

АННОТАЦИЯ

На цикл работ: "Исследование вероятности образования и распада сверхтяжелых систем в зависимости от кулоновского фактора реакции Z_1Z_2 при энергиях вблизи кулоновского барьера".

Представляемый на конкурс цикл работ посвящен экспериментальному исследованию процессов деления и квазиделения в реакциях с тяжёлыми ионами, приводящих к образованию сверхтяжёлых составных систем с $Z = 114-120$ в зависимости от входного канала реакции.

Получение и исследование свойств ядер вблизи «острова стабильности» является одной из основных задач современной физики сверхтяжелых элементов. Согласно теоретическим предсказаниям, «остров стабильности» ожидается вблизи нейтронной $N = 184$ и протонной $Z = 114$ или $Z = 120-126$ оболочек. Протонная оболочка пока точно не определена, т.к. ее значение, получаемое в различных моделях, сильно зависит от выбора параметров ядро-ядерных взаимодействий. Имеющиеся экспериментальные данные подтверждают существование «острова стабильности», но не позволяют сделать окончательного вывода о значениях протонной и нейтронной оболочек. В связи с этим, синтез сверхтяжелых элементов с $Z > 118$ представляет особый интерес в этих исследованиях. Чтобы продвинуться в область ядер с $Z > 118$ с использованием реакций полного слияния, из-за ограниченного числа актинидных ядер, пригодных для эксперимента, необходимо использовать ионы тяжелее ^{48}Ca . Однако при переходе к более тяжелым налетающим ионам растет кулоновское отталкивание между взаимодействующими ядрами (Z_1Z_2). Этот фактор является одним из ключевых параметров, определяющим вклады процессов квазиделения и глубоко неупругого рассеяния, что приводит к подавлению процесса формирования составного ядра.

Для исследования вероятности образования и распада сверхтяжелых систем в зависимости от кулоновского фактора реакции Z_1Z_2 при энергиях вблизи кулоновского барьера нами был проведен цикл работ по изучению характеристик массово-энергетических распределений бинарных фрагментов, получаемых в реакциях $^{52}\text{Cr} + ^{232}\text{Th}$, $^{52,54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$, $^{86}\text{Kr} + ^{198}\text{Pt}$ и $^{68}\text{Zn} + ^{232}\text{Th}$, ведущих к образованию сверхтяжелых систем с $Z = 114$ и 120 . Проведенный в представленных на конкурс работах [1–4] сравнительный анализ полученных результатов с уже имеющимися для реакций с ионами ^{36}S , $^{40,48}\text{Ca}$, $^{48,50}\text{Ti}$, ^{58}Fe и ^{64}Ni позволил получить вероятности слияния для сверхтяжелых систем в широком диапазоне изменения кулоновского фактора Z_1Z_2 от 1472 до 2808. Измерения проводились в ЛЯР в Дубне и Университете г. Ювяскюля с помощью двухплечевого времяпролетного спектрометра CORSET.

В этих исследованиях нами показано [1,3], что в случае реакций с ионами Ti и Cr свойства асимметричных фрагментов квазиделения аналогичны фрагментам реакций с ионами ^{48}Ca со средним временем реакции около 5–7 зептосекунд. Более того, меньшее время реакции, около 3 зептосекунд, наблюдалось в случае взаимодействия с ионами Ni и Zn. Из сравнения массовых и энергетических распределений и сечений захвата было обнаружено, что при переходе от систем с $Z_1Z_2 \approx 2300$ ($^{52}\text{Cr} + ^{232}\text{Th}$, $^{52,54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$) к системам с $Z_1Z_2 > 2500$ ($^{86}\text{Kr} + ^{198}\text{Pt}$, $^{68}\text{Zn} + ^{232}\text{Th}$) вклад фрагментов, образующихся в долгоживущих композитных системах, сильно уменьшается, а основными каналами реакции становятся реакции малонуклонных передач и глубоконеупругого рассеяния.

