

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЗВ'ЯЗАНИХ СТАНІВ ЯДРА ${}^5\text{He}$ ІЗ ВЗАЄМОДІЇ АЛЬФА-ЧАСТИНОК З ТРИТІЄМ ПРИ ЕНЕРГІЇ 27,2 MeV

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

Науковий центр "Інститут ядерних досліджень НАН України",
просп.Науки, 47, Київ-28, 01028
e-mail: roznyuk@kinr.kiev.ua; roznyuk30@yahoo.com

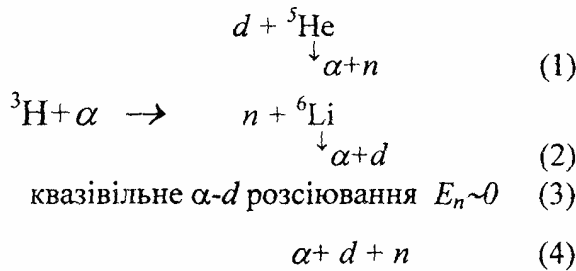
Реакцію ${}^3\text{H}(\alpha, d\alpha)n$ було досліджено в кінематично повному експерименті при енергії $E_\alpha = 27,2$ MeV. В рамках моделі послідовного розпаду отримано параметри резонансів для основного стану ядра ${}^5\text{He}$: $E_r = 0,89$ MeV, $\Gamma = 0,6$ MeV та для збудженого $2P_{1/2}$ стану: $E_r = 2,0$ MeV, $\Gamma = 2,0$ MeV.

Вивчення резонансних властивостей легких ядер являє собою один із основних предметів ядерної фізики. Ця тема стає ще більш актуальною в зв'язку з великим інтересом, що виник в останній час, до експериментального вивчення властивостей радіоактивних ядер, віддалених від лінії стабільності. Основним станам таких ядер властива невелика енергія зв'язку, а більшість збуджених рівнів лежать вище порогу тих чи інших частинкових каналів розпаду. Одним з таких ядер є ядро ${}^5\text{He}$, в якому і основний і збуджені рівні розташовані вище порогу розвалу на альфа-частинку та нейтрон. Експериментальному та теоретичному дослідженню схеми рівнів цього ядра присвячена численна кількість публікацій [1–11]. Особлива увага в цих роботах приділяється дослідженню першого збудженого рівня завдяки великим протиріччям як в експериментальних значеннях [3–6] параметрів цього рівня, так і в теоретичних оцінках [10–11]. Експериментальну інформацію про низько розташовані рівні ${}^5\text{He}$ отримували з різних джерел – пружного розсіювання нуклонів на ${}^4\text{He}$ та квазібінарних реакцій, в яких формуються ці ядра в кінцевих (незв'язаних) станах. У таких реакціях важко відокремити вклади дуже широких рівнів від вкладів інших рівнів, спричинених різними механізмами реакції. Використовуючи тричастинкові реакції при дослідженні взаємодії легких

частинок (p , d , t , α) з легкими ж ядрами – ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ми отримуємо в багатьох випадках збудження станів легких ядер, які дуже важко спостерігати і виділяти в двохчастинкових реакціях.

Основна мета роботи полягає в уточненні параметрів першого збудженого стану ${}^5\text{He}$ за допомогою кінематично повного експерименту в реакції ${}^3\text{H}(\alpha, d\alpha)n$ при енергії $E_\alpha = 27,2$ MeV. В експерименті, який виконувався на циклотроні У-120, колімований пучок прискорених α -частинок опромінював тритій-титанову мішень. Товщина мішені була рівною 2,7 мг/см². Титанову фольгу було насичено тритієм при співвідношенні атомів тритію до атомів титану, близькому до одиниці. Заряджені частинки у вихідному каналі реєструвались ΔE – E телескопами, які склалися з кремнієвих поверхнево-бар'єрних ΔE –детекторів товщиною 0,05 мкм. та кремнієвих, легованих літієм E -детекторів товщиною 1,2 мкм. Тілесні кути телескопів становили для телескопів, що реєстрували альфа-частинки – 1,30 та 3,67 мстер, а для реєстрації дейтронів 1,44 і 3,61 мстер, відповідно. Вимірювання були проведені для таких пар кутів $\theta_d/\theta_\alpha = 36^\circ/19,5^\circ$; $36^\circ/16,5^\circ$; $36^\circ/10,0^\circ$; $28,5^\circ/19,5^\circ$; $28,5^\circ/16,5^\circ$; $28,5^\circ/10,0^\circ$. Докладну інформацію про експериментальні особливості експерименту наведено в роботі [12].

