

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.ф.-м.н., начальника лаборатории алмазной радиационно-стойкой наноэлектроники и инноваций, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»
Родионова Николая Борисовича

на диссертационную работу **Хромылевой Татьяны Александровны**
«Низкофоновый цифровой спектрометр для измерения сечения (n,α) реакции на твердых мишениях» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности — 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Актуальность представленной на рецензирование работы заключается в решении фундаментальных задач определения сечений ядерных (n,α) реакций, происходящих под воздействием быстрых нейтронов с энергией порядка нескольких МэВ. Указанные реакции представляют большой интерес для изучения ядерных процессов, протекающих под воздействием быстрых нейтронов. В настоящее время в диапазоне энергий нейтронов 4-7 МэВ имеется лишь небольшое число работ, выполненных в основном с использованием активационной методики, при этом данные разных авторов существенно отличаются по абсолютному значению величины сечения.

Для практических применений актуально наличие базы данных достоверных сечений (n, α) -реакций на изотопах железа, хрома и никеля, так как в значительной степени эти реакции определяют содержание гелия в конструкционных материалах в процессе эксплуатации ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Это важно для определения механических свойств изготовленных из стали конструкций, работающих в интенсивных полях быстрых нейтронов (например, оболочки ТВЭЛ, экспериментальные ядерные установки), проектирования ядерных энергетических установок и прогнозирования времени их эксплуатации. Таким образом, разработка новых методов определения сечений (n,α) реакций, представленных в диссертации, является актуальной задачей, как для ядерной физики, так и атомной индустрии.

Диссертационная работа Хромылевой Т.А. посвящена разработке нового метода измерения сечений (n, α) реакций, протекающих на твердых мишениях и экспериментальным измерениям сечений (n,α) реакций для материалов, использующихся в ЯЭУ. Новизна предложенного метода основана на использовании комбинации двух ионизационных камер (основной, с сеткой Фриша, и мониторной) с измененной геометрией расположения изучаемой мишени и применении новых методов обработки сигналов для получения сечений (n, α) реакций из регистрируемых ионизационной камерой сигналов. Измерения экспериментальных сечений (n,α) реакции проводились на электростатическом ускорителе ЭГ-1 ГНЦ РФ-ФЭИ в диапазоне энергий нейтронов 4-7,2 МэВ.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Общий объём составляет: 140 страниц, включая 15 таблиц, 61 рисунок и список литературы из 121 наименования.

В введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цели, задачи и научная новизна, приведены основные результаты работы.

В первой главе автором дается подробный обзор теоретических оценок и существующих, на момент написания диссертации, экспериментальных данных для основных изотопов, входящих в состав конструкционных материалов. В первой главе приводится сравнительный анализ существующих методов, используемых для измерений

сечения (n,α) реакции, и приводится оценка их применимости для решения поставленной задачи.

На основании анализа работ по измерению сечений автор диссертации выявил ряд изотопов, сечения (n,α) реакций которых полностью отсутствуют, а для некоторых изотопов, экспериментальные данные сечений измеренные разными авторами, могут существенно отличаться по абсолютному значению. Теоретические оценки, даваемые разными библиотеками, также расходятся и по величине сечения, и по форме энергетической зависимости.

Приведенный в главе анализ существующих методов определения сечения (n,α) реакции показал, что каждый из них обладает рядом преимуществ и недостатков. Чтобы решить поставленную задачу в полном объеме, в диссертационной работе существенно доработан метод, использующий ионизационную камеру с сеткой Фриша и предложена оригинальная методика обработки экспериментальных данных, с целью снижения влияния уровня её собственного фона, возникающего при облучении камеры быстрыми нейтронами.

Вторая глава посвящена описанию физических принципов спектрометра и особенностям формирования сигналов на различных электродах камеры. Обоснована необходимости изменения и доработки конструкции камеры, а именно перемещения изучаемой твердой мишени с поверхности катода внутрь катод-сеточного промежутка с целью снижения различных компонентов фона. Во второй главе приводятся схема новой ионизационной камеры и блок-схема использованной в эксперименте электроники. Описаны основные этапы обработки цифровых сигналов, поступающих от спектрометра, и анализа двухмерных спектров, накапливаемых в ходе эксперимента. Приведены методики, используемые для определения количества ядер в исследуемых мишениях. Приведен подробный анализ погрешностей эксперимента.

В заключение ко второй главе приведен результат проверки работоспособности разработанной методики. С этой целью была выбрана реакция $^{54}\text{Fe}(n, \alpha)^{51}\text{Cr}$, в которой возникающее остаточное ядро радиоактивно. Это позволяет использовать для определения сечения активационный метод. Хорошее согласие между данными, полученными с использованием активационного метода и разработанной методики, позволило сделать вывод о способности измерения спектрометром сечений реакции с хорошей точностью.

В третьей главе приведены результаты измерений сечения (n,α) реакции для ^{57}Fe , ^{50}Cr , ^{52}Cr , ^{53}Cr , ^{60}Ni и ^{47}Ti . Проведен сравнительный анализ полученных результатов с экспериментальными данными других авторов и теоретическими оценками, приведенными в разных библиотеках. Для ряда изотопов данные были получены впервые в исследуемой области энергии нейтронов. Все полученные данные внесены в EXFOR и уже используются для получения новых файлов оцененных данных. Этим подтверждается большая практическая значимость полученных в диссертации результатов.

