейна Леонида Борисовича на тему:
«Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.3.2. - Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертационная работа Л. Б. Эпштейна посвящена созданию системы первичного триггера электромагнитного калориметра для эксперимента COMET (Coherent Muon to Electron Transition), проводимого в лаборатории J-PARC (Япония). Актуальность темы обусловлена поиском новой физики за пределами Стандартной Модели (СМ), в частности, в процессах с нарушением лептонного аромата, к которым относится реакция конверсии мюона в электрон в поле ядра. Проведение таких исследований диктуется широко известными астрофизическими результатами о том, что Стандартная Модель не описывает темной энергии и темной материи, составляющих 95% состава Вселенной.

Астрофизика уникальна своими естественными космическими лабораториями с экстремальными условиями, масштабами и энергиями, недостижимыми на Земле. Поиск физики за пределами СМ и тесты общей теории относительности (ОТО) возможны по астрофизическим наблюдениям окрестностей сверхмассивных черных дыр и гравитационному отклику от слияния нейтронных звезд. Также, например, поиск темной материи возможен гамма-обсерваториями. Однако астрофизика ограничена только наблюдениями за космическими явлениями, и для проведения полноценных экспериментов требуются лабораторные установки. Поэтому наземные эксперименты в области элементарных частиц являются одним из самых перспективных путей не только обнаружения Новой физики за пределами СМ, но и решения фундаментальных вопросов Вселенной. Это диктует важность работ, представленных в диссертационной работе Л. Б. Эпштейна.

Эксперимент COMET требует регистрации электронов с энергией 104.97 МэВ на фоне интенсивного потока нейтронов и гамма-квантов. В этих условиях предъявляются исключительно высокие требования к системе запуска (триггеру) калориметра: необходимо обеспечить энергетическое разрешение в режиме реального времени не хуже 5% при частоте работы электроники в несколько десятков килогерц. Создание такой системы представляет собой сложную научно-техническую задачу по созданию беспрецедентного уровня точности и подавлению фона, решение которых определяет успех всего эксперимента.

Автором создана уникальная система первичного триггера, анализирующая форму входных импульсов со 128 каналов в режиме реального времени на частоте дискретизации 80 МГц. Ключевым достижением является реализация конвейерного алгоритма обработки данных без «мертвого» времени, учитывающего как статистические флуктуации развития электромагнитного ливня, так и высокую фоновую загрузку.

Практическая значимость работы подтверждается тем, что изготовлены два полных комплекта триггерной электроники (32 платы оцифровщиков и 2 материнские платы), которые в настоящее время находятся в J-PARC и ожидают начала эксперимента. Разработанное программное обеспечение и аппаратура прошли успешные испытания на выведенном пучке электронов с энергией около 105 МэВ, где было получено энергетическое разрешение около 4.5%, а общая эффективность триггерной системы при энергии более 30 МэВ составила 99.4%. Также автором проведены все расчеты касательно требований электроники по радиационной устойчивости по нейтронам и гамма-излучению. Однако в качестве замечания стоит отметить, что автор не указал наименования конкретных микросхем, которые испытывали при радиационных тестах.

Методы исследования, использованные в работе (компьютерное моделирование, верификация на тестовых стендах, анализ пучковых данных), демонстрируют высокую степень достоверности полученных результатов.

Автореферат написан ясным техническим языком, логически структурирован и дает полное представление о содержании диссертации. Текст иллюстрирован функциональными схемами и графиками, подтверждающими временное и энергетическое разрешение разработанной системы. Авторефераты и публикации автора (включая статьи в рецензируемых журналах) полностью отражают основные положения работы.

Результаты диссертации, применение созданной приборной базы и успешная реализация проекта COMET будет крайне полезны, например, при создании космических интерферометрических систем, направленных на изучение фотонных колец сверхмассивных черных дыр и проверку СМ и ОТО, такие проекты как Спектр-М, ВНЕХ. А также для запуска и постановки программы наблюдений на телескопах будущего поколения типа КМЗNeT и ngEHT.

Судя по автореферату, диссертация «Первичный триггер электромагнитного калориметра эксперимента COMET» является завершенной научно-квалификационной работой, которая содержит решение актуальных научных задач, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Эпштейн Леонид Борисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. - Приборы и методы экспериментальной физики.

Старший научный сотрудник
отдела плазменной астрофизики,
Кандидат физико-математических наук
Кравченко Евгения Васильевна
kravchenkoev@lebedev.ru


01.10.2026 г.

Филиал «Пущинская радиоастрономическая обсерватория имени В.В. Виткевича АКЦ ФИАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук


Подпись Кравченко Е.В. заверено
Мозаев Канат Шамс-Алиевич
Мухоманова О.В.

142290, Московская обл., г. о. Серпухов, г. Пущино, ул. проф. Виткевича, з/у 9
tov@prao.ru, +7 (4967) 31-80-74