

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук **Грудзевича Олега Теофильевича** на диссертацию **Чернышевой Елены Владимировны** «Экспериментальное исследование процессов слияния-деления и квазиделения в реакциях ионов ^{48}Ca с мишенями ^{208}Pb , ^{232}Th , ^{238}U , ^{244}Pu , ^{248}Cm при энергиях вблизи кулоновского барьера», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Актуальность темы

Одним из наиболее важных направлений современной ядерной физики является синтез сверхтяжелых ядер и изучение их свойств. Все новые сверхтяжелые ядра были получены в реакциях полного слияния с тяжелыми ионами. Однако было обнаружено, что в реакциях, ведущих к образованию сверхтяжелых ядер, с процессом полного слияния конкурирует процесс квазиделения, в котором композитная ядерная система распадается на фрагменты без образования составного ядра. Поэтому исключительно важной и актуальной фундаментальной проблемой становится изучение отличительных характеристик этих процессов для определения их вклада в сечение захвата. Эта информация необходима для нахождения условий входного канала реакции, благоприятствующих процессу полного слияния. Диссертация Чернышевой Е.В. посвящена исследованию конкуренции процессов слияния-деления и квазиделения в области образования ядер с атомными номерами $Z=102-116$. В диссертации рассмотрены реакции взаимодействия налетающих дважды магических ионов ^{48}Ca с дважды-магическим сферическим ядром ^{208}Pb , а также с деформированными актинидными мишенями ^{232}Th , ^{238}U , ^{244}Pu , ^{248}Cm .

В диссертации представлены эксперименты по измерению массово-энергетических распределений фрагментов для получения критериев разделения процессов слияния-деления и квазиделения и получения их вкладов в сечения захвата. Измерения проводились при энергиях налетающих ионов выше и ниже

кулоновского барьера. Эксперименты были выполнены в ЛЯР ОИЯИ на ускорителе У-400 с использованием двухплечевого времяпролетного спектрометра CORSET (CORrelation SETup) [14].

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов и выводов диссертации.

Полученные в диссертации результаты достаточно обоснованы. Измерения, проведенные в настоящей работе, были выполнены на установке CORSET, которая является в настоящее время одной из ведущих в мире по исследованию процессов слияния-деления и квазиделения, что позволило обеспечить хороший методический уровень измерений. Представленные в настоящей работе данные по сечениям захвата в реакциях $^{48}\text{Ca}+^{208}\text{Pb}$ и $^{48}\text{Ca}+^{238}\text{U}$ находятся в хорошем согласии с результатами измерений других авторов. Также наблюдается соответствие полученных данных по сечениям слияния-деления ядер при переходе от ядра с $Z=112$ к $Z=116$ с результатами измерений сечений образования испарительных остатков сверхтяжелых ядер с $Z=112, 114, 116$, полученными в ЛЯР ОИЯИ.

Новизна настоящей работы заключается в том, что впервые были получены массово-энергетические распределения делительно-подобных фрагментов реакций $^{48}\text{Ca}+^{232}\text{Th}$, ^{244}Pu , ^{248}Cm при энергиях пучка ионов $E_{\text{lab}} = 226\text{-}245$ МэВ. Для реакций ионов ^{48}Ca с актинидными мишнями ^{238}U , ^{244}Pu , ^{248}Cm впервые был применен метод анализа энергетических распределений фрагментов для разделения процессов слияния-деления, симметричного и асимметричного квазиделения и определения их вкладов в сечение захвата. Найденное соотношение вкладов этих процессов позволило получить верхнюю оценку сечений слияния-деления σ_{FF} в этих реакциях, а также рассчитать вероятности слияния P_{CN} и выживания составных ядер W_{sur} . На основе этих данных были вычислены нижние оценки барьеров деления ядер $^{283\text{-}286}\text{Cn}$, $^{289\text{-}292}\text{Fl}$, и $^{293\text{-}296}\text{Lv}$.

Также впервые в реакции взаимодействия ионов ^{48}Ca с мишнями ^{208}Pb при энергиях пучка ионов $E_{\text{lab}} = 211\text{-}234$ МэВ наблюдалось бимодальное деление ^{256}No .

Диссертация изложена на 135 страницах машинописного текста, и включает в себя Введение, 5 глав, Заключение и список литературы из 160 наименований. В диссертационную работу входят 6 таблиц и 40 рисунков.

Во введении обосновывается выбор темы диссертации и ее актуальность, формулируются ее цели и задачи, приведены положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор существующих экспериментальных данных и теоретических моделей по теме диссертации. Рассматриваются способы получения новых элементов, показано, что для синтеза трансфермиевых элементов используются реакции полного слияния ядер с тяжелыми ионами. Рассматриваются реакции горячего и холодного слияния. Приведена классификация процессов, происходящих при взаимодействии ядер с тяжелыми ионами. Описаны свойства и отличительные характеристики процессов слияния-деления и квазиделения.

