

В. В. Давидовський, А. Д. Фурса

Институт ядерних досліджень НАН України, Київ

**ЕНЕРГЕТИЧНІ СПЕКТРИ ПРОТОНІВ У ДИФРАКЦІЙНОМУ РОЗЩЕПЛЕННІ ДЕЙТРОНІВ
ЯДРАМИ ^{12}C ТА ^{40}Ca ПРИ СЕРЕДНІХ ЕНЕРГІЯХ**

У дифракційному наближенні, узагальненому на випадок непружних процесів, що супроводжуються передачею поздовжнього імпульсу, досліджено реакцію розщеплення дейтрона при розсіянні на ядрах з урахуванням кулонової та ядерної взаємодії при середніх енергіях. Виведено формули для розрахунку енергетичних спектрів протонів, що утворюються, аж до другого порядку за відношенням радіуса дейтрона до радіуса ядра. У розрахунках використовувались три типи модельних хвильових функцій дейтрона: юкавська, експонента й гауссова. Функції пр-пари в континуумі будувались ортогональними стану дейтрона. Це дає змогу якісно врахувати взаємодію в кінцевому стані та уникнути помилкових вкладів у переріз при близьких до нуля переданих імпульсах. Проведено порівняння з експериментом із розщеплення дейтронів з енергією 56 МеВ на вуглець та кальцій з реєстрацією нейтронів та протонів, що вилітають під нульовими кутами. Показано, що вклад кулонового механізму домінує в перерізі. Найкращий опис спектрів протонів досягається при використанні юкавської форми хвильової функції дейтрона. Також показано, що врахування поздовжньої складової переданого імпульсу нуклонам дейтрона покращує узгодження з експериментальними даними. У випадку вильоту нуклонів під ненульовими кутами ефект від урахування цієї складової може досягати декількох сотень відсотків.

Ключові слова: дифракційне наближення, реакція розщеплення дейтрона, механізми реакції.

В. В. Давидовский, А. Д. Фурса

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ПРОТОНОВ
В ДИФРАКЦИОННОМ РАСЩЕПЛЕНИИ ДЕЙТРОНОВ
ЯДРАМИ ^{12}C И ^{40}Ca ПРИ СРЕДНИХ ЭНЕРГИЯХ**

В дифракционном приближении, обобщенном на случай неупругих процессов, сопровождающихся передачей продольного импульса, исследована реакция расщепления дейтрона при рассеянии на ядрах с учетом кулоновского и ядерного взаимодействий при средних энергиях. Выведены формулы для расчета энергетических спектров образующихся протонов вплоть до второго порядка по отношению радиуса дейтрона к радиусу ядра. В расчетах использовались три типа модельных волновых функций дейтрона: юкавская, экспонента и гауссова. Функции пр-пары в континууме строились ортогональными состоянию дейтрона. Это позволяет качественно учесть взаимодействие в конечном состоянии и избежать ложных вкладов в сечение при близких к нулю передаваемых импульсах. Проведено сравнение с экспериментом по расщеплению дейтронов с энергией 56 МэВ на углероде и кальции с регистрацией вылетающих нейтронов и протонов под нулевыми углами. Показано, что вклад кулоновского механизма доминирует в сечении. Наилучшее описание спектров протонов достигается при использовании юкавской формы волновой функции дейтрона. Показано также, что учет продольной составляющей передаваемого импульса нуклонам дейтрона улучшает согласие с экспериментальными данными. В случае же вылета нуклонов под ненулевыми углами эффект от учета этой составляющей может достигать нескольких сотен процентов.

Ключевые слова: дифракционное приближение, реакция расщепления дейтрона, механизмы реакции.

