

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Тана Найнг Со «Облученные космическими лучами метеоритные оливины как инструмент поиска сверхтяжелых элементов в природе»**, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «приборы и методы экспериментальной физики».

Диссертационная работа Тана Найнг Со связана с актуальными задачами современной физики и касается зарядового спектра ядер в космических лучах, который исследуется в рамках эксперимента ОЛИМПИА. В качестве основного инструмента используется установка ПАВИКОМ, для которой разработана оригинальная методика работы с оливинами из метеоритов. Результатом исследований является зарядовое распределение ядер галактических космических лучей, а также обнаружение трех сверхтяжёлых ядер с зарядом $Z = 119^{+10}_{-6}$.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений. Полный объем диссертации составляет 203 страницы с 92 рисунками и 13 таблицами. Список литературы содержит 149 наименований. Во введении обоснована актуальность исследований, сформулированы цель работы и научная новизна. Помимо этого показаны практическая значимость и личный вклад автора, сформулированы основные положения, выносимые автором на защиту, представлена апробация работы.

В главе 1 дается обзор по физике космических лучей, их происхождению, составу и распространенности. Приведена информация о синтезе в земных условиях и поиску в природе сверхтяжелых элементов.

В главе 2 представлены характеристики различных метеоритов, сообщается о возможности их использования как природных детекторов космических лучей.

В главе 3 обсуждаются процессы прохождения ядер через вещество. Описаны физические процессы при прохождении ионов через вещество и модели, описывающие процесс возникновения протравленных каналов. Обсуждаются свойства протравленных треков, условия их возникновения и характеристики, а также методы измерения. Рассмотрены типы трековых детекторов, обрабатываемых на оптических микроскопах. Разработанные авторские методики работы с трековыми детекторами (в том числе, с ядерной фотоэмульсией) успешно применяются при подготовке экспериментов, использующих ядерную фотоэмульсию, в том числе в международных экспериментах по поиску явлений Новой физики - SHiP и SND@LHC.

В главе 4 дается описание эксперимента ОЛИМПИА и характеристик используемого автором высокотехнологичного комплекса ПАВИКОМ. Рассмотрены алгоритмы исследований кристаллов оливина из метеоритов. Описан процесс вычисления ошибок измерения длин треков ядер космических лучей и их зарядов. Определены особенности определения ошибок. Например, ошибка измерений геометрических размеров треков ядер имеет микронную точность. В то же время толщина срезаемого слоя кристалла имеет большую ошибку. Для того чтобы повысить точность, был разработан специальный алгоритм определения толщины срезаемого слоя оливина при определении длины треков галактических ядер.

Рассказано о выполненных калибровочных экспериментах для определения зарядов ядер в связи с необходимостью получения связи между зарядом и характеристиками трека – динамическими и геометрическими. Серия таких калибровочных облучений проводилась на ускорителях UNILAC и SIS (Центр исследований тяжелых ионов им. Г.С. Гельмгольца, Дармштадт, Германия) с ионами Kr, Xe, Au, Bi и U, а также на

ускорительном комплексе Института современной физики (Ланьчжоу, Китай) с ионами Bi .

Представлены результаты измерений в виде полученных зарядовых распределений ядер космических лучей, а также приведена оценка времени жизни трех сверхтяжелых ядер.

В главе 5 описаны особые случаи при анализе треков ядер космических лучей в оливинах из метеоритов:

- рассмотрена радиационная история палласита по данным о градиенте плотности треков ядер солнечных космических лучей;

- исследованы случаи возникновения треков особой формы и рассмотрены возможные причины их появления;

- показано влияние фрагментации ядер на форму зарядового распределения;

- представлены зарядовые распределения необычной формы, полученные в ходе измерений треков ядер космических лучей в некоторых кристаллах оливина и показано, что причиной этого явления может быть отжиг треков при нагреве метеорита во время его прохождения через атмосферу;

- исследованы причины искривления треков в метеорите Сеймчан и показано, что это есть результат столкновения метеорита с другим космическим телом. Вследствие этого произошел локальный нагрев метеорита, его плавление и смещение слоев оливина за счет конвекции.

