

Отзыв

официального оппонента Юркина Юрия Тихоновича на диссертацию Садыкова Жакыпбека Турлановича на тему: «Экспериментальные исследования на основе методики трековых детекторов в физике элементарных частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики».

В диссертации Садыкова Ж.Т. представлены результаты выполненных экспериментальных фундаментальных и прикладных исследований на основе методики трековых детекторов в физике элементарных частиц (работы с ядерной фотоэмульсией и с фосфатными стеклами). Хочется отметить, что одним из важнейших результатов стала модернизация аппаратного обеспечения автоматизированных сканирующих микроскопов ПАВИКОМ с имплементацией новых алгоритмов сканирования в программный пакет для обработки эмульсионных пластин эксперимента SND@LHC.

Актуальность. Трековые детекторы, в которых регистрация элементарных частиц сопровождается появлением наблюдаемых следов, обладают целым рядом достоинств, главным из которых является высокое пространственное разрешение. Метод трековых детекторов широко используется в экспериментах по ядерной физике, физике элементарных частиц и астрофизике, в прикладных работах. Поэтому крайне актуальной является задача модернизации имеющегося оборудования для обработки больших объемов экспериментальных данных трековых детекторов, создания новых высокоскоростных автоматизированных комплексов и их внедрение в технологию современных экспериментов.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации 119 страниц, включая 61 рисунок и 5 таблиц. Список литературы содержит 155 наименований. Во введении обоснована актуальность исследований, выполненных в рамках работы над диссертацией, приведены цель и задачи работы, определены научная новизна и практическое значение, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены преимущества и проблемы использования трековых детекторов на примере экспериментов с ядерной фотоэмульсией. Изложена история наиболее значительных, с точки зрения развития технологии, эмульсионных экспериментов - прошлых лет и современных, содержится информация об основных характеристиках фотоэмульсии. С оптимальной степенью подробности изложены этапы

процессов производства эмульсии и эволюции создания автоматизированных систем сканирования.

Вторая глава посвящена выполненной автором модернизации аппаратного обеспечения сканирующих микроскопов и внедрению авторских инновационных методов обработки. В ходе выполненных работ для сканирующих комплексов МІС1 и ПАВИКОМ-1, был установлен новый прецизионный предметный стол с двигателями V- и видеокамерой Microtron EoSens 4СХР 2. В связи с необходимостью получения равномерно освещенного поля зрения и освещения его максимально широким пучком света была разработана, изготовлена и введена в действие новая система освещения по Келеру. Большое поле зрения, которое обеспечивает новый объектив, потребовало создания нового алгоритма кластеризации, основанного на разделении изображений на объекты размером 4x4 пикселя, позволяющих точно определять положение каждого пикселя.

Третья глава посвящена разработанному авторскому методу поиска редких событий распада синтезированных сверхтяжелых ядер с использованием детекторов из фосфатного стекла. Представлен алгоритм идентификации ионов, основанный на связи геометрических и динамических характеристик треков с зарядом иона. Этот метод позволяет оценивать заряды ядер путем анализа скорости изменения размеров треков, полученных после процедуры травления в плавиковой кислоте длительностью до 45-50 минут.

Четвертая глава посвящена мюнографическому исследованию внутренней структуры двух зданий (церквей Похвалы Божией Матери и Всех Святых) и территории между ними в Свято-Троицком Даниловом монастыре. В процессе мюнографии изучаемого объекта регистрируются угловые распределения проходящих потоков мюонов. По разности степени их поглощения в объекте делается заключение о наличии особенностей в распределении плотности материала объекта, и, соответственно, о наличии пустот или уплотнений. Автором впервые был предложен метод проверки правильности используемых мюнографических детекторных и программных методик путем идентификации проверяемых визуально архитектурных или уличных элементов объекта, зарегистрированных детекторами и распознанных авторским программным обеспечением. В частности, в Даниловом монастыре были распознаны несколько дверных и оконных проемов, что подтвердило правильность выбранных технических решений и достоверность полученных результатов.

заключении сформулирован главный итог работы над диссертацией. Более детально перечислены 7 основных полученных результатов.

Научная новизна результатов диссертации заключается в том, что:

Впервые созданы уникальные аппаратные и программные модули для обработки эмульсионных пластин эксперимента SND@LHC на автоматизированном сканирующем микроскопе с диапазоном перемещения предметного стола 400 мм × 800 мм.

Создан оригинальный авторский метод идентификации ионов в фосфатном стекле КНФС-3, основанный на экспериментально установленной связи между изменением геометрических и динамических параметров треков тяжелых ионов и их зарядом.