Вторая глава посвящена выбору методики, удовлетворяющей поставленной задаче – разделению фрагментов слияния-деления и квазиделения. Рассматриваются существующие методы регистрации фрагментов деления и квазиделения для получения массово-энергетических и угловых распределений, оценивается получаемая точность определения масс и энергий фрагментов. Далее приводится описание двухплечевого времяпролетного спектрометра CORSET (CORrelation SETup). Показаны схемы используемых в спектрометре детекторов на основе микроканальных пластин, приведены основные характеристики спектрометра.

В третьей главе приводится алгоритм обработки экспериментальных данных для времяпролетного метода. Показано, как проводилась сортировка данных от случайных совпадений, вычисление масс, энергий и углов вылета фрагментов, рассматривается выделение бинарного канала реакции, рассчитывается геометрическая эффективность регистрации спектрометра, приводится расчет сечений захвата.

Четвертая глава диссертации посвящена изучению процессов слияния-деления и квазиделения в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$ при энергиях $E_{\text{lab}} = 206\text{-}242 \text{ МэВ}$. Получены массово-энергетические распределения фрагментов и сечения захвата в данной

реакции. Доминирующим каналом реакции $^{48}\text{Ca} + ^{208}\text{Pb}$ является процесс слияния-деления, при этом квазиделение проявляется в виде повышенных массовых выходов в области $M_L = 60\text{-}90$ а.е.м. Далее в работе исследуются свойства фрагментов симметричного деления ^{256}No , а также фрагментов асимметричного квазиделения. Также изучались структурные особенности массовых и энергетических распределений при низких энергиях возбуждения. Для энергий возбуждения $E^* = 17\text{-}35$ МэВ обнаружено проявление бимодального деления ^{256}No в массовых и энергетических распределениях фрагментов.

В пятой главе приводятся результаты измерений массово-энергетических распределений продуктов реакций ионов ^{48}Ca на деформированных актинидных мишениях ^{232}Th , ^{238}U , ^{244}Pu , ^{248}Cm . Эти исследования представляют большой интерес как для теоретических моделей, описывающих процессы слияния ядер, так и для дальнейших исследований с более тяжелыми налетающими ионами с целью получения элементов тяжелее Og ($Z=118$). Доминирующим каналом в этих реакциях является асимметричное квазиделение (QF_{asym}), для которого характерны двугорбые массовые распределения с массой тяжелого фрагмента в области дважды магического свинца ^{208}Pb . Особенno важной задачей для данного класса реакций становится разделение в симметричной области масс $A_{\text{CN}}/2 \pm 20$ а.е.м. фрагментов слияния-деления и симметричного квазиделения (QF_{sym}). В настоящей работе для определения относительных вкладов каналов слияния-деления и квазиделения в сечение захвата использовался анализ энергетических распределений. Было найдено, что значительная часть событий в области масс $A_{\text{CN}}/2 \pm 20$ а.е.м. соответствует по энергетическим характеристикам процессу слияния-деления. Примененный метод позволил получить верхнюю оценку сечений слияния-деления σ_{FF} и рассчитать вероятности слияния P_{CN} и выживания W_{sur} , а также нижние пределы барьеров деления ядер $^{254\text{-}256}\text{No}$, $^{283\text{-}286}\text{Cn}$, $^{289\text{-}292}\text{Fl}$ и $^{293\text{-}296}\text{Lv}$.

В заключении приводятся основные результаты и выводы диссертационной работы. Они соответствуют положениям, выносимым на защиту.

Вместе с тем, по содержанию и оформлению диссертации есть некоторые **замечания:**

1. Найдено незначительное количество опечаток (стр.78).
2. Надписи на Рис.2.2. (схема стопового детектора) достаточно мелкие.
3. Присутствуют повторы при описании влияния свойств входного канала реакции на конкуренцию каналов слияния-деления и квазиделения (стр.4 и 65).

Недостаток. Неоспоримым достоинством диссертации является большое количество экспериментального материала. Из-за этого автору пришлось приводить в тексте диссертации много рисунков, что, в свою очередь, вынудило автора сделать эти рисунки мелкими. Таким образом, анализ рисунков читателем диссертации затруднен, а автор анализирует (растолковывает читателю) их содержание и значение недостаточно подробно. Впрочем, для оппонента это несущественно.

Приведенные замечания и недостаток не являются принципиальными и не снижают ценности диссертации.

Материалы диссертации докладывались автором на международных и российских конференциях, совещаниях и научных семинарах, а также были опубликованы в российских и международных научных журналах.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

В целом, рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой и полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц», а ее автор, Чернышева Е. В., заслуживает присвоения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент



Грудзевич Олег Теофильевич

Доктор физико-математических наук
заместитель генерального директора,

директор Отделения перспективных исследований

Акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации
– Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского»