

RAPORTARE STIINTIFICA

Proiect: PN-III-P1-1.1-PD-2019-0234

Titlu Proiect: “Studiu al mecanismelor de fuziune in reactii ion-ion la energii sub bariera pentru astrofizica nucleara (I2FUMEC)”

Raport Etapa 1

1. Introducere

Acesta este primul raport stiintific pentru proiectul cu titlul si codul mai-sus mentionate si va include activitatile din cele 3 luni (1 Septembrie - 30 Noiembrie) parcurse de la inceputul proiectului si pana la data acestui raport. Etapa 1 in planul de realizare al proiectului a fost denumita **“Investigarea si dezvoltarea de tinte potrivite cerintelor experimentale”** si avut urmatoarele obiective:

- Obtinere de materiale diverse pentru fascicul/tinta.
- Testare in fascicul a materialelor daca se considera necesar.
- Propunere la sesiunea Program Advisory Committee (PAC) pentru obtinerea de timp de fascicul pe anul 2021 pentru masurarea reactiilor $^{13}\text{C}+^{16}\text{O}$ si $^{13}\text{C}+^{19}\text{F}$.

In sectiunea urmatoare, vor fi descrise activitatile conduse pentru implinirea acestor obiective si rezultatele obtinute. Trebuie mentionat ca unele dintre aceste activitati au fost afectate de pandemia curenta de COVID-19 si ca atare au fost ajustate.

2. Raport General al Activitatilor

a) $^{13}\text{C} + ^{16}\text{O}$

Au fost investigate 2 moduri de a produce reactia $^{13}\text{C} + ^{16}\text{O}$: (1) folosind fascicul de ^{13}C pe o tinta de ^{16}O sau invers, (2) folosind fascicul de ^{16}O pe o tinta de ^{13}C .

Pentru metoda (1), fasciculul de ^{13}C este un fascicul standard produs la Tandemul de 3 MV si poate fi generat cu intensitati de pana la 1 μA , in functia de energia ceruta. Pentru reactia de interes, la energii (in laborator) mai mari de ≈ 12 MeV intensitatea este limitata de tensiunea acceptata pe terminalul tandemului. In acest caz, unde sectiunea de reactie este mai mica vor fi necesare cel putin 2 masuratori la aceeasi energie.

Datorita metodei de masurare prin activare-dezactivare, tinta de oxigen trebuie sa fie solida. Au fost investigati diferiti oxizi, luand in considerare cerintele experimentului. Elementul cuplat cu oxigen trebuie sa aiba masa indeajuns de mare pentru ca bariera Coulombiana sa previna o reactie

cu carbonul din fascicul. La fel de importanta este si stoichiometria compusului, fiind preferabil ca oxidul sa contina cat mai multi atomi de oxigen. De-aseenea, este preferabil ca energiile gamelor emise prompt in timpul reactiei sa nu se suprapuna cu energiile din reactia de interes. Datorita faptului ca acesti oxizi se gasesc predominant sub forma de pulbere au fost luati in considerare si factori de geometrie, in special grosimea si diametrul. Grosimea maxima permisa de sistemul de detectie BEGA este 2 mm. Diametrul minim necesar datorita intensitatii fasciculului este 1 cm (la energii mari, intensitatea este foarte mica si nu ne permitem sa o reducem si mai mult prin colimarea fasciculului).

Dintre materialele deja existente in laborator, a fost ales oxidul de ceriu, CeO_2 . Ceriul are numarul de masa $A=140$ si $Z=58$, iar oxidul are 2 atomi de oxigen. Tintele au fost facute prin presare la 24 de tone, sub forma de pastile cu diametrul de 1.5-2 cm si grosimea de 1 mm (Figura 1). Datorita fragilitatii, fiecare pastila a fost de-aseenea lipita pe un backing de aluminiu (gros de 1 mm) pentru manevrare usoara si fara deteriorarea tinteii. O tinta a fost testata in fascicul la diferite energii si intensitati (Figura 2). S-a constatat ca la curenti de fascicul mai mari de 100 pA, tinta emana particule in cantitati care previn mentinerea vidului pe linie (la nivelul de 10^{-6} mbar care este necesar).

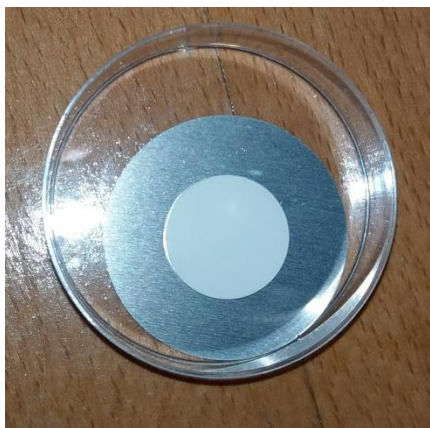


Figura 1. Pastila de CeO_2 lipita pe backing de Aluminiu.

