

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук **Грудзевича О.Т.** на диссертацию **Карпова Александра Владимировича** «Теоретический анализ основных механизмов образования и распада тяжелых и сверхтяжелых ядер», представляемую на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертационная работа Карпова А.В. посвящена теоретическому исследованию ядерных реакций, приводящих к образованию тяжелых и сверхтяжелых ядер, а также изучению особенностей радиоактивного распада этих ядер. Диссертация выполнена на актуальную тему и содержит новые результаты, несомненно, представляющие научный интерес. Взаимодействие атомных ядер низких энергий является ценным источником информации о структуре ядра и особенностях протекания ядерных реакций. Ядерные реакции при энергиях вблизи кулоновского барьера используются для получения новых ядер, в том числе сверхтяжелых. Ядерные реакции с тяжелыми ионами характеризуются значительным перекрытием реакционных каналов: глубоконеупругого рассеяния, квазиделения, слияния и деления. Для углубленного теоретического анализа процессов, происходящих при взаимодействии атомных ядер, а также для реалистичного расчета сечений различных каналов реакций с тяжелыми ионами требуется развитие моделей, позволяющих отслеживать временную эволюцию ядерной системы, обладающей большим числом степеней свободы. Знание свойств распада ядра может также играть одну из ключевых ролей при постановке эксперимента, особенно в области сверхтяжелых элементов.

Диссертация охватывает большой круг взаимосвязанных проблем и состоит из введения, пяти глав, заключения и одного приложения. **Во введении** обосновывается актуальность выполненных исследований, сформулированы цель, научная новизна работы и значение результатов.

В первой главе диссертации подробно изложены модели, используемые в диссертации для расчета потенциальной энергии ядерной системы. Потенциальная энергия рассчитывается в двух предельных случаях: быстрого (диабатический предел) и медленного (адиабатический предел) сближения ядер. Вводится временная зависимость потенциальной энергии, что позволяет использовать разработанную модель для произвольной энергии во входном канале реакции. Оболочечные поправки, играющие чрезвычайно важную роль при описании свойств ядер и реакций с ними, определяются,

используя двухцентровую оболочечную модель в случае бинарного выходного канала и используя разработанную в диссертации трехцентровую оболочечную модель в случае трех осколков в выходном канале.

Вторая глава диссертации посвящена разработке динамической модели ядро-ядерных столкновений. Модель основана на уравнениях Ланжевена и использует многомерную потенциальную энергию, описанную в первой главе диссертации. Модель тестируется на большой совокупности экспериментальных данных по реакциям глубоконеупругих передач. Показывается, что модель способна описывать выходы образующихся в реакциях ядер, а также их различные распределения. Основная цель выполненных расчетов – это изучение возможности получения нейтроноизбыточных тяжелых ядер вблизи замкнутых нейтронных оболочек $N=82,126$, а также сверхтяжелых ядер. Сделанные в главе выводы об энергетической и угловой зависимости выходов нейтроноизбыточных тяжелых ядер являются новыми и представляют большой интерес в связи с разработкой новых экспериментальных установок и планированием экспериментов в ведущих лабораториях России и мира, направленных на получение таких ядер в реакциях многонуклонных передач. В главе также затрагивается вопрос о возможности получения новых тяжелых и сверхтяжелых ядрах в столкновениях актинидов.

В третьей главе исследуются реакции слияния при энергиях вблизи кулоновского барьера. Основное внимание уделяется анализу совместной роли каналов нейтронных передач и коллективных возбуждений ядер, как факторов, увеличивающих сечения подбарьерного слияния за счет снижения высоты кулоновского барьера. В работе предложен способ учета нейтронных передач при использовании квантового метода связанных каналов, что позволило описать структуру функции распределения по барьерам слияния. Также в главе рассмотрен вопрос о возможности синтеза нейтронообогащенных изотопов сверхтяжелых элементов в реакциях слияния с ^{48}Ca в каналах с испусканием заряженных частиц.

Четвертая глава диссертации посвящена изучению свойств распада тяжелых сверхтяжелых ядер. Выполнены расчеты периодов полураспада ядер относительно альфа-распада, бета-распада и спонтанного деления с использованием нескольких наборов масс основных состояний ядер, в том числе полученных в настоящей работе в рамках двухцентровой оболочечной модели. Обсуждаются вопросы, связанные с возможностью синтеза сверхтяжелых элементов с $Z>118$, а также продвижения к центру острова стабильности. В работе предложен новый способ получения нейтроноизбыточных сверхтяжелых ядер в районе острова стабильности. Способ основан на обнаруженной

автором диссертации области сверхтяжелых ядер, испытывающих электронный захват. Достичь этой области можно, например, в реакциях слияния в каналах с испарением заряженных частиц и нейтронов. Дополнительно в работе исследуется возможность получения сверхтяжелых ядер в процессах нейтронного захвата в лабораторных условиях и в условиях астрофизического нуклеосинтеза.

В пятой главе обсуждается созданная в Объединенном институте ядерных исследований база знаний по ядерной физике низких энергий NRV. Описываются основные принципы ее функционирования в сети Интернет, а также дается обзор возможностей базы знаний, доступных для пользователей. Автор подчеркивает, что значительная часть этой системы построена на моделях, разработанных и реализованных в виде вычислительных кодов в ходе работы над данной диссертацией. База знаний пользуется большой популярностью в России и мире, что существенно поднимает практическую значимость выполненных в диссертации исследований.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы работы. **В приложении** обсуждается справедливость так называемой теоремы Святецкого. Справедливость этой теоремы обосновывает часто используемую аппроксимацию барьера деления, как разности жидкокапельного барьера и оболочечной поправки к массе ядра в основном состоянии.

Вместе с тем работа не свободна от недостатков:

1. Большинство рисунков очень маленькие, что чрезвычайно затрудняет их анализ. Конечно, в тексте диссертации дается подробный анализ информации, но при этом в большинстве случаев приходится верить автору на слово, а не делать собственные выводы и сопоставления. Например, рис. 2.7 большое количество экспериментальных точек и теоретических кривых, очень представительных с точки зрения демонстрации дееспособности предложенного автором теоретического подхода. Однако масштаб рисунка такой, что анализировать что-либо не представляется возможным. Такая картина типична для диссертации.

2. Главы диссертации очень неравноценны. При общем высоком уровне работы выделяется очень высоким уровнем Глава 2, хотя, возможно, только мне так кажется. Напротив, Глава 5 не имеет непосредственного отношения к диссертации. Сетевая база знаний – вещь очень нужная и полезная, но как эта база связана с теоретическим анализом образования и распада ядер?! Согласен, база знаний нужна для образования, но для другого образования.

Высказанные замечания не снижают научной ценности выполненных исследований.

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном уровне. Основные научные положения и результаты работы обоснованы и апробированы на многочисленных научных конференциях. Материалы диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих научных журналах.

Считаю, что работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц, а ее автор, А.В. Карпов, заслуживает присвоения ему искомой ученой степени.

Автореферат диссертации верно отражает ее содержание.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,

заместитель генерального директора – директор

отделения перспективных исследований

АО «Государственный научный центр Российской Федерации –

Физико-энергетический институт имени А. И. Лейпунского»



Грудзевич О.Т.

7.06.2018

Адрес: Россия, 249033, г. Обнинск, Калужской обл., пл. Бондаренко, 1
Тел.: +7 (484) 3994239
e-mail: ogrudzevich@ippe.ru