

1. Rezultate Etapa 2015:

Pentru a studia nucleele din zona hărții nuclizilor aflată în jurul izotopului ^{90}Zr ne-am propus să folosim reacția de fuziune-evaporare $^{13}\text{C}+^{82}\text{Se}$.

Prima activitate a constat în prepararea țintei de ^{82}Se , pentru care s-a calculat o grosime necesară de $5\text{mg}/\text{cm}^2$ și o grosime a suportului din Au de $5\text{mg}/\text{cm}^2$. Pentru realizarea țintei s-a utilizat metoda de depunere de straturi subțiri prin evaporare termică rezistivă în vid înalt; metoda efectivă a fost inițial testată folosind Se natural în vederea optimizării parametrilor, după care s-a trecut la realizarea efectivă a țintei. Materialul necesar este îmbogățiti izotopic, având o concentrație de ^{82}Se de 99,93%. Pentru realizarea țintei s-au folosit 45 mg de pulbere, care a fost presată sub forma unei pastile cu diametru de 5 mm folosind o presă hidraulică automată; pastila astfel obținută a fost apoi introdusă într-un creuzet de Ta fixată între electrozi de înaltă tensiune în interiorul camerei de vid a sistemului de evaporare. Folia de Au ($5\text{mg}/\text{cm}^2$) ce a fost folosită ca strat de suport pentru țintă a fost pregătită în prealabil prin roluire la rece, apoi a fost lipită pe un suport de țintă. Sistemul format din suport de țintă + Au ($5\text{mg}/\text{cm}^2$) s-a montat la 1,5 cm deasupra bărcuței de tantal pe un substrat corespunzător.

A doua activitate a constat în realizarea experimentului. Pentru a analiza canalele ce se pot deschide în reacție și secțiunile eficace a acestora, ca și pentru a alege energia optimă a fascicolului de ^{13}C pentru experimentul nostru, s-au făcut simulări folosind programul CASCADE, din care a rezultat că, pentru energii de accelerare a fascicolului ce pot fi atinse cu acceleratorul Tandem, nucleele de interes ce se produc cu secțiuni eficace foarte mari și mari sunt: ^{91}Zr - canalul de evaporare a 4 neutroni, ^{92}Zr - canalul de evaporare a 3 neutroni, ^{89}Sr - canalul de evaporare a 2 neutroni și 1 particulă α . Pentru experimentul de față s-a ales o energie a fascicolului de 42 MeV, iar curentul pe țintă a fost de aproximativ 2 pA. Radiațiile gama emise în dezexcitarea nucleelor populate în reacție au fost detectate folosind ansamblul multi-detector RoSPHERE din cadrul Departamentului de Fizică Nucleară al IFIN-HH, care poate include până la 25 detectori montați în diverse configurații. În experimentul $^{13}\text{C}+^{82}\text{Se}$, RoSPHERE a fost montat în configurația mixtă, cu 14 detectori HPGe și 11 detectori scintilatori din LaBr₃(Ce). În experimentul de față logica semnalului de *trigger* a cerut ca cel puțin un detector HPGe și doi detectori LaBr₃:Ce să fi produs un semnal în coincidență. Atât înaintea de începerea experimentului, cât și după finalizarea acestuia s-au achiziționat date pentru sursele etalon de ^{152}Eu și ^{60}Co în vederea calibrării energetice a spectrelor gama și pentru a efectua corecția de walk.

Experimentul a fost desfășurat în 3 etape:

- la energia de 42 MeV a fascicolului continuu de ^{13}C , în vederea optimizării secțiunilor eficace pentru nuclee apropiate de ^{90}Zr . Această primă etapă a asigurat deci popularea cu preponderență a canalelor de interes, ceea ce va permite în analiza datelor identificarea cu certitudine a gamelor ce dezintegrează aceste nuclee.
- cu fascicul pulsant, la aceeași energie, pentru a putea popula stări deasupra stării izomere $21/2+$ din ^{91}Zr . Acest izomer era cunoscut anterior dintr-un experiment ce a folosit reacția $^{88}\text{Sr}(^6\text{Li}, 2np)$ și are un timp de viață de 6 μs . Fasciculul pulsant a fost realizat folosind sistemul de pulsare lentă de la Tandem-IFIN-HH ce folosește un chopper. Inițial a fost setat pentru un ciclu de 100 μs (50 μs timp de iradiere, 50 μs timp de achiziție cu fascicul oprit), dar după analiza preliminară a datelor achiziționate, s-a optimizat pulsarea, ciclul fascicolului folosit fiind de 50 μs (25 μs timp de iradiere, 25 μs timp de achiziție cu fascicul oprit).
- cu fascicul continuu de ^{13}C de energie 48 MeV, pentru a putea popula stări de spin și energie cât mai înaltă. Odată identificate benzile gama din schemele de nivele ale nucleelor de interes folosind datele din prima etapă, prin coincidență gama-gama se vor putea atribui acestora stări noi, de spin și energie mai înaltă.

