

Memoriu de activitate științifică **- Florina Mădălina Dobre -**

Subsemnata, Dobre Florina-Mădălina, menționez principalele rezultate obținute în decursul activității științifice desfășurate ca doctorand la Facultatea de Fizică, direcția Fizică atomică, fizică nucleară, fizica particulelor elementare, astrofizică și aplicații, în perioada 2021-2025, fiind coordonată de domnul Prof. Univ. Dr. Ionel Lazanu. Tema tezei mele de doctorat tratează atât concepte specifice domeniului de radiație cosmică și fluxul de muoni produs natural, cât și posibilitatea generării muonilor utilizând fascicule laser de mare putere, ambele direcții fiind studiate în contextul metodei de investigare a structurii interne a obiectelor numită miuografie. Porind de la aceste două subiecte principale considerate, teza redactată de mine este intitulată "Study on differential muon flux for muography application".

Munca de cercetare în acest domeniu am început-o încă din perioada masteratului, fiind una dintre activitățile principale ale Grupului de Fizica Astroparticulelor (IFIN-HH), grup din care fac parte. Începând cu primul an de doctorat, am aprofundat studiul acestor subiecte, sub îndrumarea supervisorului meu din cadrul IFIN-HH, Dr. Alexandra Săftoiu, dar și a profesorului meu coordonator, Prof. Univ. Dr. Ionel Lazanu.

În primii doi ani de doctorat, activitatea mea a vizat prima parte a tezei, fluxul natural de muoni din radiația cosmică. Acest studiu a cuprins activitatea de cercetare propriu-zisă, simulări Monte Carlo, dezvoltarea sistemelor de detecție dedicate și realizarea de măsurători experimentale. Am început prin studierea diferitelor parametrizări ale acestui flux la nivelul solului, parametrizări prin care este descrisă distribuția energetică și spațială a muonilor la sol. Prin urmare, am analizat principalele modele ce caracterizează acest flux, domeniile de aplicabilitate ale acestora, avantaje și dezavantaje, precum și comparația dintre ele. Acest studiu mi-a permis selectarea corectă a parametrizării ce urma să fie integrată în cadrul generatorului Ecomug, generator folosit alături de software-ul de simulare GEANT4. Dincolo de aceste parametrizări, am studiat aprofundat tehnica de imagistică pe baza de muoni (miuografia), principiile de aplicare ale metodelor derivate, aplicațiile acestora, precum și sistemele de detecție specifice acestor aplicații.

În primul an de doctorat am participat la International School of Cosmic Ray Astrophysics, Maurice M. Shapiro, 22nd Course: "From cosmic particles to gravitational waves: now and to come", ce a avut loc în Erice, Italia (August 2022). În cadrul acestei școli, mi-am însușit numeroase informații și concepte specifice domeniului meu de activitate. Pe lângă această școală de vară, am participat la sesiunea de postere a European Nuclear Physics Conference 2022, ce a avut loc în Santiago de Compostela (Spania) în luna octombrie a anului 2022. Posterul prezentat de mine s-a intitulat "SiRO, a Scintillator Based Hodoscope for Muography Applications".

În decursul celui de-al doilea an de doctorat au început dezvoltarea și asamblarea sistemului de detecție pe bază de scintilator plastic, $\mu 36$. Un prim pas în construcția acestui sistem a constat în testarea mai multor configurații de unități de bază, rezultatele testelor fiind prezentate în articolul în care sunt co-autor, intitulat "Characterization of a basic unit in a multi-channel SiPM muography detector using cosmic muons" [1], publicat în anul 2023 în revista Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, de către grupul de cercetare din care fac parte. După stabilirea unității de bază a detectorului, acesta a fost asamblat în configurația finală în următorul an, începând astfel măsurătorile de muoni atmosferici în condiții de laborator, pentru a testa capacitatea de măsurare a muonilor cosmici, dar și uniformitatea și eficiența de răspuns a acestuia. În urma unor măsurători preliminare a fluxului de muoni atmosferici, s-au observat probleme în ceea ce privește uniformitatea răspunsului acestuia, urmând astfel o serie de teste la nivelul fiecărei componente de bază. S-au testat și grupat, în funcție de eficiența lor, barele de scintilator, SiPM-urile, dar și fibrele optice, obținându-se astfel un răspuns mai uniform pentru fiecare strat de detecție. Pe lângă aceste

componente, a fost îmbunătățită și capacitatea de colectare a luminii, prin optimizarea sistemului de contact dintre SiPM și fibra optică și prin acoperirea părții superioare a fibrei, aflată în șanțul detectorului, cu un material menit să reducă pierderea scintilației produse. Am participat la toate testele enumerate mai sus, atât prin activitate de cercetare, cât și prin activități practice de măsurare și asamblare la nivelul sistemului de detecție. Toate aceste teste și rezultate au fost prezentate detaliat în articolul “ μ 36: a SiPM-read scintillator detector designed for muography applications” [2], publicat în prima parte a anului 2025, articol în care sunt co-autor.

