

## Raport stiintific

privind implementarea proiectului in perioada ianuarie – decembrie 2014

**Denumirea proiectului: Reactii nucleare induse de deuteroni la energii joase si medii:**

**Analiza consistenta a mecanismelor de reactii directe si statistice**

[ [http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3\\_0450/index.html](http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3_0450/index.html) ]

Cod: PN-II-ID-PCE-2011-3-0450, Director: M. Avrigeanu, <http://www.researcherid.com/rid/B-6068-2011>

**Etapa unica 2014: Analiza consistenta a interactiunii deuteronilor cu nucleele  $^{58,\text{nat}}\text{Fe}$  la energii joase**

### **1.1. Analiza componentelor sectiunii eficace ale procesului de 'breakup' pentru interactiunea $d + ^{58,\text{nat}}\text{Fe}$**

Rezultatele obtinute in cadrul acestei activitati a proiectului respectiv, urmarind analiza consistenta a interactiilor deuteronilor cu nucleee de masa medie la energii joase, cu luarea in considerare a interactiilor directe, au contribuit in prima instanta la realizarea unei lucrari invitate<sup>1</sup>, prezentata oral, asupra importantei procesului de rupere ('breakup' - BU) a deuteronilor fata de procesele statistice inclusiv in cazul particular al interactiunilor deuteronilor cu nucleele  $^{58,\text{nat}}\text{Fe}$ , cu urmatorul rezumat:

„**Abstract.** An extended analysis of the reaction mechanisms involved in the deuterons interaction with nuclei, namely the breakup, stripping, pick-up, pre-equilibrium (PE) emission, as well as the evaporation from fully equilibrated compound nucleus (CN), is presented. The overall agreement of the measured data and model-calculation results proves the correctness of nuclear mechanism description used for the deuteron-nucleus interaction, while the discrepancies of the newest evaluated data within the TENDL-2013 library stress out the strong effects of the direct processes.”

### **1.2. Analiza sectiunilor eficace de activare ale deuteronilor cu nucleele $^{58,\text{nat}}\text{Fe}$**

Ponderea principala a etapei de fata a reprezentat-o realizarea unei lucrari<sup>2</sup> asupra sectiunilor eficace de reactie ale deuteronilor la energii joase, cu urmatorul rezumat:

„**Abstract.** The activation cross sections for production of  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{52,54,56}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ , and  $^{55,56,57,58}\text{Co}$  radioisotopes in deuteron induced reactions on natural Fe were measured at deuteron energies up to 20 MeV. Then, within an extended analysis of deuteron interactions with  $^{\text{nat}}\text{Fe}$ , all processes from elastic scattering until the evaporation from fully equilibrated compound system have been taken into account. Following the available elastic-scattering data analysis that supports the deuteron

---

<sup>1</sup> M. Avrigeanu, V. Avrigeanu, and C. Manailescu, *Reaction mechanisms involved in the deuteron interaction with medium mass nuclei*, in *Proc. Thirty Third International Workshop on Nuclear Theory (IWNT33-2014), 22 - 28 June 2014, Rila Mountains, Bulgaria (NUCLEAR THEORY, Vol. 33)*, Eds. A. Georgieva and N. Minkov, Heron Press, Sofia, 2014 (in press).

<sup>2</sup> M. Avrigeanu, V. Avrigeanu, P. Bem, U. Fischer, M. Honusek, K. Katovsky, C. Manailescu, J. Mrazek, E. Simeckova, and L. Zavorka, *Low energy deuteron-induced reactions on Fe isotopes*, *Phys. Rev. C* **89**, 044613 (2014). DOI: [10.1103/PhysRevC.89.044613](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.89.044613)

optical potential for reaction cross sections calculations, increased attention is paid especially to the breakup (BU) mechanism and direct reactions (DR). The deuteron activation cross-section analysis is completed by consideration of the pre-equilibrium and compound-nucleus contributions, corrected for decrease of the total reaction cross section due to the leakage of the initial deuteron flux towards BU and DR processes. The overall agreement of the measured data and model calculations validates the description of nuclear mechanisms taken into account, particularly the strong effects of direct interactions that have still not been appropriately considered within previous deuteron activation evaluations.”

Deoarece o particularitate a reacțiilor induse de deuteroni la energii joase de maxim interes actual o reprezintă emisia particulelor  $\alpha$  la energii joase, inferioare chiar barierei Coulomb, eliminarea unor semne de întrebare specifice acestor reacții ( $d,\alpha$ ) s-a impus în vederea obținerii unor concluzii finale consistente. În particular, potențialele de model optic necesare pentru descrierea atât a reacțiilor induse de particule  $\alpha$  cât și a emisieii acestor particule prezintă aspecte încă în discuție pe plan internațional. Principalele referințe asupra acestui subiect au fost trecute în revistă, în vederea evidentierii modului în care este necesară corelarea diferitelor potențiale de model optic, într-o lucrare<sup>3</sup> publicată cu următorul rezumat:

„**Abstract.** The high-precision recent measurements of  $\alpha$ -particle induced-reaction data below the Coulomb barrier make possible the understanding of actual limits and possible improvement of the  $\alpha$ -particle optical-model potentials. An updated optical potential is thus provided for  $\alpha$ -particles on nuclei within the mass number range  $45 \leq A \leq 197$ , below the Coulomb barrier. The results that could be obtained by using this potential within analysis of the  $\alpha$ -particle emission in fast-neutron induced reaction at low energies are moreover discussed.”

