

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Дербина Александра Владимировича на диссертацию Симоновски Димитара на тему «Метод экспрессной газовой транспортировки продуктов ядерных реакций и распадов в различных газовых ячейках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий».

Диссертационная работа Димитара Симоновски посвящена развитию методов исследования основных физических свойств экзотических короткоживущих ядер. Получаемые данные важны для моделирование фундаментальных процессов нуклеосинтеза и изучение свойств сверхтяжелых элементов. Конкретная задача состояла в исследовании и развитии метода быстрой и эффективной газовой транспортировки образующихся ядер к детектирующим системам. Работы, результаты которых вошли в диссертацию, проводились на известных передовых мировых экспериментальных установках с учетом возможности применения полученных данных на планируемой установке PITRAP на реакторе ПИК в Гатчине. **Актуальность и значимость** исследований, как свойств экзотических ядер, так и развития методики экспериментов по их изучению, не вызывает сомнений.

Практическая значимость диссертации состоит в возможности использования предложенных методов при реализации газовой транспортировки и разработке установок с газовыми ячейками и мишенными камерами для исследования короткоживущих ядер в ускорительных и реакторных экспериментах, в первую очередь на установке PITRAP реактора ПИК. Полученные в работе данные могут найти применение в медицинской физике и промышленном производстве радиофармпрепаратов.

Диссертация Симоновски Д. состоит из введения, 5-ти глав, заключения, списка сокращений и обозначений, списка цитируемых работ и приложения. Общий объем русскоязычного варианта диссертации составляет 133 страницы, включая 35 рисунков, 12 таблиц и список литературы из 76 наименований.

Во введении представлен краткий обзор современного состояния исследований экзотических ядер, обоснована актуальность и новизна работы, сформулированы главные задачи работы, перечислены результаты диссертации, выносимые на защиту, и представлено описание структуры диссертации.

В первой главе подробно рассматриваются теоретические основы метода газовой транспортировки, приводятся основные уравнения, которые используются в моделировании экспериментов и при вычислении основных параметров транспортировки частиц в газовой среде.

Вторая глава посвящена результатам экспериментальных и теоретических исследований, выполненных автором на реакторе TRIGA-Mainz в Германии, связанных с измерением кумулятивного времени транспортировки осколков деления из мишенной камеры до детектора и моделированием процесса транспортировки. Приведен список короткоживущих осколков деления, доступных для экспериментального изучения на реакторе TRIGA-Mainz.

В третьей главе представлены результаты измерений эффективности и времени эвакуации ионов из газовой ячейки на установке IGISOL в ускорительной лаборатории

университета Ювяскюля в Финляндии. Показано влияние очищения газовой ячейки на эффективность транспортировки и определена максимальная эффективность транспортировки. Выполнено теоретическое моделирование процесса транспортировки ионов в ячейке и определены параметры транспортировки.

В четвертой главе представлены результаты исследования конструкции новой высокоплотной газовой ячейки (UniCell) и камеры отдачи продуктов ядерных реакций, предназначенных для изучения сверхтяжелых элементов путем прецизионной масс- и лазерной спектроскопии в институте GSI в Дармштадте, Германия. Получены аналитические выражения и выполнены численные расчеты для определения оптимальных параметров работы газовой ячейки и характерных параметров транспортировки.

Пятая глава посвящена возможностям экспериментальной установки PITRAP с использованием масс-спектрометрии с ловушкой Пеннинга на реакторе ПИК. Рассматривается оптимизация метода газовой транспортировки для данной установки с массивной мишенью и более интенсивными потоками нейтронов. Проанализирована геометрия газовой мишенной камеры и определены доступные для исследования экзотические ядра.

В приложении приведены аналитические выводы математических формул, которые используются в диссертационной работе.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

По представленной работе можно сделать некоторые **рекомендации и замечания**.

1). При измерении кумулятивного времени транспортировки осколков деления ^{235}U на реакторе TRIGA в Майнце для измерения γ -активности осколков использовался NaI детектор, о параметрах которого было бы интересно узнать больше. Например, увидеть энергетический (амплитудный) спектр NaI-детектора и узнать в каком энергетическом диапазоне регистрировались γ -кванты.

Отметим, что приведенный на рисунке 2.3 «экспериментальный гамма спектр», возможно, правильнее было бы определить, как скорость счета NaI-детектора в зависимости от времени. Дополнительно, для простоты восприятия можно было начать отсчет времени от начала нейтронного импульса и указать цену временного канала, например, на оси ординат.

2) Было бы интересно узнать, как были определены ошибки, показанные в таблице 2.2, для минимального времени и времени, при котором достигается половина максимальной скорости счета NaI-детектора.

3) При измерении эффективности доставки дочерних ядер в цепочке распадов ^{233}Ra из газовой ячейки MARA-LEB на установке IGISOL использовался поверхностно-барьерный Si-детектор. Возможно, в представленных спектрах альфа-частиц на рисунках 3.4 и 3.5 следовало указать цену канала, например, по оси ординат.

Вызывает вопрос значения энергии α -частиц, приведенные в таблице на рисунке 3.3, для трех верхних изотопов, которые не соответствуют приведенным на рисунках 3.4 и 3.5.

4) Отсутствуют обычные замечания к оформлению работы. Диссертация написана хорошо, учитывая, что автор не является носителем русского языка. Разве, что в подписи к рисунку 3.7 указано, что протестированы 4 положения иглы, но приведено три графика. И было бы интересно узнать, что означает название PITRAP? PIk-TRAP или π -TRAP?

Отмеченные недостатки не меняют в целом **положительной оценки** диссертационной работы Д. Симоновски. В работе получены важные, для экспериментов по исследованию свойств короткоживущих ядер, результаты, среди которых можно выделить следующие:

- 1) Определены условия выживания и оптимального времени доставки при газовой транспортировке радиоактивных ядер, доступных для экспериментального изучения на реакторах TRIGA в Майнце и ПИК в Гатчине.
- 2) С использованием современных методов численного моделирования выполнены численные и аналитические расчёты для оптимизации газовой транспортировки для планируемого варианта экспериментальной установки PITRAP на высокопоточном реакторе ПИК.

В целом диссертация производит положительное впечатление, она выполнена на высоком научном уровне, хорошо структурирована и логически связана, и представляет собой фундамент для будущих исследований. Основные результаты диссертационной работы являются **новыми, обоснованными и достоверными** и получены впервые. Они известны специалистам и своевременно и полно опубликованы в хороших физических журналах. Всего по теме диссертации опубликовано 4 работы в журналах, входящих в список ВАК, и индексируемых в базах данных WoS и Scopus. Результаты диссертации докладывались автором на 10 международных и российских конференциях.

Диссертация Д. Симоновски на тему: «Метод экспрессной газовой транспортировки продуктов ядерных реакций и распадов в различных газовых ячейках», соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Симоновски Димитар заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
заведующий Отделом п/п ядерных детекторов,
Петербургского института ядерной физики
НИЦ "Курчатовский институт"



А.В. Дербин
14 марта 2025 года

Подпись А.В. Дербина заверяю:
Ученый секретарь ПИЯФ НИЦ КИ,
кандидат физико-математических наук



С.И. Воробьев

