УДК 539.172 РАВНОВЕСНАЯ И ПРЕДРАВНОВЕСНАЯ ЭМИССИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В РЕАКЦИЯХ С ПРОТОНАМИ НА ЯДРЕ ¹⁰³Rh

¹Алиева Г.Ж., ²Садыков Б.М., ²Насурлла М.

Guli_alieva@mail.ru ¹Магистрант 2 курса ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан ² Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан Научный руководитель – Жолдыбаев Т.К.

Программы по разработке нового поколения ядерно-энергетических систем с высоким уровнем безопасности (Accelerator Driven System), состоящих из протонного ускорителя, нейтрон-производящей мишени и подкритического реактора, развернуты во многих странах. При создании таких устройств для корректного моделирования нейтронного потока необходимы данные о спектральном составе и угловых распределений вторичных протонов и легких заряженных частиц, произведенных первичным протонным пучком.

Измерения были выполнены на изохронном циклотроне У-150М Института ядерной физики. Сечения ядерных реакций ¹⁰³Rh(p,xp) получены в угловом диапазоне $30 \square - 135 \square$ с телескопом, состоящим из пролетного тонкого кремниевого детектора толщиной 100 мкм и детектора полного поглощения на основе сцинтиллятора CsI(Tl). Регистрация продуктов ядерных реакций проводились: с помощью камеры рассеяния диаметром 60 см, оснащенной поворотным спектрометром заряженных частиц; монитором из сцинтилляционного детектора, установленным под углом 30^{0} ; системами привода мишеней; коллимационной системой и цилиндром Фарадея для измерения числа частиц, прошедших через мишень. Основные характеристики условий эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Телескоп <i>ΔЕ-Е</i>	Толщина детектора <i>ΔЕ</i> , мкм	Толщина детектора <i>E</i> , см	Телесный угол, мкср	Регистрируемые частицы	Диапазон энергий в с.ц.м., МэВ	Углы регистрации <i>Δθ</i> =150
Si- CsI(Tl)	100	2,5	$26,2 \pm 0,3$	протоны	4 ÷ 27	300÷1350

Основные характеристики условий эксперимента

В качестве мишени использовалась самоподдерживающаяся фольга с содержанием 103 Rh порядка 98%. Толщина определялась по изменению потерь энергии α-частицами от радиоактивного источника 226 Ra (в спектре которого есть пять α-линий с энергиями 4.782, 5.305, 5.490, 6.002 и 7.687 МэВ) при прохождении через мишень и составила 3 мкм (точность 3 - 5%).

Для определения числа частиц, падающих на мишень, применялась система цилиндр Фарадея – интегратор тока. Погрешность в определении постоянной интегратора не превышала 1 %. Блок-схема электроники приведена на рисунке 1.

Полученные экспериментальные дважды-дифференциальные сечения представлены на рисунке 2. Спектр характеризуется расположенным в области кулоновского барьера низкоэнергетическим распределением, плавной высокоэнергетической компонентой и бампом, соответствующем упругим и квазиупругим процессам в самой жесткой его части. С увеличением угла вылета сечение в высокоэнергетической области исследуемых реакций падает.



Рисунок 1 – Блок-схема электроники □ E–E методики. Атр.#1,2 – спектроскопический усилитель; SCA#1,2 – одноканальный анализатор; Coinc.#1 – схема совпадений; Counter#1 – пересчетная схема; ADC#1,2 – амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП)

Энергетическая калибровка спектрометра выполнялась на основе кинематики уровней ядра в реакции $^{12}C(p,xp)$ и протонам отдачи. Полное энергетическое разрешение системы составила 400 кэВ и, в основном, определялась разбросом энергии пучка. Дисперсия энергия пучка была равна 0,4%. Полная систематическая ошибка не превышала 10%. Статистическая ошибка, величина которой зависела от энергии регистрируемых частиц, составляла 1-4%.

Выполнены теоретические расчеты экспериментальных дважды-дифференциальных сечений в рамках двухкомпонентной экситонной модели предравновесного распада [1], которая широко используется при интерпретации многих экспериментальных результатов. Одним из достоинств модели является то, что кинетические уравнения, на которых она основана, описывают весь процесс релаксации возбужденной ядерной системы, начиная от простейших квазичастичных конфигураций и заканчивая установлением статистического равновесия. Это, в частности, позволяет по–новому взглянуть на ставший уже традиционным механизм испускания частиц из составного ядра.

В наших теоретических расчетах была использована программа PRECO-2006 [2]. В качестве исходной бралась частично–дырочная конфигурация. Нормировочный коэффициент Кg принимался равным 15 МэВ. При параметризации квадрата матричных элементов использовались значения нормировочных констант: $K_{\pi\pi}$: $K_{\pi\nu}$: $K_{\nu\nu} = 2200:900:900$ $M_{3}B^{2}$. Эти значения параметров являются рекомендованными в программе PRECO-2006.

При определении $\sigma_{a,pre}$ использовались параметры оптического потенциала Becchetti– Greenlees [3] для протонов. Были определены энергия возбуждения и энергия связи протонов при первичной и вторичной эмиссии. Получено удовлетворительное согласие между экспериментальными и расчетными значениями в области энергий, соответствующих предравновесному механизма. Результаты расчетов совместно с экспериментальными данными приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сравнение экспериментальных дважды–дифференциальных сечений реакций ¹⁰³Rh(p,xp) с расчетами в рамках экситонной модели (точки – эксперимент, линии – теоретические расчеты)

Список использованных источников

1. Griffin J.J. // Phys. Rev. Lett. -1966. -№9. -P.478.

2. Kalbach C. PRECO-2006: Exiton model preequilibrium nuclear reaction code with direct reaction. Durham NC.-2007.- Vol.27708. - P.308.

3. Becchetti F.D., Greenlees G.W. Nucleonnucleus opticalmodel parameters, A340, E<50 MeV // Phys.Rev. 1969. Vol.182. P.1190-1209.