Pe de altă parte, domeniul energiilor joase impune acordarea unei atenții marite procesului de excitare Coulombiană (*Coulomb Excitation* – CE). Deși în mod tradițional secțiunile eficiente ale acestui mod de interacțiune electromagnetică, în fapt unul de imprastiere inelastică directă, a particulelor încărcate cu nucleeele atomice nu sunt incluse în secțiunile eficiente de reacție totală, abordări recente pe plan internațional au ridicat totuși această problemă. Pentru familiarizarea cu această tematică s-a inițiat și în cadrul grupului IFIN-HH implementarea codului de calcul cel mai utilizat pe plan internațional pentru evaluarea CE, respectiv codul GOSIA. Deoarece însă studiul CE în cazul deuteronilor a fost abordat în general într-o măsură mult mai redusă decât, de exemplu, în cazul particulelor  $\alpha$ , cazul acestora din urmă a format obiectul verificării implementării acestui cod de calcul. Principalele aspecte ale acestei activități au fost prezentate într-o lucrare<sup>4</sup> publicată cu următorul rezumat:

„**Abstract.** The cross sections for nuclear reactions are generally considered to be reasonably well known in spite of many reactions for which the data are conflicting or incomplete to make possible the validation of different model calculations. The present paper is intended to give a consistent answer to the „alpha-potential mystery“ recently underlined by Thomas Rauscher by discussing in details the possible effects driven by the consideration of the Coulomb-excitation process. Therefore an analysis of the Coulomb-excitation cross-section for a series of medium and heavy nuclei is given. Recent high-precision measurements of alpha-particle induced-reaction data below the Coulomb barrier are involved in order to understand actual limits and eventually improve an alpha-particle optical-model potential. The semi-classical coupled-channel Coulomb-excitation

---

<sup>3</sup> V. Avrigeanu and M. Avrigeanu, *Consistent Treatment of ( $\alpha, x$ ) Reaction Cross Sections and  $\alpha$ -particle Emission Particularly in Fast-neutron Induced Reactions*, Nucl. Data Sheets **118**, 262 (2014). DOI: [10.1016/j.nds.2014.04.053](https://doi.org/10.1016/j.nds.2014.04.053)

<sup>4</sup> C. Manailescu, *On the Coulomb-excitation analysis for medium and heavy nuclei*, Rom. Rep. Phys. (in press).

least-squares search code, GOSIA, was used in this respect. The GOSIA results are given in comparison with the experimental data and also with the results obtained with the Bertulani's code DWEIKO."

Ca urmare a interesului acestor subiecte pentru proiectele de fuziune nucleara, rezultate obtinute in cadrul proiectului de fata au fost incluse si in cadrul a doua rapoarte<sup>5,6</sup> prezentate in cadrul *JEFF/EFF Meetings, 22-25 Aprilie 2014*, OECD/NEA, France. Aceste lucrari au primit o apreciere pozitiva si au asigurat continuarea activitatii echipei de cercetare a proiectului de fata in cadrul acordului cu nr. F4E-FPA-168/2011 de tip „*Framework Partnership Agreement*” (FPA) al unui consortiu, incluzand grupul din IFIN-HH, cu agentia **Fusion for Energy** (F4E, <http://fusionforenergy.europa.eu/>).

Referintele [1-6] reprezinta lucrarile realizate cu finantarea integrala la nivel national in cadrul proiectului de fata, avand inclusa in sectiunea „*Acknowledgement*” si mentiunea acestei finantari unice la nivel national prin acest proiect. Acestea sunt incluse si in sectiunile corespunzatoare ale paginii proprii a proiectului, avand adresa [http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3\\_0450/index.html](http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3_0450/index.html). Absenta unei suprapuneri cu rezultatele altor proiecte realizate de acelasi grup poate fi constata prin comparatie cu paginile tuturor acestor proiecte PN-II, reunite in pagina <http://tandem.nipne.ro/~dante/projects.html>, precum si cu pagina proiectului PN-09-37-01-05 al departamentului propriu (DFN) din cadrul IFIN-HH.

### **Evaluarea stadiului implementarii proiectului**

„Fisa de evaluare intermediara a stadiului implementarii” proiectului, disponibila si pe pagina proprie<sup>7</sup>, a consemnat numai aspecte pozitive cu exceptia unei concluzii, dedusa din analiza listelor de autori ai publicatiilor, privind „**implicarea relativ scazuta a tinerilor cercetatori (Doctoranzi) in activitatea de publicare**”. In final s-a recomandat „**intensificarea activitatii de publicare cu implicarea tinerilor cercetatori**”, s-a acordat calificativul **B<sup>+</sup>**, si s-a recomandat proiectul pentru prezentarea publica a rezultatelor in vederea „**clarificarii contributiei tinerilor cercetatori la activitatea de publicare**”.