В заключении представлены основные результаты диссертации.

По тексту диссертации имеются следующие замечания:

1. На стр 19 в тексте диссертации и в подписи к рис.5 приведены разные времена экспозиции для эксперимента Skylab.

2. На стр. 30 – опечатка в номере таблицы (вместо 3-5 должно быть 2-4).
3. В подписи к рис.89 вместо слова Мьямны надо написать Мьянмы.
4. В процессе определения зарядов ядер не используются диаметры треков, которые, возможно, повысили бы точность измерений.
5. Из текста не ясно, каким образом созданное автором программное обеспечение для определения параметров ядерной эмульсии используется для эксперимента по прямому поиску темной материи в Гран Сассо – NEWSdm.

Отмеченные недостатки и замечания не снижают ценности диссертации. В целом диссертация Тана Найнг Со выполнена на высоком научном уровне, является законченным научным трудом. Автореферат адекватно передает содержание диссертации. В работе получен ряд новых результатов, имеющих научную и практическую ценность. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих международных реферируемых журналах.

Диссертационная работа «Облученные космическими лучами метеоритные оливины как инструмент поиска сверхтяжелых элементов в природе» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор Тан Найнг Со безусловно заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01- Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент:

заведующий научно-исследовательской лабораторией, доктор физико-математических наук.

«7» сентября 2022 года

Болоздыня Александр Иванович

Почтовый адрес:

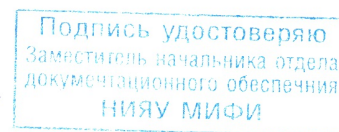
115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31, Национальный
исследовательский ядерный университет (МИФИ)

Тел: +7(965)324-27-14

Email- AIBolozdynya@mephi.ru

Подпись д.ф.-м.н. Болоздыня А.И.

Удостоверяю:



Список основных работ Болоздыня А.В. по теме защищаемой диссертации за последние 5 лет:

1. Акимов, Д.Ю. и др. Упругое когерентное рассеяние нейтрино на атомном ядре – недавно обнаруженный тип взаимодействия нейтрино низких энергий, УФН 189 (2019) 173-816.
2. Акимов, Д.Ю.и др. Комплексный метод подготовки ксенона для использования в качестве рабочей среды двухфазного эмиссионного детектора РЭД-100, Приборы и Техника Эксперимента, 2019, №4, стр 5-11.
3. Acharya, S. et al. Study of J/ψ azimuthal anisotropy at forward rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV, J.High Energy Phys. 12(2019).
4. Acharya, S. et al. Λ_c^+ production in Pb-Pb collisions at $s_{NN}=5.02$ TeV, Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High- Energy Physics 793 (2019) 212-223.
5. Acharya, S. et al. Measurement of jet radial profiles in Pb-Pb collisions at

- sNN =2.76 TeV, Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High- Energy Physics 796 (2019) 204-219.
6. Акимов, Д.Ю. и др. Синтез наночастиц титана в жидком ксеноне с помощью высоковольтного электрического разряда, Письма в ЖТФ 44 (2018) 73-79
 7. Acharya, S. et al. Multiplicity dependence of light-flavor hadron production in pp collisions at root s= 7 TeV, Physical Review C 99 (2019) 024906.
 8. Acharya, S. et al. Calibration of the photon spectrometer PHOS of the ALICE experiment, Journal of Instrumentation 14 (2019) P05025.
 9. Acharya, S. et al. Energy dependence of exclusive J photoproduction off protons in ultra-peripheral p-Pb collisions at NN=5.02 TeV. European Physical journal C 79(2019) 402.
 10. Akimov, D.Yu. et al. Two-Phase Emission Detectors, World Scientific, August 2021.352 pp.
 11. Akimov, D.Yu. and Bolozdynya, A.I. Development of two-phase emission detectors in Russia, Universe 8 (2022) 139.