УДК 539.172

ДОСЛІДЖЕННЯ В КІНЕМАТИЧНО ПОВНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ СИСТЕМИ t+α ПРИ ЕНЕРГІЇ α-ЧАСТИНОК 27.2 МеВ

О.К. Горпинич, О.М. Поворозник, Ю.С. Рознюк, Б.Г. Стружко

Реакцію ^{3}H(α,dα)n було досліджено в кінематично повному експерименті при енергії E_α = 27.2 МеВ. У рамках моделі послідовного розпаду отримано параметри резонансів для основного стану ядра ^{5}He: E_r = 0.89 МеВ, Г = 0.60 МеВ та для збудженого $2P_{1/2}$ стану E_r = 2.0 МеВ, Г = 2.0 МеВ.

Дослідження ядерних реакцій з трьома частинками в кінцевому стані є широко впровадженим методом отримання інформації про ядерну взаємодію, спектроскопію і структуру атомного ядра. Шляхом вибору кінематичних умов складні для теоретичного опису процеси проходження тричастинкових реакцій можна розділити на прості двохчастинкові взаємодії, такі як квазівільне розсіяння (КВР), взаємодія в кінцевому стані (ВКС), послідовний розпад. Ці процеси експериментально спостерігались і вивчались у різних тричастинкових реакціях. Незважаючи на значну кількість експериментальних та теоретичних досліджень [1 - 6] таких малонуклоних систем, як ^{5}He, ^{6}He,^{5}Li, відсутнє ясне розуміння значної розбіжності параметрів резонансів, наведених у цих роботах. Тому подальше експериментальне та теоретичне дослідження таких малонуклонних систем представляє великий інтерес.

Основна мета роботи полягає в уточненні параметрів першого збудженого стану ^{5}He за допомогою кінематично повного експерименту в реакції ^{3}H(α,dα)n при енергії E_α = 27,2 МеВ.

В експерименті, який виконувався на циклотроні У-120, колімований пучок прискорених α-частинок опромінював тритій-титанову мішень. Товщина мішені була рівною 2.7 мг/см^2. Титанову фольгу було насичено тритієм при співвідношенні атомів тритію до атомів титану, близькому до одиниці.

Схему експерименту, що проводився на циклотроні У-120, наведено на рис. 1. Формування пучка здійснювалося за допомогою діафрагм Д1 та Д2 діаметром 8 та 3 мм. Відстань між ними становила 2500 мм. Антирозсіювальна діафрагма Д3 мала діаметр 8 мм і розміщувалась на відстані 100 мм від Д2, а від мішені М – 2000 мм. Вона служила для зменшення фону заряджених частинок, розсіяних на краях діафрагми Д2. Для контролю положення пучка на мішені проводилося вимірювання заряду на діафрагмі Д2 і на циліндрі Фарадея.

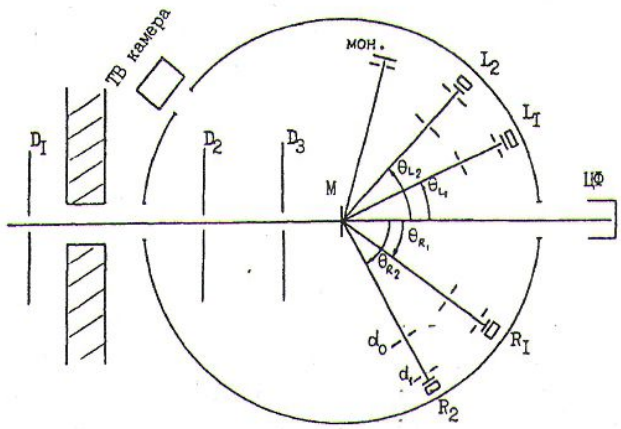

Рис. 1. Геометрія експерименту.