Кроме того, нами было обнаружено значительное изменение свойств симметричных фрагментов в реакциях с ионами $^{48,50}\text{Ti}$ и $^{52,54}\text{Cr}$ и кардинальное изменение в реакциях с ионами ^{64}Ni и ^{68}Zn по сравнению с реакциями с ионами ^{48}Ca . В работах [1,3] показано, что при энергиях выше барьера вклад симметричных осколков не меняется с увеличением энергии взаимодействия и составляет около 5–6% для реакций с ионами

^{52}Cr , в отличие от реакций ядер актинидов с ионами ^{48}Ca , где этот вклад монотонно возрастает. Это может свидетельствовать о значительном усилении процесса квазиделения при переходе от ионов Ca к ионам Ti и Cr. Таким образом, можно сделать вывод, что для ядерных систем с $Z_1Z_2 > 2000$, квазиделение является доминирующим процессом даже при образовании симметричных фрагментов.

Вероятности синтеза для реакций $^{52,54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$, $^{68}\text{Zn} + ^{232}\text{Th}$ были оценены в работе [1] на основе анализа массовых и энергетических распределений. Полученные вероятности слияния хорошо согласуются с зависимостью вероятности слияния от среднего параметра делимости, найденной для реакций деформированных ядер с ионами ^{36}S , ^{48}Ca , ^{48}Ti и ^{64}Ni . Обнаружено, что при энергиях выше кулоновского барьера вероятность слияния падает примерно на три порядка при переходе от реакции $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ к реакции $^{54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$ и более чем в 10^5 раз при переходе к реакции $^{68}\text{Zn} + ^{232}\text{Th}$. На основании полученного значения вероятности слияния для реакции $^{54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$ ожидается, что сечение образования сверхтяжелого элемента с $Z = 120$ составит около нескольких фемтобарн. В случае реакций $^{64}\text{Ni} + ^{238}\text{U}$ и $^{68}\text{Zn} + ^{232}\text{Th}$ сечения образования на один и два порядка меньше, чем в реакции $^{54}\text{Cr} + ^{248}\text{Cm}$, соответственно.

1. K. V. Novikov, E. M. Kozulin, G. N. Knyazheva, I. M. Itkis, M. G. Itkis, A. A. Bogachev, I. N. Diatlov, M. Cheralu, D. Kumar, N. I. Kozulina, A. N. Pan, I. V. Pchelintsev, I. V. Vorobiev, W. H. Trzaska, S. Heinz, H. M. Devaraja, B. Lommel, E. Vardaci, S. Spinosa, A. Di Nitto, A. Pulcini, S. V. Khlebnikov, Pushpendra P. Singh, Rudra N. Sahoo, B. Gall, Z. Asfari, C. Borcea, I. Harca, and D. M. Filipescu, Investigation of fusion probabilities in the reactions with $^{52,54}\text{Cr}$, ^{64}Ni , and ^{68}Zn ions leading to the formation of $Z = 120$ superheavy composite systems, *Phys. Rev. C* 120, 044605 (2020).
2. K. V. Novikov, E. M. Kozulin, G. N. Knyazheva, I. M. Itkis, A. V. Karpov, M. G. Itkis, I. N. Diatlov, M. Cheralu, B. Gall, Z. Asfari, N. I. Kozulina, D. Kumar, I. V. Pchelintsev, V. N. Loginov, A. E. Bondarchenko, P. P. Singh, I. V. Vorobiev, S. Heinz, W. H. Trzaska, E. Vardaci, N. Tortorelli, C. Borcea, and I. Harca. Formation and decay of the composite system $Z = 120$ in reactions with heavy ions at energies near the Coulomb barrier. *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 84, 495 (2020).
3. E. M. Kozulin, G. N. Knyazheva, T. K. Ghosh, A. Sen, I. M. Itkis, M. G. Itkis, K. V. Novikov, I. N. Diatlov, I. V. Pchelintsev, C. Bhattacharya, S. Bhattacharya, K. Banerjee, E. O. Saveleva, and I. V. Vorobiev. Fission and quasifission of the composite system $Z = 114$ formed in heavy-ion reactions at energies near the Coulomb barrier, *Phys. Rev. C* 99, 014616 (2019).
4. E. Vardaci, M. G. Itkis, I. M. Itkis, G. Knyazheva, E. M. Kozulin. Fission and quasifission toward the superheavy mass region, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* 46, 103002 (2019).