

# ВКС НЕЙТРОН – ПРОТОН В РЕАКЦІЇ ${}^2\text{H}(d, pd)$ ПРИ ЕНЕРГІЇ 13.6 МеВ

**В.І.Гранцев, І.П.Дряпаченко, Віт.М.Пірнак,  
О.М.Поворозник, А.П.Пшедзял, Ю.С.Рознюк,  
Б.А.Руденко, Б.Г.Стружко, В. А. Пилипченко**

Науковий центр “Інститут ядерних досліджень НАН України”

(252650 Київ 22, МСП, просп. Науки, 47)

Ужгородський державний університет

Вул. Підгірна 46, 294000, Ужгород

Отримано експериментальні спектри  $pd$  збігу з реакції  $d + d$  при енергії пучка дейтронів  $E_0 = 13.6$  МеВ. Кути емісії частинок  $\vartheta_p/\vartheta_d = 39.3/39.3, 39.3/31.0, \varphi_p - \varphi_d = 180$  град. обрано так, щоб виявити взаємодію в кінцевому стані (ВКС) пар нейтрон – протон ( $np$ ) і, по можливості, зменшити вплив інших механізмів. Експериментальні результати порівнюються з теоретичними розрахунками, виконаними в наближенні Ватсона - Мігдала з урахуванням як триплетної, так і синглетної (забороненої правилами відбору по ізоспіну) ВКС пр. Під симетричними кутами оптимальне наближення до спектра отримано з домішками синглетного стану рівними  $(8 \pm 2) \%$ , в несиметричній геометрії впливу синглетної ВКС не виявлено.

Особливістю реакції  $d + d \rightarrow p + d + n$  є заборона на взаємодію в кінцевому стані (ВКС) пар нейтрон – протон ( $np$ ) в синглетному  ${}^1S_0$  стані згідно з законом збереження ізотопічного спіну. Однак порівняння експериментальних даних з передбаченнями моделі Ватсона – Мігдала (ВМ), що враховує лише триплетний  ${}^3S_1, T = 0$  стан  $np$  пари, виявило, що експериментальні розподіли в околі ВКС  $np$  дещо вужчі, ніж теоретичні, хоч в аналогічних ситуаціях для  $3N$  систем погодження цілком задовільне. Це стало підставою для гіпотези про часткове порушення правил відбору по ізотопічному спіну, що виправдовує в теоретичних розрахунках варіацію домішок синглетного дейтрона. Однак оскільки є й альтернативні трактування експериментальних даних, а ефект не завжди знаходить підтвердження [1], актуальними лишаються додаткові дослідження.

Нами на пучку циклотрона У – 120 ІЯД НАН України з енергією 13.6 МеВ

отримано двовимірні спектри збігу протон-дейтрон ( $pd$ ) під кутами  $\vartheta_p/\vartheta_d = 39.3/39.3, 39.3/31.0, \varphi_p - \varphi_d = 180$  град. Після вилучення випадкового збігу виділено верхні гілки локусів реакції  ${}^2\text{H}(d, pd)n$  і спроектовано на вісь енергії протонів  $E_p$ .

Теоретичні перерізи розраховано як суму:

$$d^3\sigma(\vartheta_p, \vartheta_d, E_p) / d\Omega_p d\Omega_d dE_p \sim \rho(c_S/F_S^2 + c_T/F_T^2), \quad (1)$$

де  $\rho$  - фактор фазового простору,  $c_S$  і  $c_T$  вільні параметри, що визначаються в наближенні до експериментальних даних за методом найменших квадратів (МНК),  $F_S$  та  $F_T$  синглетна й триплетна амплітуди ВМ для ВКС  $np$ :

$$F_{S(T)}(k) \sim [r(k^2 + \alpha^2)] / [2(-a^{-1} + rk^2/2 - ik)],$$

$$\alpha = [1 + (1 - 2r/a)^{1/2}] / r, \quad (2)$$

параметри  $a$  й  $r$  відповідно рівні 5.42 Fm та 1.75 Fm в триплетній амплітуді та

$-23.748$  Fm і 2.75 Fm в синглетній,  $\hbar k = (mE_{np})^{1/2}$ ,  $m$  – маса нуклона.