Punctul de vedere al directorului de proiect privind „Fisa de evaluare intermediara a stadiului implementarii”, disponibil si pe pagina proprie<sup>8</sup>, este in dezacord cu aspectele critice mentionate mai sus, fiind inclus integral si in prezentarea<sup>9</sup> publica a rezultatelor care a avut loc in cadrul sedintei publice<sup>10</sup> din 18.06.2014.

### **Resurse**

In concordanta cu cele incluse in propunerea de proiect care a fost depusa si evaluata in competitia in urma careia a fost declarata castigatoare, a fost realizat in 23.03.2012 un anunt public<sup>11</sup> a unei pozitii

---

<sup>5</sup> M. Avrigeanu, *Progress on the analysis of deuteron-induced reaction mechanisms at low energies*, [EFFDOC-1232](http://www.oecd-neo.org/dbdata/nds_effdoc/effdoc-1231.pdf) ([http://www.oecd-neo.org/dbdata/nds\\_effdoc/effdoc-1231.pdf](http://www.oecd-neo.org/dbdata/nds_effdoc/effdoc-1231.pdf)), [JEFF/EFF Meetings, April/November 2014](http://www.oecd-neo.org/dbdata/jeff/effdoc.html) (<http://www.oecd-neo.org/dbdata/jeff/effdoc.html>), OECD/NEA, Issy-les-Moulineaux, France.

<sup>6</sup> V. Avrigeanu, *Progress on the analysis of alpha-particle optical potential at low energies*, [EFFDOC-1231](http://www.oecd-neo.org/dbdata/nds_effdoc/effdoc-1231.pdf) ([http://www.oecd-neo.org/dbdata/nds\\_effdoc/effdoc-1231.pdf](http://www.oecd-neo.org/dbdata/nds_effdoc/effdoc-1231.pdf)), [JEFF/EFF Meetings, April/November 2014](http://www.oecd-neo.org/dbdata/jeff/effdoc.html) (<http://www.oecd-neo.org/dbdata/jeff/effdoc.html>), OECD/NEA, Issy-les-Moulineaux, France.

<sup>7</sup> [http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3\\_0450/rapoarte/Fisa\\_de\\_evaluare\\_AM-2013.pdf](http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3_0450/rapoarte/Fisa_de_evaluare_AM-2013.pdf)

<sup>8</sup> [http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3\\_0450/rapoarte/Punct\\_vedere\\_Eval-Int\\_ID-PCE-2011-0450.pdf](http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3_0450/rapoarte/Punct_vedere_Eval-Int_ID-PCE-2011-0450.pdf)

<sup>9</sup> [http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3\\_0450/rapoarte/ID\\_0450\\_2014-UEFISCDI.ppt](http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3_0450/rapoarte/ID_0450_2014-UEFISCDI.ppt)

<sup>10</sup> <http://uefiscdi.gov.ro/articole/3752/Sedinte-publice-de-prezentare-a-rezultatelor-obtinite.html>

<sup>11</sup> <http://ec.europa.eu/euraxess/index.cfm/jobs/jobDetails/33772294> .

vacante (post-doc, doctorand) in cadrul echipei proiectului, pe site-ul [www.euraxess.ro](http://www.euraxess.ro). Ca urmare a aplicatiei realizata de [Dr. C. Manaiescu](#), indeplinind atat conditiile de angajare in cadrul IFIN-HH ca asistent-cercetare post-doctoral, cat si pe cele formulate in vederea angajarii in cadrul proiectului de fata, acesta a fost angajat in IFIN-HH si inclus in lista de personal a proiectului cu incepere din 17.06.2013.

In conditiile reducerii cu 50% a suportului financiar prevazut in cadrul propunerii de proiect pentru perioada 01.01-30.09.2014<sup>12</sup>, fondurile disponibile in cadrul proiectului au fost distribuite in mod egal intre principalii membri ai echipei de cercetare, in conformitate cu nivelurile de salarizare mentionate de asemenea in propunerea de proiect (respectiv nivelul PD/POSDRU in cazul Dr. C. Manaiescu). Aceste fonduri au acoperit, in conditiile mentionate numai perioada 01.01.-19.06.2014, data de la care sustinerea financiara a angajarii Dr. C. Manaiescu nu a mai fost posibila.

Pierderea in fapt a angajarii cercetatorului post-doc, ca urmare a reducerii sustinerii financiare aprobate initial, a fost evidentiata in cadrul prezentarii<sup>8</sup> publice mentionate mai sus ca fiind diametral opusa recomandarii din „Fisa de evaluare intermediara a stadiului implementarii”.

Director proiect,

  
Marilena Avrigeanu

---

<sup>12</sup> [http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3\\_0450/resources.html](http://tandem.nipne.ro/~dante/projects/PN2P3_0450/resources.html)