

ОТЗЫВ

официального оппонента Курепина Алексея Борисовича на диссертацию Карпова Александра Владимировича «Теоретический анализ основных механизмов образования и распада тяжелых и сверхтяжелых ядер», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «физика атомного ядра и элементарных частиц»

Одним из основных вопросов физики атомного ядра является проблема существования сверхтяжелых элементов, определение их свойств, способов получения, поиск каналов распада. Проведение теоретических расчетов для решения многотельной квантовой проблемы требует совершенно нового подхода и представляет собой одну из самых сложных задач ядерной физики. Поэтому актуальность темы представленной диссертации заключается не только в необходимости проведения теоретического анализа механизмов образования и распада тяжелых и сверхтяжелых ядер с целью нахождения оптимальных путей для их синтеза, а также в оригинальных теоретических разработках подходов к анализу процесса ядро-ядерных столкновений.

Проведенный в диссертации теоретический анализ реакций, происходящих при столкновении тяжелых ионов низких энергий, имеющих весьма малое сечение, является одним из наиболее развитых среди опубликованных работ. Новизна анализа заключается в использовании полного подхода к описанию каналов реакций глубоконеупругого рассеяния, деления и слияния с учетом сильной связи каналов в рамках разработанной динамической модели ядро-ядерных столкновений, учитывающей девозбуждение образующихся продуктов реакции.

Основным параметром, определяющим свойства атомных ядер, а также динамику их взаимодействия, является потенциальная энергия системы двух деформированных ядер. Наиболее распространенным способом расчета адиабатической потенциальной энергии является суммирование и усреднение

эффективных нуклон-нуклонных взаимодействий по плотностям распределения ядерного вещества. В работах, на основе которых подготовлена данная диссертация, использован эффективный нуклон-нуклонный потенциал нулевого радиуса действия. Для нахождения потенциальной энергии тяжелого ядра в адиабатическом приближении автор диссертации применил макро-микроскопическую модель с учетом зарядовой асимметрии. Оболочечная поправка рассчитывалась по методу В.М.Струтинского в двухцентровой оболочечной модели. На основе этого метода ранее было сформулировано предсказание о возможности существования «острова стабильности» сверхтяжелых ядер.

Для объяснения процессов тройного деления автор разработал трехцентровую оболочечную модель. При этом удалось показать возможность тройного деления ядра ливермория-296 на два тяжелых ядра и легкий фрагмент.

Для анализа динамики ядро-ядерных столкновений при низких энергиях автором предложена оригинальная динамическая модель с восемью степенями свободы, включая квадрупольные деформации ядер, массовую и зарядовую асимметрии и ориентационные степени свободы. На основе этой модели и статистической модели распада возбужденного ядра получено распределение продуктов реакции по энергии, массе, заряду и углу. Рассчитанные энергетические, массовые, зарядовые и угловые распределения фрагментов реакции и экспериментальные значения для столкновения ядер ксенона и висмута, ксенона и свинца, а также ядер ксенона и ядер платины, достаточно хорошо согласуются. Следует отметить применимость модели при различных энергиях столкновения и возможность использования расчетов для анализа энергетической зависимости сечения образования нейтроноизбыточных тяжелых ядер.

Показано, что сечение образования нейтроноизбыточных тяжелых ядер слабо зависит от энергии столкновения. Дана численная оценка сечения синтеза нейтронообогащенных тяжелых и сверхтяжелых ядер для

взаимодействия урана и калифорния, из которой следует, что в этих реакциях синтез сверхтяжелых ядер практически трудно осуществить.

Оригинальный подход использован автором диссертации для анализа околобарьерного слияния ядер. Показано, что процесс слияния существенно зависит от динамической деформации, которая возникает при сближении ядер, а также от взаимной ориентации статически деформированных ядер. При этом возможно перераспределение нейтронов между двумя ядрами до прохождения через барьер. Предложен способ одновременного учета этих эффектов при использовании квантового метода сильной связи каналов реакции. Как и следовало ожидать, роль эффекта перераспределения нейтронов более важна для реакций, обладающих положительными энергиями для передачи нескольких нейтронов. В диссертации изучено совместное влияние каналов нейтронных передач и коллективных возбуждений ядер на сечение их подбарьерного слияния.

Автором сделаны численные оценки вероятности синтеза нейтронообогащенных сверхтяжелых ядер в каналах испарения заряженных частиц и нескольких нейтронов. Сам метод был предложен ранее Ю.Ц. Оганесяном.

Для проведения экспериментов по синтезу сверхтяжелых ядер необходимо учитывать свойства их распада с испусканием альфа-частиц, бета-распадов и спонтанного деления. Времена жизни относительно таких распадов рассчитаны автором.

Перспектива синтеза новых сверхтяжелых элементов и возможность обнаружения «острова стабильности» подробно рассмотрены в отдельной главе диссертации. Очевидно, что необходимо использование пучков более тяжелых элементов, чем кальций-48. При этом, однако, уменьшается сечение слияния и возможно уменьшение времени жизни сверхтяжелых ядер, что приведет к дополнительным ограничениям в экспериментах.

Просмотрены новые возможности синтеза нейтроноизбыточных ядер новых элементов в процессах электронного захвата, а также захвата

нейтронов и дальнейшего бета-распада ядра. Хотя имеющихся потоков нейтронов от реакторов недостаточно, возможно наблюдение таких реакций и образование сверхтяжелых элементов в космических лучах.

Поскольку структура барьера деления играет определяющую роль в теоретических расчетах автора диссертации, в приложении приведено обсуждение топографической теоремы для учета отклонения величины барьера в модели жидкой капли вследствие оболочечной поправки к энергии основного состояния ядра.

Важное прикладное значение имеет участие автора в создании сетевой базы знаний по ядерной физике низких энергий. Система, работающая через сеть Интернет, основана на большом числе экспериментальных данных по свойствам ядер и сечениям ядерных реакций. Система включает также теоретические модели ядра и ядерных реакций. Большое число пользователей системы доказывает ее эффективность и пользу для многих экспериментов, теоретических разработок и для образовательных целей.

Взаимодействие двух достаточно тяжелых ядер представляет собой сложный квантово-механический процесс, в котором только небольшая часть столкновений может привести к слиянию ядер, т.е. образованию нового элемента с характерной структурой ядерных оболочек. Было бы желательно провести более подробный теоретический анализ этого процесса, а также фоновых реакций с разрушением сталкивающихся ядер и их относительной вероятности. При оценке величины сечения слияния ядер желательно более четко обосновать вероятность перехода составного ядра в конфигурацию нового элемента, в частности, сверхтяжелого.

Метод сильной связи каналов предполагает наличие переходов между различными состояниями системы, поэтому эти состояния желательно представить в явном виде, а в потенциал взаимодействия ввести мнимую часть для учета других нерассмотренных каналов реакций.

Все вышеизложенные замечания не снижают ценности диссертации как фундаментального научного исследования. Все полученные результаты

являются новыми. Они хорошо обоснованы и изложены в публикациях в российских и зарубежных рецензируемых журналах. Результаты неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, а также на многочисленных научных семинарах в ряде институтов.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертационная работа полностью отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, а сам автор, Карпов Александр Владимирович, заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Главный научный сотрудник ОЭФ ИЯИ РАН
доктор физ.-мат. наук, профессор

Курепин А.Б.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
Адрес: проспект 60-летия Октября, 7а, Москва, 117312
Тел.: +7(495)850-4256
e-mail: kurepin@inr.ru

Подпись А.Б. Курепина удостоверяю
Заместитель директора ИЯИ РАН
доктор физ.-мат. наук



Либанов М.В.