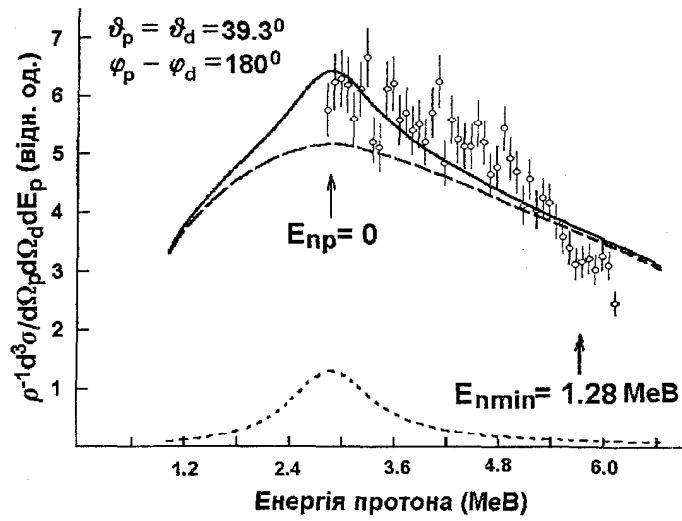


Рис. 1

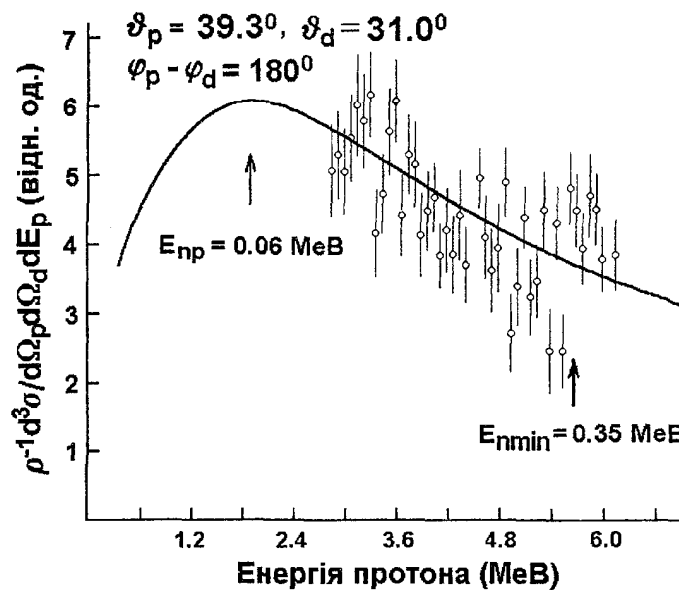


Рис. 2

На рис. 1, 2 показано проекції верхніх гілок локусів на вісь енергії протонів, віднесені до множника фазового простору  $\rho$ , разом з відповідними модельними кривими. Похибки статистичні. Стрілками позначено характерні кінематичні точки, в яких є мінімальними значення відносної енергії між нуклонами чи енергія третьої

частинки, а отже значення перерізу може досягати максимальних значень. Симетрична геометрія є оптимальною для виявлення ефектів незбереження ізоспіну, оскільки тут  $E_{np\min} = 0$  і ефект ВКС у синглетному стані максимальний згідно з виразом (2), а  $E_{3\min} = 1.28$  MeV, тобто вплив квазивільного розсіяння (КВР)

протон – дейтрон на переріз визначається лише хвостами піка КВР, де амплітуда значно менша, ніж при  $E_3 = 0$ , і, що теж важливо, є досить плавною функцією від енергії. Синглетну й триплетну складові також показано на рис. 1 відповідно пунктирною та штриховою лініями. Відношення  $c_S/c_T$ , отримане в наближенні за МНК, рівне  $0.11 \pm 0.03$ , а інтегральний внесок до спектра від першого доданку в (1) становить  $(8 \pm 2) \%$ . Під кутами  $\vartheta_p/\vartheta_d = 39.3/31.0$  град.  $E_{\text{прmin}} = 0.058$  MeV,  $/F_S / ^2$  відповідно падає в 1.9 рази згідно з виразом (2), а  $E_{3\text{min}} = 0.353$  MeV, що збільшує імовірність інтерференційних ефектів. Статистичні похибки даних тут

також вищі, отже впливу синглетної взаємодії пр не виявлено, і на рис. 2 показано лише триплетні складові перерізів (1).

Таким чином при енергії пучка  $E_0 = 13.6$  MeV в реакції  $d + d \rightarrow p + d + n$  можуть бути ефекти, спричинені порушенням закону збереження ізотопічного спіну. Вони незначні й імовірно залежні від енергії, тому для їх надійної ідентифікації потрібні систематичні дослідження реакції при різних енергіях.

Автори висловлюють вдячність персоналу циклотрона У-120 та Вимірювального центру за допомогу під час вимірів.

1. Конфедератенко В. І., Пірнак Віт. М.,  
Пилигченко В. А., Поворозник О. М.,

Стружко Б. Г. // УФЖ. - 1997. - т. 42,  
№ 3. - с.274 - 278.

## NEUTRON - PROTON FSI IN $^2\text{H}(\text{D}, \text{PD})$ REACTION AT ENERGY 13,6 MEV

**V.I.Granzev, I.P.Dryapachenko, Vit.M.Pirnak, O.M.Povoroznyk,  
A.P.Pshedzhal, Yu.S.Roznyuk, B.A.Rudenko, B.G.Struzhko,  
V.A.Pylypchenko**

Institute for Nucleare Research, Kiev

Uzghorod State University

The pd coincidence spectra of the  $d + d$  reaction are measured at deuteron beam energy  $E_0 = 13.6$  MeV. Particle emission  $\vartheta$  angles  $\vartheta_p/\vartheta_d = 39.3/39.3, 39.3/31.0$ ,  $\varphi_p - \varphi_d = 180$  degrees have been taken to accent the neutron - proton (np) final state interaction (FSI) and in some degree to diminish influence of other mechanisms. The experimental results are compared to theoretical calculations using the Watson – Migdal approximation for FSI of np  $^3\text{S}_1$  and  $^1\text{S}_0$  (isospin forbidden) states. At symmetric angles the optimum fitting is obtained with contribution of a singlet state equal  $(8 \pm 2) \%$ , in nonsymmetrical geometry no influence of the singlet np FSI has been found.