În concluzie, se poate spune că rezultatele preconizate au fost atinse, experimentul fiind realizat cu succes, datele obținute urmând a fi prelucrate în etapa următoare.

1. Results obtained in 2015:

In order to study the nuclei in the nuclide chart area close to the ^{90}Zr isotope we decided to use the fusion-evaporation reaction $^{13}\text{C}+^{82}\text{Se}$.

The first step consisted in producing the experimental target, for which was calculated a necessary thickness of $5\text{mg}/\text{cm}^2$ of ^{82}Se and $5\text{mg}/\text{cm}^2$ thickness for the Au backing. The method used for producing the target was thin film deposition through high vacuum thermal (resistive) evaporation; the method was initially tested using natural Se in order to establish and optimise the process parameters. The necessary material that was used was isotopically enriched ^{82}Se with 99,93% concentration; 45 mg of such powder, pressed as a pill of 5 mm diameter using an automatic hydraulic mill, was used. The pressed powder was put into a Ta crucible fixed between high voltage electrodes, inside the evaporation system vacuum chamber. The Au foil ($5\text{mg}/\text{cm}^2$) to be used as a backing for the target was prepared using cold-rolling, then glued to a target support. The system target support + Au ($5\text{mg}/\text{cm}^2$) was mounted at 1,5 cm above the Ta crucible.

For analysing the reaction channels and their cross-sections for our fusion-evaporation reaction and in order to select the optimum beam energy, calculations using CASCADE software were made, It resulted that, for accelerating energies available at our Tandem accelerator, the nuclei of interest that can be produced with high and very high cross-sections are: ^{91}Zr -4 neutrons evaporation channel, ^{92}Zr -3 neutrons evaporation channel, ^{89}Sr -2 neutrons and 1 α evaporation channel. For our experiment, beam energy of over 42 MeV was selected, while the target current was approximately 2 pA. The gamma radiations emitted in the reaction were detected using the multi-detector array RoSPHERE from the Nuclear Physics Department of IFIN-HH. This array can include up to 25 detectors mounted in various configurations; for the $^{13}\text{C}+^{82}\text{Se}$ experiment, RoSPHERE was assembled in a mixed configuration, with 14 HPGe and 11 LaBr₃:Ce scintillator detectors. For this experiment, the logic of the *trigger* signal asked that at least 1 HPGe detector and 2 LaBr₃:Ce detectors to fire in coincidence. Both before and after the ongoing of the experiment, the ^{152}Eu și ^{60}Co etalon sources were used in order to acquire data for the energy calibration and walk correction of the spectra.

The experiment was made in 3 steps:

- Using a ^{13}C continuous beam of 42 MeV energy – this step allowed to greatly produce the reaction channels of interest, so by analysing the acquired data to be able to identify with a high degree of accuracy the gamma rays that deexcite the respective nuclei.
- Using a ^{13}C pulsed beam of 42 MeV energy, for populating excited states

above the $21/2^+$ isomer in ^{91}Zr . This isomer was previously known from a $^{88}\text{Sr}(^6\text{Li}, 2n\text{p})$ experiment and has a lifetime of $6\ \mu\text{s}$. The beam was pulsed using the slow-pulsing system at Tandem-IFIN-HH that employs a chopper. Initially, the beam was set for a $100\ \mu\text{s}$ cycle ($50\ \mu\text{s}$ timp de iradiere, $50\ \mu\text{s}$ timp de achiziție cu fascicul oprit), dar după analiza preliminară a datelor achiziționate, s-a optimizat pulsarea, ciclul fascicolului folosit fiind de $50\ \mu\text{s}$ ($25\ \mu\text{s}$ irradiation with beam on, $25\ \mu\text{s}$ data acquisition time with the beam off).

- Using a ^{13}C continuous beam $48\ \text{MeV}$ energy, in order to populate excited states of high energy and spin. After identifying the gammas deexciting states of the nuclei of interest by using data acquired in the first step, the data acquired at $48\ \text{MeV}$ energy will be used to identify new states of high energy and spin.

In conclusion the expected results were obtained, the experiment being successfully finished, the experimental data to be subsequently analysed in the next stage of the project.