V. V. Davydovskyy, A. D. Foursat

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

**ENERGY SPECTRA OF PROTONS IN DIFFRACTION BREAK-UP OF DEUTERONS
ON ^{12}C AND ^{40}Ca AT INTERMEDIATE ENERGIES**

In the diffraction approximation generalized to the case of inelastic processes with longitudinal momentum transfer, the reaction of the deuteron break-up on nuclei at medium energies is studied, taking into account the Coulomb and nuclear interactions. The formulas for the calculation of the energy spectra of the emerging protons are obtained up to the second order with respect to the ratio of the deuteron radius to the nucleus radius. Three types of model wave functions of the deuteron were used in the calculations: Yukawa, exponential and Gaussian. The wave function of np-pair in continuum is built orthogonal to the wave function of deuteron. This allows one to take into account qualitatively the interaction in the final state and avoid false contributions to the cross section at near zero momentum transfer. A comparison with experimental data on the break-up of deuterons with energy of 56 MeV on carbon and calcium with

the registration of the emitted neutrons and protons at zero angles is carried out. It is shown that the contribution of the Coulomb mechanism dominates in the cross section. The best description of the spectra of protons is achieved by using the Yukawa form of the wave function of the deuteron. It is also shown that taking into account the transfer of longitudinal momentum to the deuteron nucleons improves the experimental data description. In the case of non-zero nucleon escape angles, the effect of taking into account longitudinal momentum can reach several hundred percent.

Keywords: diffraction approximation, deuteron break-up reaction, mechanisms of reaction.

REFERENCES

1. *Rybicki F., Austern N.* Distorted-Wave Theory of Deuteron Breakup // *Phys. Rev.* - 1973. - Vol. C6. - P. 1525.
2. *Lang J., Jarczyk L., Muller R.* Deuteron break-up in the field of the nucleus // *Nucl. Phys.* - 1973. - Vol. A204, - P. 97 - 109.
3. *Baur G., Trautmann D., Zoran V.* Sub-Coulomb deuteron break-up and the neutron-nucleus interaction // *Nucl. Phys.* - 1973. - Vol. A208. - P. 261 - 268.
4. *Akhiezer A.I., Sitenko A.G.* Diffractive Scattering of Fast Deuterons by Nuclei // *Phys. Rev.* - 1957. - Vol. 106. - P. 1236.
5. *Berezhnoj Yu.A., Inopin E.V.* // *Yadernaya fizika.* - 1967. - Vol. 6. - P. 1197 - 1200. (Rus)
6. *Berezhnoj Yu.A., Vovenko V.P., Soznik A.P.* // *Ukrayins'kyi fizychnyi zhurnal.* - 1976. - Vol. 21. - P. 1170. (Rus)
7. *Faldt G.* Dissociation and Stripping of High-Energy Deuterons // *Phys. Rev.* - 1970. - Vol. D2. - P. 846.
8. *Sitenko A.G., Polozov A.D., Evlanov M.V.* // *Ukrayins'kyi fizychnyi zhurnal.* - 1974. - Vol. 19. - P. 1778. (Rus)
9. *Glauber R.J.* High Energy Collision Theory // *Lectures in Theoretical Physics* / *Edы. W. E. Brittin, L. G. Dunham.* - N.Y., 1959. - Vol. 1. - P. 315.
10. *Sitenko A.G.* // *UFZh.* - 1959. - Vol. 4, No. 2. - P. 152 - 163. (Rus)
11. *Levshin E.B., Fursa A.D.* // *Yadernaya fizika.* - 1976. - Vol. 24, No. 6. - P. 1115 - 1126. (Rus)
12. *Okamura H., Hatori S., Matsuoka N. et al.* Strong evidence of the Coulomb breakup of the deuteron at 56 MeV // *Phys. Lett. B.* - 1994. - Vol. 325. - P. 308 - 312.
13. *Koning A.J., Delaroche J.P.* Local and global nucleon optical models from 1 keV to 200 MeV // *Nucl. Phys.* - 2003. - Vol. A713. - P. 231 - 310.
14. *Davydovskyy V.V., Foursat A.D.* // *Proc. of the 4th Intern. Conf. "Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy"* (Kyiv, 3 - 7 Sept. 2012). - Kyiv, 2013. - P. 136 - 140.

Надійшла 17.02.2016

Received 17.02.2016