З лівого та правого боків від осі пучка в площині реакції розташовувались детекторні платформи, на яких розміщувались по два телескопи для реєстрації продуктів ядерних реакцій. Ліві телескопи L1 та L2 складались з поверхнево-бар'єрних кремнієвих ΔE детекторів товщиною по 25 - 50 мкм і нейтронно-легованих E детекторів товщиною 1.5 мм і призначались для реєстрації α-частинок. Праві телескопи R1 і R2 відрізнялися від лівих лише товщиною ΔE детекторів - 100 мкм, оскільки використовувались для реєстрації та ідентифікації однозарядних частинок. Тілесні кути телескопів вибирались таким чином, щоб досягти оптимальної швидкості набору експериментальних даних та мінімізувати співвідношення "фон/ефект" і становили для лівих L1 та L2 телескопів 1.30 та 3.67 мстер, для правих R1 і R2 - 1.44 і 3.61 мстер відповідно. Кут між лівими телескопами 6°, між правими - 7.5°. Використання двох пар телескопів давало можливість збільшити ефективність використання циклотронного часу. Поза площиною реакції під планарним кутом ~ 60° розміщувався моніторний детектор для контролю положення пучка та ступеню вигоряння мішені. Вимірювання було проведено для таких пар кутів: θ_d/θ_α = 36°/19.5°; 36°/16.5°; 36°/10.0°; 28.5°/19.5°; 28.5°/16.5°; 28.5°/10.0°.

Інформація про кожну збігову подію від детекторів за допомогою стандартної схеми швидко – повільних збігів подавалася на ЕОМ СМ-1420 і записувалась на магнітну стрічку для подальшого аналізу. Для розшифровки та сортування записаної 'on line' інформації на основі створеного раніше для ЕОМ СМ-1420 пакету програм було розроблено систему програм обробки експериментальних даних для персонального комп'ютера [7], що значно прискорило процес обробки експериментальних даних.

Енергетична калібровка детекторів проводилась, використовуючи пружне та непружне розсіяння α-частинок на Ti та тритії. Із відомих положень піків на спектрах, енергії яких отримано з кінематичних розрахунків, паспортних значень товщин ΔE-детекторів та значень питомих енергетичних втрат dE(E)/dx від енергії, за допомогою спеціально розробленої програми визначалися калібровочні коефіцієнти. Така енергетична калібровка "під пучком" більш коректна, ніж з використанням джерел α-випромінювання в силу того, що детектори знаходяться в умовах реального експерименту, до того ж дає можливість визначити дійсну товщину ΔE-детекторів.

У результаті обробки накопиченої 'on-line' інформації отримали прокалібровані матриці (d - α)-збігів для відповідних пар кутів. Для перевірки істинності калібровки і відповідності кутів на отримані матриці збігів накладали кінематичні криві (рис. 2). Для кожної пари кутів верхня (рис. 2, *а - е*) та нижня (рис. 2, *в - е*) гілки локусів матриці (d - α)-збігів окремо проектувалися на вісь енергії дейтронів. Усі нижні гілки матриць збігів мають менше заповнення локуса. На рис. 3 наведено спектри дейтронів, отримані в результаті проектування різних гілок двохвимірних спектрів (d - α)-збігів з досліджуваної реакції. Завдяки інтенсивнішому заповненню верхніх гілок матриць (d - α)-збігів (див. рис. 2) їх проекції на рис. 3 (*в - е*) мають більші значення, ніж проекції нижніх гілок, які розташовані під ними. Кривими на цих рисунках показано результати розрахунків у рамках моделі послідовного розпаду з використанням формули Брейта-Вігнера [1]

$$d^3\sigma/(d\Omega_\alpha d\Omega_d dE_d) \sim \rho \times \Sigma_i (C_i/[(E-E_{ri})^2+(\Gamma_i^2/4)]),$$

де ρ - множник фазового простору; E_{ri} та Γ_i - відповідно положення та ширина збудженого та основного станів ядра ^{5}He; C_i - відносний вклад кожного з резонансів.

Як видно з рис. 3 (*в, г ,д, е*) збудження і розпад основного стану ^{5}He є домінуючим механізмом проходження досліджуваної реакції як на верхній, так і на нижній гілках збігових локусів, а перший збуджений стан ядра ^{5}He проявляється з незначною інтенсивністю. Із зменшенням кута вильоту α-частинок для одних і тих же кутів реєстрації дейтронів збільшується відносний вклад першого збудженого стану ядра, причому для пар

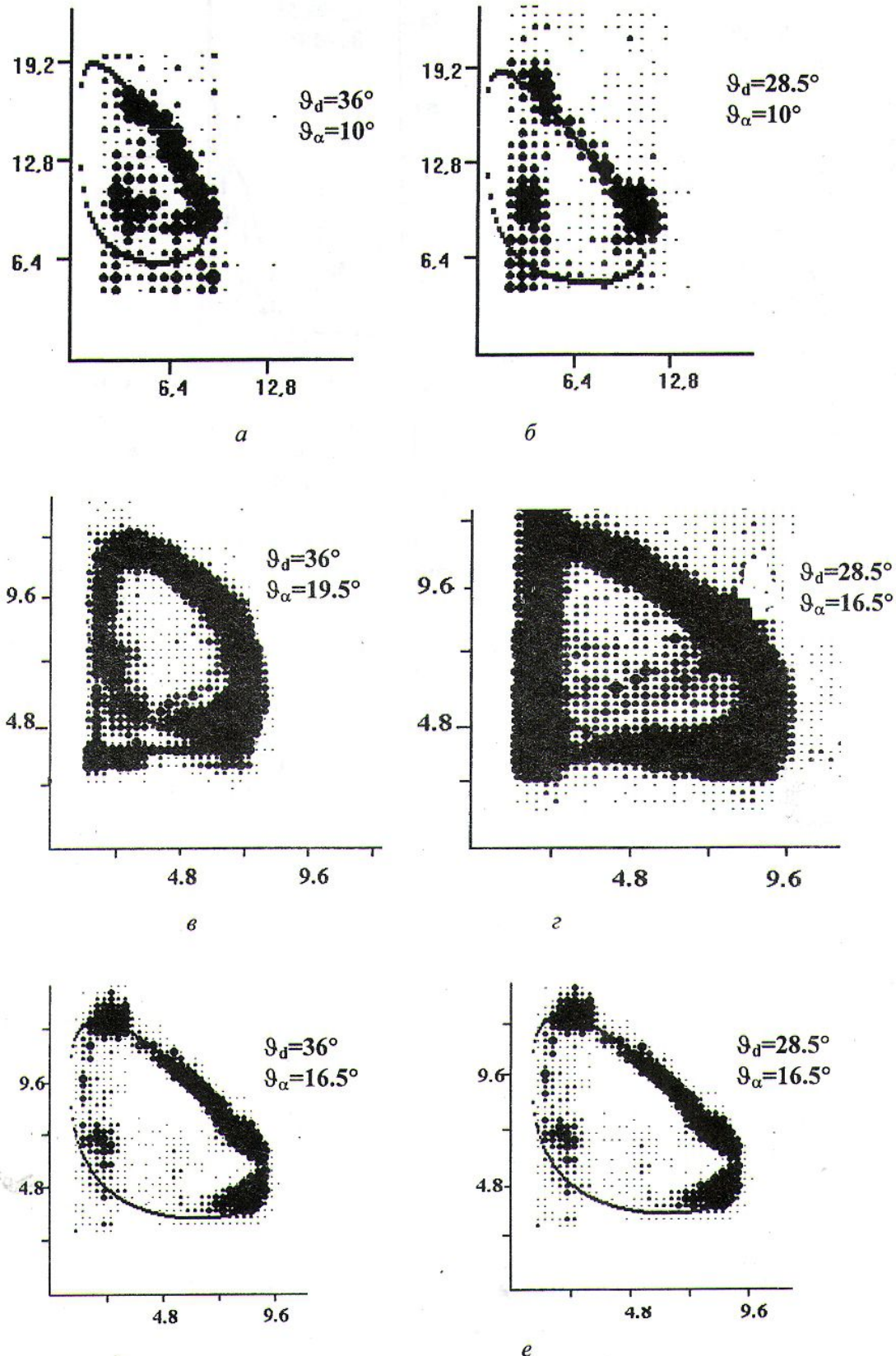

Рис. 2. Матриці (d - α)-збігів. По осі абсцис – енергія дейтронів, МеВ, по осі ординат – енергія α-частинок, МеВ. Суцільними лініями позначено відповідні кінематичні криві.