При дослідженні тричастинкової реакції ${}^3\text{H}(\alpha, d\alpha)n$ утворення у вихідному каналі дейтрона, альфа-частинки та нейтрона можна трактувати як прості квазідвочастинкові процеси, такі як утворення на першому етапі резонансів основного та збуджених рівнів ядер ${}^5\text{He}$ (1) та збуджених рівнів: ${}^6\text{Li}$ (2) з подальшим їх розпадом на α -частинку і нейтрон та α -частинку й дейтрон, відповідно. Розпад може відбуватися і через механізм квазівільного α - d розсіювання (3), в якому припускається, що відбувається віртуальний розпад ядра тритію на дейтрон та нейтрон, і розсіювання бомбардуючої альфа-частинки відбувається на дейтроні при нерухомому нейтроні, а також шляхом розвалу ядра тритона на дейтрон та нейтрон (4). Наочно ці процеси можна зобразити таким чином:



Цифра в дужках означає відповідний механізм.

У результаті обробки накопиченої 'on-line' інформації отримали прокалібровані матриці d - α збігів. Верхня та нижня гілки двовимірних спектрів-збігів з досліджуваної реакції проектувалися на вісь енергії дейтронів. Характерним у всіх проекціях є інтенсивний пік в високоенергетичній частині спектрів, який свідчить про утворення резонансного основного стану ядра ${}^5\text{He}$ з подальшим його розпадом на α -частинку і нейтрон, а перший збуджений стан ядра ${}^5\text{He}$ проявляється з незначною інтенсивністю. Шляхом вибору відповідної геометрії кореляційного експерименту, а саме кутів реєстрації альфа-частинок і дейтронів можна підібрати кінематичні умови, при яких відбувається інтенсивне заселення першого збудженого стану ядер ${}^5\text{He}$, при

мінімальному вкладові від інших механізмів. З усіх виміряних експериментальних даних для шести пар кутів таким умовам відповідає пара кутів – $\theta_d/\theta_\alpha = 36^\circ/19,5^\circ$ Матрицю d - α збігів для цієї пари кутів показано на рис. 1. Треба відзначити, що тільки в проекції верхньої гілки матриці d - α збігів інтенсивно проявляється перший збуджений стан ядра ${}^5\text{He}$ (див. рис.2).

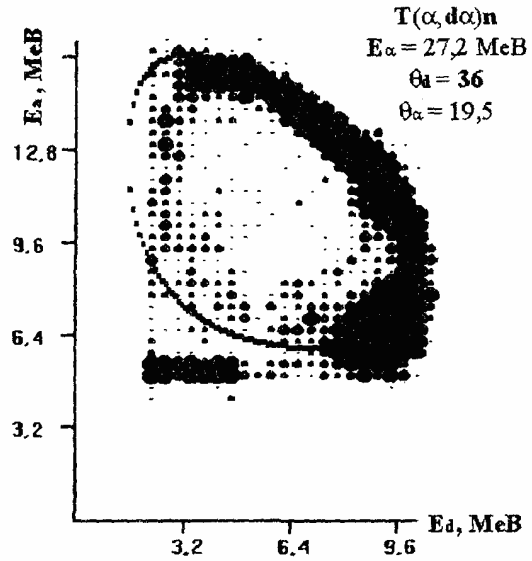


Рис.1 Матриця d - α збігів з нанесеним кінематичним локусом для ${}^3\text{H}(\alpha, d\alpha)n$ реакції.

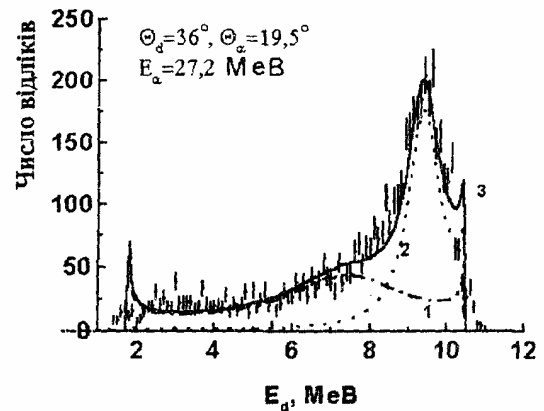


Рис.2. Проекція верхньої гілки матриці d - α збігів на вісь енергії дейтронів.