Pe lângă dezvoltarea detectorului μ 36, sistemul de detecție SiRO a fost supus unei activități de îmbunătățire și optimizare, atât din punct de vedere hardware, cât și din punct de vedere software. O descriere a acestui detector a fost realizată în articolul “SiRO, a scintillator-based hodoscope for muography applications” [3], publicat în anul 2024, în revista Journal of Applied Physics, articol la care de asemenea sunt coautor. Urmează o nouă publicație care să cuprindă toate optimizările realizate asupra sistemului SiRO și rezultate preliminare obținute cu acesta.

Având în vedere activitatea axată pe miuografie a grupului meu de cercetare, am considerat necesară tratarea în mod aprofundat a subiectului în contextul aplicațiilor acestei tehnici în subteran și comparării cu metode alternative de măsurare. M-am focusat pe descrierea modului de aplicare a metodei de miuografie prin transmisie, pe necesitatea de a analiza structura internă a volumelor din subteran și pe interpretarea măsurătorilor experimentale. Am publicat acest studiu realizat în articolul “Evaluation of Inhomogeneities in Underground Structures Using Non-Invasive Muon Scanning” [4], în revista Romanian Journal of Physics, articol la care sunt prim-autor și care a fost publicat în prima parte a anului 2025.

Cea de-a doua parte a tezei mele tratează posibilitatea producerii unui flux de miuoni artificial, folosind fascicule laser de mare putere. După activitatea de cercetare propriu-zisă în ceea ce privește acest subiect, am început realizarea de simulări Monte Carlo prin intermediul cărora să obțin o imagine de ansamblu asupra acestei teme. În urma colaborării cu grupul din cadrul Laser Gamma Experiments Department din cadrul ELI-NP, am realizat o serie de simulări utilizând software-ul GEANT4, în care am studiat producerea de radiație de frânare (intensitate, energie, distribuție spațială), dar și obținerea de stări izomere în zona experimentală E7, studiu integrat în procesul de comisionare a sistemului experimental disponibil în E7. În urma acestei activități, a fost publicat articolul “Preliminary results on nuclear isomer production via laser-driven bremsstrahlung irradiation at ELI-NP-1PW” [5], în revista Nuclear Physics A, în prima parte a anului 2025, articol la care sunt co-autor.

Ulterior activitatea mea s-a concentrat pe explorarea posibilității de a obține o sursă de miuoni stabilă, care permite ajustarea unor parametri precum energie și direcție, prin intermediul pulsurilor laser ultra-scurte, cu puterea de 10 PW. Folosind platforma GEANT4, am realizat simulări Monte Carlo utilizând un setup experimental generalizat, specific camerelor experimentale de la ELI-NP, cu scopul de a optimiza energia și intensitatea fluxului de miuoni produs. După înțelegerea mecanismelor de producere a miuonilor în această configurație, miuonii au fost măsurați experimental în cadrul a doua experimente experiment ce au avut loc în zona E6 a ELI-NP. Rezultatele obținute au permis confirmarea măsurării directe a miuonilor produși în mod artificial prin intermediul fasciculelor laser de mare putere, iar din determinarea valorilor de prag ale energiilor pe care miuonii le-au avut, putem concluziona ca acești miuoni produși și detectați au avut energii de ordinul GeV-ilor. Dincolo de această confirmare, miuonii generați astfel au fost folosiți și la scanarea unui obiect pe baza principiului de miuografie prin transmisie. Aceste rezultate urmează a fi publicate la finalul acestui an.

Prezentari la conferinte:

- Poster "SiRO, a scintillator based hodoscope for muography applications", M. Dobre, *European Nuclear Physics Conference 2022, Santiago de Compostela, Spania*;
- Prezentare orala "Monte Carlo simulation for laser driven muon production at ELI-NP", M. Dobre, *23th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science Constanta, Romania 09-12 Iulie 2025*

Prezentari la conferinte:

[1] A. Bălăceanu, M. Dobre, et al. "Characterization of the basic unit in a multi-channel SiPM muography detector using cosmic muons." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 1051 (2023): 168199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2023.168199>. [Online].

Disponibil pe: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900223001894> .

[2] C. Vancea, M. Dobre, et al. " μ 36: a SiPM-read scintillator detector designed for muography applications." *Journal of Instrumentation* 20.05 (2025): P05019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-0221/20/05/P05019>. [Online].

Disponibil pe: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/20/05/P05019>

[3] M. Niculescu-Oglinzanu, M. Dobre, et al. "SiRO, a scintillator-based hodoscope for muography applications." *Journal of Applied Physics* 136.17 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0224843>. [Online].

Disponibile pe: <https://pubs.aip.org/aip/jap/article/136/17/174501/3318523/SiRO-a-scintillator-based-hodoscope-for-muography>

[4] M. Dobre, " Evaluation of Inhomogeneities in Underground Structures Using Non-Invasive Muon Scanning", *Evaluation* 2 (2025): r20250415. DOI: <https://doi.org/10.59277/RomJPhys.2025.70.905>. [Online].

Disponibil pe: https://rjp.nipne.ro/2025_70_5-6/RomJPhys.70.905.pdf.

[5] G. Giubega, M. Dobre, et al. "Preliminary results on nuclear isomer production via laser-driven bremsstrahlung irradiation at ELI-NP-1PW." *Nuclear Physics A* (2025): 123157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2025.123157>. [Online].

Disponibil pe: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375947425001435>.

Semnătură,



Drd. Florina-Mădălina Dobre