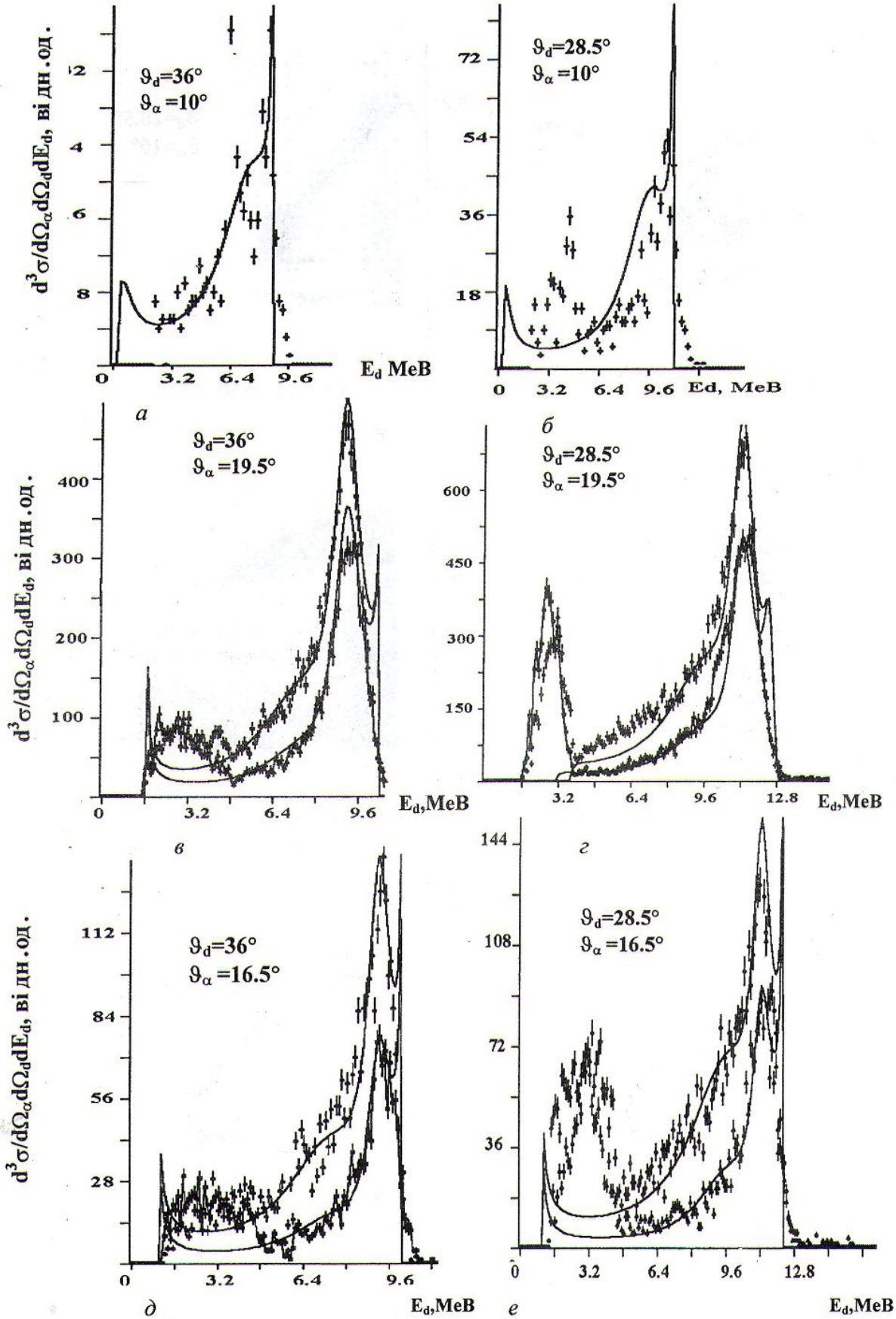

Рис. 3. Проекції верхніх та нижніх гілок матриць (d - α)-збігів з реакції ^{3}H(α, dα)n. Кривими позначено розрахунки в рамках моделі послідовного розпаду.