Отриманий спектр було проаналізовано в рамках моделі послідовного роз-

паду. Кривими 1 (штрих-пунктирна лінія) і 2 (пунктирна лінія) на рис.2 позначено розрахунки, що відповідають формуванню першого збудженого та основного рівнів ядра ${}^5\text{He}$ відповідно, а 3 (суцільна лінія)- сумарний їх вклад. З аналізу наведених експериментальних даних отримано параметри першого збудженого стану

${}^5\text{He}$: енергетичне положення: $E_{n\alpha} = 2,0 \pm 0,5$ MeV та його ширина $\Gamma = 2,0 \pm 0,5$ MeV. Параметри для основного стану: ($E_{n\alpha}=0,89\pm0,5$ MeV, $\Gamma = 0,6\pm0,5$ MeV), співпадають з літературними даними [9]. Отриманий результат узгоджується з даними, опублікованими в новій компіляції рівнів легких ядер [13].

Література

1. P.Schwandt, T.B.Clegg, W. Haeberty, *Nucl. Phys. A* **163**, 432 (1971).
2. О.К.Горпинич, О.М.Поворозник, Б.Г.Стружко, *Изв.РАН.Сер.физ.* **55**, 2253 (1991).
3. О.К.Горпинич, О.М.Поворозник, Ю.Н.Павленко, Б.Г.Стружко, *Изв. АН СССР* **57**, 21 (1993).
4. J.E Bond, F.W.K.Firk, *Nucl. Phys. A* **287**, 317 (1977).
5. J.B.Woods, D.H. Wilkinson, *Nucl. Phys. A* **61**, 661 (1965).
6. J.L.Matthews, D.J.S.Findlay, S.N.Gardiner, R.O.Owens, *Nucl. Phys. A* **267**, 51 (1976).
7. E.R.Kinney, G.S.Adams, J.L.Matthews, W.W.Sapp, *Bull.Amer.Phys. Soc.* **27**, 708 (1982).
8. W.R.Wharton, J.F.Amann, P.D.Barnes et al. *Bull.Amer.Phys. Soc.* **26**, 581, (1981).
9. I.A.Mackenzie, S.K.Mark, Y.Li Tseh, *Nucl. Phys. A* **195**, 609, (1972).
9. F.Ajzenberg-Selove, *Nucl. Phys. A* **490**, 1 (1988)
10. A.Csoto, G.M.Hale, *Phys.Rev. C* **55**, 536 (1997)
11. M.U.Ahmed, P.E.Shanley, *Phys. Rev. Lett.* - **36**, 25, (1976).
12. В.І.Гранцев, І.П.Дряпаченко, Віт.М.Пірнак, О.М. Поворозник, А.П. Пшедзьял, Ю.С.Рознюк, Б.Г.Стружко, *Матеріали щорічної наукової конференції ІЯД.* (Київ, 1997), с. 87.
13. D.R.Tilley., C.M.Cheves, J.L.Godwin et al. *Energy Levels of Light Nuclei A=5,6,7PrepublicationVersion* (03 July 2001).

INVESTIGATION OF ${}^5\text{He}$ NUCLEONS UNBOUND STATES FROM $t+\alpha$ REACTION AT THE ENERGY $E_{\alpha}= 27.2$ MeV

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

Institute of Nuclear Research, Ukr. Nat. Acad. Sci.,
Prospect Nauki 47, Kyiv-28, 01028
e-mail: roznyuk@kinr.kiev.ua; roznyuk30@yahoo.com

The ${}^3\text{H}(\alpha, d\alpha)n$ reaction was investigated in a kinematically complete experiment at the energy $E_{\alpha}= 27.2$ MeV. Within the framework of the sequential decay model the parameters of resonances for the ground and $2P_{1/2}$ excited states of ${}^5\text{He}$ nucleus were obtained: $E_r = 0.89$ MeV, $\Gamma = 0.6$ MeV and $E_r = 2.0$ MeV, $\Gamma = 2.0$ MeV.