В заключении сформулированы основные результаты работы и выводы.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных средств регистрации ионизирующих излучений и методов обработки экспериментальных данных; согласием полученных экспериментальных данных для изотопа железа-54 с данными других авторов, полученных с применением других методик; публикацией основных результатов работы в реферируемых журналах. В ходе выполнения диссертации ее результаты были представлены на международных, российских конференциях и семинарах. Полученные в диссертационной работе экспериментальные данные размещены в международной библиотеке экспериментальных ядерных данных EXFOR и доступны исследователям и инженерам для анализа кинетики

ядерных реакций и выполнения работ по оценке влияния нейтронов на свойства материалов.

Полученные диссидентом научные результаты имеют существенную **научную новизну**, теоретическую и практическую ценность, представляют несомненный интерес для дальнейшего развития экспериментальных методов, используемых для изучения ядерных реакций, протекающих под действием нейтронов. Полученные результаты важны как для понимания механизмов ядерных реакций, так и для прогнозирования поведения материалов и сталей, используемых при сооружении объектов ядерной энергетики.

Впервые, автором диссертации получены экспериментальные значения сечений для реакций, $^{52}\text{Cr}(\text{n},\alpha)^{49}\text{Ti}$ для энергий нейтронов от 6,8 МэВ до 7,2 МэВ, $^{53}\text{Cr}(\text{n},\alpha)^{50}\text{Ti}$ для энергий нейтронов 4,5 – 7,15 МэВ, $^{47}\text{Ti}(\text{n},\alpha)^{44}\text{Ca}$ для энергий нейтронов 4,0 – 6,0 МэВ. Проведено экспериментальное измерение сечений для реакций изотопов железа, хрома $^{57}\text{Fe}(\text{n},\alpha)^{54}\text{Cr}$ $^{50}\text{Cr}(\text{n},\alpha)^{47}\text{Ti}$ $^{60}\text{Ni}(\text{n},\alpha)^{57}\text{Fe}$, измеренными разными авторами и отличающихся по абсолютному значению.

Положения и выводы диссертационной работы достаточно **обоснованы** в тексте диссертации и находятся в соответствии с современными представлениями в области экспериментальных методов ядерной физики.

Основные результаты по теме диссертационной работы изложены в 14 печатных изданиях, 8 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 из которых изданы в зарегистрированных научных электронных изданиях, 4 - в материалах международных конференций. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Поставленные в работе задачи решены, заявленная цель достигнута; при этом выводы соответствуют поставленной цели и решаемым задачам.

Вопросы и пожелания. По диссертации Хромылевой Т.А. необходимо сделать следующие замечания и высказать пожелания.

- В некоторых графиках в диссертации (например, рисунок 29, 38 и т.д.) по осям x и y используется термин «каналы» при отсутствии объяснений в тексте какой физической величине они соответствуют. Это затрудняет понимание материала.
- По названию «Низкофоновый цифровой спектрометр для измерения сечения (n,α) реакции на твердых мишениях» можно предположить, что в работе снижение фона достигается аппаратными средствами, в то время как снижение фона обеспечивается анализом уже зарегистрированных сигналов.
- В качестве пожелания можно отметить, что в работе следовало бы провести анализ возможности использования разработанного метода измерения сечений применительно не только к (n,α) реакциям, но и другим ядерным реакциям под действием быстрых нейтронов.
- В диссертационной работе и автореферате встречаются незначительные грамматические ошибки и опечатки.

Сделанные в отзыве замечания не снижают научной ценности диссертационной работы Хромылевой Т.А., не влияют на ее общую положительную оценку и носят рекомендательный характер.

Диссертационная работа Хромылевой Т.А. «Низкофоновый цифровой спектрометр для измерения сечения (n,α) реакции на твердых мишениях» выполнена на высоком научном уровне и является завершенным научно-квалификационным исследованием,

развивающим актуальное научное направление. Проведенные исследования и полученные результаты полностью удовлетворяют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительством РФ №842 от 24.09.2013г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, а автор диссертации, Хромылева Татьяна Александровна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук.

Я даю согласие на обработку моих персональных данных и на размещение их в свободном доступе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и в единой информационной системе.

Официальный оппонент

Начальник лаборатории алмазной
радиационно-стойкой наноэлектроники и
инноваций, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»

д.ф.-м.н.



Н.Б. Родионов

Акционерное общество "Государственный
научный центр Российской Федерации Троицкий
институт инновационных и термоядерных
исследований" (АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ")

Россия, 108840, г. Москва, г. Троицк, ул.
Пушкиовых, вл. 12

Тел.: +7(495)841-53-09

<http://www.triniti.ru/>

liner@triniti.ru

«14» февраля 2019 г.

Подпись Н.Б. Родионова удостоверяю
Ученый секретарь к.ф.-м.н.



А.А.Ежов

