

Заключение

Сформулируем основные выводы диссертации:

1. Для изучения околорезонансного рассеяния легких ионов ($A = 10 \div 30$) использована классическая модель столкновения деформированных вращающихся ядер. Показано, что учет всего лишь одной дополнительной степени свободы – вращение деформированного ядра мишени – приводит к локальной неустойчивости траекторий рассеяния и хаотическому характеру движения в области ядерного взаимодействия. Показано, что сильная связь степеней свободы системы приводит к образованию долгоживущих квазимолекулярных состояний, время жизни которых в десятки и сотни раз превышает характерное время ядерного взаимодействия.
2. Показано, что локальная неустойчивость траекторий рассеяния приводит к флуктуациям в функциях угла отклонения и переданного момента в зависимости от начальных условий, а также, что эти функции являются фракталами, размерность Хаусдорфа D которых может служить мерой хаотичности движения в системе.
3. Сформулирована теорема о том, что при малых значениях параметра деформации мишени ($\alpha_{20} \ll 1$) происходит «размытие» прицельного параметра орбитирования на некоторый «интервал орбитирования» Δb_{orb} , такой, что для любого $b \in \Delta b_{orb}$ существует угол начальной ориентации мишени $\tilde{\varphi}_0$, для которого $\Theta(b, \tilde{\varphi}_0) \rightarrow -\infty$, а размерность $D(b \in \Delta b_{orb}) < 1$. При дальнейшем увеличении деформации мишени угол $\tilde{\varphi}_0$ существует для любого b , меньшего параметра касательного столкновения, а фрактальная размерность $D(b)$ имеет минимум при $b \in \Delta b_{orb}$. Следствием данной теоремы является смещение интервала орбитирования в область больших b , которая характеризуется меньшим поглощением в канале рассеяния, что ведет к увеличению вклада таких траекторий в сечение, что наблюдается экспериментально.
4. Рассчитаны распределения по временам жизни $P(t)$ квазимолекулярных состояний для реакций $^{12}C(E_{цм} = 17\text{МэВ}) + ^{24}Mg$ и $^{28}Si(E_{цм} = 30\text{МэВ}) + ^{24}Mg$. На их основе вычислены классические автокорреляционные функции $C(\varepsilon)$, ширины Γ_{cl} которых соответствуют экспериментальным ширинам Γ_{exp} когерентности. По-

казано, что функция $\Gamma_{cl}(b)$ демонстрирует сильную зависимость от прицельного параметра, при этом среднее время жизни квазимолекулярных состояний, образованных в центральных столкновениях, заметно меньше времени жизни квазимолекулярных состояний, образующихся в периферических столкновениях с $b \in \Delta b_{orb}$ и более близко к экспериментальному значению.

5. В рамках классической модели рассеяния деформированных вращающихся ядер рассчитаны дифференциальные сечения рассеяния для реакций $^{12}C(E_{цм} = 25\text{МэВ}) + ^{24}Mg$ и $^{28}Si(E_{цм} = 30\text{МэВ}) + ^{24}Mg$. Показано, что в сечениях упругого и неупругого рассеяния в системе с тремя степенями свободы наблюдаются явления, которые обычно приписываются глубоко-неупругим процессам или процессам образования и распада составного ядра, а именно, (а) наличие изотропной (в системе центра масс) компоненты в угловых распределениях и (б) наличие неупругой компоненты, «прижатой» к кулоновскому барьеру выходного канала, в энергетических спектрах продуктов реакции. Такое поведение сечений обусловлено распадом долгоживущих квазимолекулярных состояний, образующихся в столкновениях с прицельными параметрами из «интервала орбитирования».

6. Анализ процессов слияния ядер в рамках классической модели, учитывающей явно связь относительного движения с внутренними степенями свободы (вращение и динамическая деформация ядра мишени) и диссипативные ядерные силы, продемонстрировал качественное описание явления и удовлетворительное количественное согласие с экспериментальными данными. И хотя в рамках классического подхода невозможно полностью описать экспериментальные данные по слиянию ядер в области подбарьерных энергий в силу квантовой природы этого процесса, классическая модель имеет определенную предсказательную силу, что, вместе с простотой, выгодно отличает ее от более сложных квантовых подходов (в частности, от метода связанных каналов).