3) Для мюнографических экспериментов разработана инновационная **новая** методика оценки точности выбранных технических решений и достоверности полученных данных на основе анализа угловых распределений потоков мюонов, позволившая идентифицировать визуально проверяемые архитектурные элементы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, а также их достоверность. Надежность созданного авторского нового аппаратного и программного обеспечения подтверждена успешной работой сканирующих станций и результатами, верифицированными при перекрестном сканировании на микроскопах в Неапольском университете им. Фредерико II. Полученные результаты были опубликованы в престижных международных рецензируемых журналах, а выводы не вызвали сомнений у экспертов.

Практическая значимость. Разработанное программное обеспечение успешно применяется для обработки ядерных фотоэмульсий эксперимента SND@LHC. Модернизация сканирующего комплекса MIC1 в университете имени Федерико II, Неаполь, позволила повысить скорость сканирования двухсторонних эмульсионных пленок со 180 до 500 см²/ч. Методика идентификации тяжелых ионов в фосфатных стеклах заложила основу для дальнейших исследований возможностей применения твердотельных трековых детекторов в термохроматографии.

Инновационная методика мюнографии дает возможность без дополнительных радиоактивных источников, неинвазивным образом исследовать внутреннюю структуру исторических и археологических объектов. Первый в России успешный мюнографический эксперимент в Свято-Троицком Даниловом монастыре подтвердил эффективность данного метода для сохранения культурных памятников при проведении исследований особенностей их структуры. Разработка методики проверки достоверности мюнографических данных открыла новые горизонты для исследований на промышленных объектах и объектах культурного наследия.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

Во второй главе параграф 2.3 не указана скорость работы нового алгоритма кластеризации и ее сравнение со скоростью работы предыдущего алгоритма.

2. При описании работы с фосфатными стеклами по-разному дается величина концентрации кислоты - то г/л (стр. 83), то % (стр.78). Из текста не всегда понятно, что чему соответствует.

3. При описании мюонографического эксперимента неясно, каким образом определяли оптимальное количество детекторов и места их установки.

4. В диссертации присутствуют опечатки, без комментариев используются жаргонные термины. Например, стр. 26 «Из выполненного кинематического анализа следует, что зарегистрированный распад соответствует каналу $\tau \rightarrow \rho\nu_\tau$ (B.R. \approx 25%); стр. 59 «бессвильность» в таблице 4.

Закключение. Представленные результаты позволяют сделать вывод, что диссертация Садыкова Жакыпбека Турлановича «Экспериментальные исследования на основе методики трековых детекторов в физике элементарных частиц» представляет собой завершенное самостоятельное исследование, проведенное на высоком научном и техническом уровне. Работа соответствует всем требованиям (пп. 23 и 9-14) Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и её автор Садыков Жакыпбек Турланович полностью заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Экспериментальной ядерной физики и космофизики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Юркин Юрий Тихонович

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

Телефон: +7 (495) 788-5699, доб. 9806

Подпись Ю.Т. Юркина заверяю

Подпись удостоверяю

отдела регистрации
и приказов НИЯУ МИФИ



Список основных работ по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. E. A. Bogomolov, Yu. T. Yurkin, et al., Boron Isotopes in the PAMELA Experiment // *Physics of Atomic Nuclei*, 2024 Vol. 87, No. 2, Q4 pp. 71-76
2. A. A. Leonov, Yu. T. Yurkin, et al., Capabilities of the GAMMA-400 gamma-ray telescope to detect electron + positron flux at TeV energies from lateral directions // *Proceedings of Science*, 2023 Vol. 423
3. A. Lenni, M. Boezio, Yu. T. Yurkin, et al., Studies of cosmic-ray solar modulation with the PAMELA experiment // *Proceedings of Science*, 2023 Vol. 423
4. I. V. Arkhangelskaja, Yu. T. Yurkin, et al., The Characteristics of Fast Scintillation Detectors of Time-of-Flight and Anticoincidence Systems of Space- Based Gamma-Ray Telescope GAMMA-400 with Silicon Photomultipliers Readout // *Physics of Atomic Nuclei*, 2023 Vol. 86, No. 5, Q4 pp. 810-816
5. Suchkov S.I, Arkhangelskaja I.V., Yu. T. Yurkin, et al., The Upcoming GAMMA-400 Experiment // *Universe*, 2023 Vol. 9, No. 8,
6. N. P. Topchiev, A. M. Galper, Yu. T. Yurkin, et al., Cosmophysical Research with GAMMA-400 // *Physics of Atomic Nuclei*, 2023 Vol. 86, No. 4, Q4 pp. 489-499.