

5.3. Теория систем нескольких тел и взаимодействие ядер с электронным окружением

Л.Д.Блохинцев. blokh@srd.sinp.msu.ru

Проведено комплексное исследование реакции перезарядки быстрого протона на атоме гелия, оставляющей ион гелия в одном из его спектральных состояний. Расчеты дифференциальных сечений, выполненные на суперкомпьютерах МГУ «Ломоносов» и «Чебышёв» в рамках первого и второго борновских приближений, а также эйконального приближения для различных пробных функций атома гелия, показали сильную зависимость сечений от степени электронных корреляций в волновой функции мишени. Найдены кинематические пределы применимости первого борновского приближения. По результатам опубликованы 2 работы в журнале Phys.Rev.A

- Написана компьютерная программа расчета многократных интегралов, соответствующих матричным элементам процессов захвата, в которой использован метод адаптивных разбиений, альтернативный методу последовательных приближений. Показано, что в отсутствие эффективного контроля точности расчетов метод последовательных приближений дает абсолютно неверные результаты расчетов (J.Phys.B 46 (2013), 028001).

- Исследованы полные сечения многократной ионизации ионов C^+ , N^+ и O^+ быстрым электроном. Найдено, что основным механизмом многократной ионизации при асимптотически большой энергии налетающего электрона является механизм встряски (shake-off). Работа опубликована в журнале J. Phys. B и отмечена как выдающаяся работа месяца.

- Разработана теория столкновительного сдвига и уширения (2s-2p) спектральных линий мюонных ионов гелия. Количественные результаты определяют допустимую плотность мишени при измерении лэмбовского сдвига в мюонном гелии. Столкновительный сдвиг и уширение линий 2p-2s переходов в мюонных ионах гелия-3,4 важны для планируемых в GSI (Швейцария) экспериментов по лэмбовскому сдвигу в этих системах. В работе получены теоретические значения этих величин на основе квантового описания столкновений мюонного иона с атомами среды. Полученные результаты позволяют существенно увеличить статистическую точность планируемых экспериментов и снизить систематические ошибки. Расчеты проведены для температуры среды до 350 К. Эффекты тонкой структуры не превышают нескольких процентов. Изотопический эффект при $T > 150$ К для сдвига пренебрежимо мал, но заметен для уширения. Значения сдвига не превышают 50 МГц при давлении мишени 100 мбар. Результаты опубликованы в журнале Phys. Rev. A, V. 88 (2013) 032503.

- Развитый ранее в рамках данной темы формализм аналитического продолжения двухканального разложения эффективного радиуса для упругого рассеяния заряженных частиц обобщен на случай учета неупругих каналов. Различные способы учета эффектов неупругости использованы для анализа системы дейтрон+ α -частица. Оценены обусловленные этими эффектами поправки к извлекаемым путем аналитического продолжения данных по $d\alpha$ -рассеянию значениям асимптотических нормировочных коэффициентов и вершинных констант для S- и D- компонент волновой функции ядра ${}^6\text{Li}$ в канале $d+\alpha$. В расчетах использовались как результаты фазового анализа экспериментальных данных по $d\alpha$ -рассеянию, так и теоретические значения фаз $d\alpha$ -рассеяния, полученные путем решения уравнений Фаддеева для ${}^6\text{Li}$ в модели трех тел (нейтрон, протон и α -частица).

- Рассчитаны перенормированная кулоновско-ядерная константа вершины ${}^{16}\text{O} \leftrightarrow \alpha + {}^{12}\text{C}$ и асимптотический нормировочный коэффициент волновой функции для

основного состояния ядра ^{16}O (0^+) и резонансов в рассеянии α - ^{12}C в состояниях с полным угловым моментом и четностью 0^+ и 1^- (в приближении эффективного радиуса) и 2^+ (с использованием паде-аппроксиманты). Входные данные включают энергию связи основного состояния ^{16}O и энергии резонансов наряду с соответствующими сдвигами фаз в рассеянии α на ^{12}C . Сдвиги фаз взяты из результатов R -матричного подхода, хорошо согласующихся с экспериментальными данными.

- Исследована асимптотика интегралов перекрытия ядра-мишени и конечного ядра, возникающих в выражениях для сечений реакций передачи и реакций радиационного захвата, в том числе, для астрофизических ядерных реакций. Показано, что эта асимптотика может отклоняться от обычно принимаемой формы, определяемой разностью энергий связи участвующих в процессе ядер. Аномальная форма асимптотики связана с виртуальными распадами ядер в промежуточных каналах и математически генерируется сингулярными точками треугольной диаграммы Фейнмана и обобщенной треугольной диаграммы, содержащей петлю. Детально исследованы вклады этих сингулярностей, и выведены выражения для величины аномальных членов с учетом спиновых переменных и кулоновских эффектов. Найдены конкретные примеры ядерных вершин с аномальной асимптотикой.

В работе принимали участие: Блохинцев Л.Д., Виницкий П.С., Еременко В.О., Коренман Г.Я., Кузаков К.А., Орлов Ю.В., Попов В.П., Попов Ю.В., Савин Д.А., Юдин С.Н., Никитина Л.И. (ОНТИ).

Работа отражена в публикациях:

1. Houamer S., Popov Yu.V.// J. Phys. B, 2013, vol. 46, No. 2, p. 028001-1–028001-3.
2. Tetchou Nganso H.M., Hamido A., Kwato Njock M.G., Popov Yu.V., Piraux B.// Rev. A, 2013, vol.87. No. 1, p. 013420-1–013420-9.
3. Korenman G.Ya., Pomerantsev V.N., Popov V.P.// Phys. Rev. A, 2013, vol.88, No.3, p. 032503-1–032503-8.
4. Blokhintsev L.D., Savin D.A.// Few-Body Syst., 2013, vol. 54, No.7-10, 1421-1423.
5. Blokhintsev L.D., Mukhamedzhanov A.M., Yarmukhamedov R.// Eur. Phys. J. A, 2013, vol. 49, No. 9, p. 108-1–108-13.