7. Развита точно решаемая четырехчастичная классическая модель столкновения тяжелых ионов, в которой ядра снаряда и мишени представляются в виде двухчастичных подсистем, состоящих из массивного кора и легкого фрагмента (напри-

мер, n , p , d , t или α). Модель использована для детального анализа механизмов образования предравновесных легких частиц в тяжело-ионных столкновениях при низких и промежуточных энергиях. Проведено сравнение вкладов всех возможных в данной модели механизмов образования легких частиц (срыв легкой частицы со снаряда в момент столкновения, вылет легкой частицы из мишени, вылет легкой частицы в результате нуклон-нуклонного столкновения) в полное сечение выхода легких частиц.

8. Показано, что при энергиях пучка E/A меньших энергии Ферми (~ 40 МэВ) наиболее быстрые легкие частицы вылетают из ядра мишени, а не из ядра снаряда как это предполагалось ранее. В этом случае ускорение легкой частицы мишени осуществляется притягивающим средним полем налетающего снаряда (орбитирование частицы в движущемся поле ядра снаряда). Найдено косвенное экспериментальное подтверждение этому выводу.

9. Показано, что при энергиях E/A больших энергии Ферми основную роль в процессе образования быстрых легких частиц играют нуклон-нуклонные столкновения.

10. Рассчитаны дифференциальные сечения и множественности выхода протонов и нейтронов в реакциях ^{36}Ar (35 МэВ/нуклон) + ^{107}Ag ; ^{132}Xe (44 МэВ/нуклон) + ^{197}Au ; ^{132}Xe , ^{40}Ar (44 МэВ/нуклон) + ^{51}V ; ^{16}O (20 МэВ/нуклон) + ^{197}Au ; ^{20}Ne (30 МэВ/нуклон) + ^{165}Ho . Расчеты находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными.

11. Исследована роль ядро-ядерного взаимодействия и ядерных диссипативных сил в динамике образования быстрых легких частиц. Показано, что наиболее быстрые легкие частицы образуются в периферических столкновениях, дифференциальные сечения выхода легких частиц чувствительны к виду диссипативных сил. Это значит, что из анализа достаточно большого числа экспериментальных данных по измерению двойного дифференциального сечения образования быстрых легких частиц можно извлечь информацию о величине коэффициентов ядерных сил трения и их радиальной зависимости.

12. Трехчастичная полуклассическая модель использована для анализа динамики внутриядерного движения малонуклонных систем $\alpha + N + N$ на примере триплета ядер с $A = 6$: ${}^6\text{He}$, ${}^6\text{Li}$ и ${}^6\text{Be}$. Для количественного анализа структуры этих ядер вводятся функции плотности начальных состояний и среднего времени жизни долгоживущих событий, которые сопоставляются рассчитанной в квантовом подходе пространственной корреляционной плотности нуклонов в ядре. Показано, что при наличии у валентных нуклонов ненулевого орбитального момента, как в квантовом, так и в классическом случае в структуре исследуемой системы появляется две ярко выраженные конфигурации: (а) «динуклонная», когда валентные нуклоны двигаются коррелированно (по одну сторону) от α -кора и (б) «сигарообразная», когда нуклоны двигаются независимо по разные стороны от α -кора. Относительные веса этих компонент определяются потенциалами парных взаимодействий.

13. Близость классической и квантовой корреляционных плотностей трехтельных ядерных систем позволяет использовать построенную модель также для анализа столкновений таких ядер ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$ с различными мишенями, используя в качестве начальных конфигурации приготовленные заранее долгоживущие состояния этих ядер. Другим направлением развития данной модели является переход к изучению мультикластерных систем с $N > 3$, анализ которых в рамках точных квантовых подходов затруднителен.

Автор считает приятным долгом выразить благодарность профессору В.И. Загребаеву за помощь, всестороннюю поддержку и интерес на протяжении всего времени выполнения настоящей работы. Также хочу поблагодарить руководство Лаборатории Ядерных Реакций ОИЯИ профессора М.Г. Иткиса и члена-корреспондента РАН Ю.Ц. Оганесяна за поддержку и создание в лаборатории творческой атмосферы, стимулирующей научную работу автора.