кутів θ_d/θ_α = 36°/10.0°; 28.5°/10.0° (див. рис. 3 *а, б*) вклад від утворення основного стану практично відсутній, оскільки мінімальна відносна енергія в парі "n - α" для цих кінематичних умов більша за 1.2 МеВ, а положення резонансу, що відповідає утворенню ^{5}He в основному стані - 0.89 МеВ. Це дає можливість, незважаючи на невисоку статистику, з більшою достовірністю отримати параметри першого збудженого стану.

З аналізу наведених вище експериментальних даних отримано такі параметри першого збудженого стану ^{5}He: енергетичне положення $E_{n\alpha}$ = 2.0 ± 0.5 МеВ та його ширина Γ = 2.0 ± 0.5 МеВ. Параметри для основного стану, які дорівнювали $E_{n\alpha}$ = 0.89 ± 0.5 МеВ, Γ = 0.6 ± 0.5 МеВ, співпадають з літературними даними [4]. Цей результат порівнювався з параметрами, отриманими нами з дослідження реакції ^{2}H(α,pα)n при енергії 27.2 МеВ [1]. Виявлену розбіжність у значеннях можна віднести на вклад резонансів ^{6}Li, які частково збуджуються, незважаючи на вибрані нами в даному експерименті кінематичні умови (відносна енергія в парі "α - d" практично залишалася постійною).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Горпинич О.К., Гранцев В.І., Дряпаченко І.П та ін.* // Матеріали щорічн. наук. конф. Ін-ту ядерних досліджень НАН України. - Київ, 1999. - С. 77.
2. *Bond J.E. and Firk F.W.K.* // Nucl. Phys. - 1977. – A 287. - P. 317.
3. *Schwandt P.,Clegg T.B., Haeberty W.* // Nucl. Phys. - 1971. – A 163. - P. 432.
4. *Ajzenberg-Selove F.* // Nucl. Phys. - 1988. – A 490. - P. 1.
5. *Горпинич О.К., Павленко Ю.Н., Поворозник О.М., СтружкоБ.Г.* // Изв. АН СССР. Сер. физ. - 1993. - Т. 57. - С. 21.
6. *Csoto A. and Hale G.M.* // Phys. Rev. - 1997. – C 55. - P. 536.
7. *Пірнак Вім. М.,.Стружко Б.Г.* // Матеріали щорічн. наук. конф. Ін-ту ядерних досліджень НАН України. - Київ, 1999. - С. 118.

ИССЛЕДОВАНИЕ В КИНЕМАТИЧЕСКИ ПОЛНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ СИСТЕМЫ t+α ПРИ ЭНЕРГИИ α-ЧАСТИЦ 27.2 МЭВ

О.К. Горпинич, О. М. Поворозник, Ю. С. Рознюк, Б. Г. Стружко

Реакция ^{3}H(α, dα) n была исследована в кинематически полном эксперименте при энергии E_α = 27,2 МэВ. В рамках модели последовательного распада получены параметры резонансов для основного состояния ядра ^{5}He E_r = 0.89 МэВ, Γ= 0.6 МэВ и для возбужденного $2P_{1/2}$ состояния E_r = 2.0 МэВ, Γ = 2.0 МэВ.

INVESTIGATION OF THE t +α SYSTEM IN A KINEMATICALLY COMPLETE EXPERIMENT AT ENERGY E_α = 27.2 MEV

O. K. Gorpinich, O. M. Povoroznyk, Y. S. Roznyuk, B.G. Struzhko

The ^{3}H(α,dα)n reaction was investigated in a kinematically complete experiment at energy E_α = 27,2 MeV. Within the framework of model sequential decay the parameters of resonances for the ground and $2P_{1/2}$ excited states of a nucleus ^{5}He were obtained E_r = 0.89 MeV, Γ = 0.6 MeV and E_r = 2.0 MeV, Γ = 2.0 MeV.