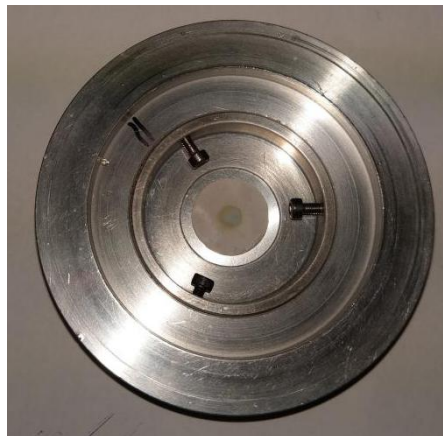


Figura 2. Tinta de CeO_2 fixata pe flansa dupa testare in fascicul.

Este clar ca aceasta problema va fi prezenta indiferent de pulberea de oxid folosita. De aceea s-a incercat metoda (2) mentionata mai sus.

Fasciculul de ^{16}O este de-aseenea un fasciul standard la Tandemul de 3 MV si poate fi produs cu intensitati de pana la 3 μA . Utilizarea unei tinte izotopice din ^{13}C implica anumite dificultati. Carbon-13 se gaseste de-aseenea sub forma de pulbere. Pastilele obtinute au aceeasi limita (explicata mai sus) ca si cele de CeO_2 . Ca atare, s-a incercat obtinerea unei tinte prin depunere. Pentru metoda tinteii groase este necesara o grosime de minim 7 μm (pentru ca fasciculul de oxigen sa fie oprit in tinta la oricare din energiile de interes), grosime greu de obtinut prin procesul de depunere. Din acest motiv, a fost schimbata metoda si a fost produsa o tinta subtire de ≈ 130 nm. Carbonul-13 a fost depus pe un backing de Tantal (Figura 3) pentru manevrare usoara, fara ca tinta

sa se rupe in transportul la sistemul de detectie post-activare.

Tinta a fost testata in fascicul la diferite energii si intensitati. S-a constatat ca la curenti mai mari de 1 μA , tinta se deformeaza si capata o culoare metalica (Figura 4). In urma studierii la microscop, a fost trasa concluzia ca materialul de Carbon-13 s-a evaporat datorita temperaturii ridicate a backingului de Tantal si in ciuda sistemului de racire montat in flansa.

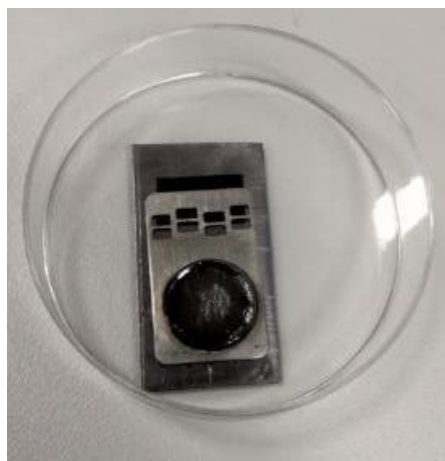


Figura 3. Tinta de ^{13}C depusa pe backing de Tantal.



Figura 4. Tinta de ^{13}C dupa iradiere cu fascicul de ^{16}O la $\approx 1.1 \mu\text{A}$.

Se va incerca rezolvarea acestei probleme prin producerea unei tinte mai groase, suspendate pe o rama de tipul celei din Figurile 3 si 4. O foita de Tantal va fi situata in spate, la distanta de cel putin 1 mm, pentru oprirea fascicului fara producerea de contaminanti. Daca o astfel de tinta prezinta aceleasi probleme atunci se va considera utilizarea unui curent mai mic de fascicul si obtinerea de statistica prin masuratori repetate.

b) $^{13}\text{C} + ^{19}\text{F}$

Timpul limitat de testare in fascicul nu a permis un studiu aprofundat in aceste 3 luni al optiunilor pentru aceasta reactie. Luand in considerare limitele descoperite in studiul de tinte pentru $^{13}\text{C} + ^{16}\text{O}$, se va incerca intai utilizarea unui fascicul de ^{19}F pe o tinta de ^{13}C obtinuta prin descrierea de mai sus. De-asemena se va lua in considerare producerea unei tinte din fluorura de litiu (LiF).

Datorita situatiei curente cu pandemia de Covid-19, nu a fost posibila efectuarea de deplasari la conferinte, iar sesiunea de PAC pentru obtinerea de timp de fascicul pe anul 2021 a fost amanata pana la o data necunoscuta la momentul acestui raport.

Exceptand aceasta situatie, obiectivele pentru aceasta faza sunt indeplinite.

Director de Proiect

Dr. Alexandra Spiridon