

## Anexa 1.3. la Structura cadru Program Nucleu

Contractor: INCDFM  
Cod fiscal: 9068280

### **PROPUNERE PROIECT**

**Denumirea programului nucleu :** Cercetari teoretice si experimentale in domeniul materialelor multifunctionale avansate pentru competitivitate economica si dezvoltare durabila (TEXMAV)

Denumirea obiectivului: **Desfasurarea de cercetari teoretice si experimentale in domeniul fizicii starii condensate, al materialelor multifunctionale avansate, si al altor domenii conexe din fizica, cu accent pe sisteme nano-dimensionale, suprafete si interfete, cu potential de aplicatii in domenii de inalta tehnologie, pentru cresterea competitivitatii economice si dezvoltare durabila.**

**Tipul activitatii de cercetare – dezvoltare, inovare si demonstrare\* :** cercetare fundamentala si industriala

#### 1. INFORMATII GENERALE <sup>1</sup>:

<b>1.1. Titlul proiectului : Dezvoltarea de metode teoretice si numerice avansate si de programe de formare profesionala pentru investigarea unor procese din fizica si domenii conexe</b>	
<b>1.2. Cuvinte cheie :</b> modelare teoretica; simulari; dezvoltare tutoriale	
<b>1.3. Date privind responsabilul de proiect:</b> (Se anexează CV-ul semnat, cu max.5 pagini lungime conform modelului din Anexa 1.4 la Structura cadru Program Nucleu)	
<b>Nume, prenume:</b> Stoica Sabin	Principalele realizări proprii și experiență din domeniul tematicii oferite: Contributii stiintifice in: a)Fizica nucleara: - descrierea proprietatilor spectroscopice(stari nucleare, benzi de rotatie, tranzitii electromagnetice, etc.) a nucleelor din zona tranzitionala - calculul elementelor de matrice nucleare pentru moduri de dezintegrare beta dubla (DBD), pentru tranzitii pe stari finale fundamentale si excitate. b) Fizica atomica: - investigarea proceselor de ionizare din paturi interne a atomilor cu aplicatii in astrofizica; - dezvoltarea de metode avansate pentru calculul factorilor spatiu de faza ce apar in dezintegrarea beta si beta dubla; c) Fizica particulelor elementare
<b>Cod numeric personal:</b> 1530701400531	
<b>Titlul științific:</b> CS1, prof. asociat	
<b>Funcția:</b> Director CIFRA	
<b>Telefon:</b> 0740 189 698	
<b>Fax:</b> 021-457 41 42	
<b>E-mail:</b> sabin.stoica@cifra.infim.ro	

<sup>1</sup> Pentru cazurile in care spatiul alocat raspunsurilor nu este suficient, se pot anexa pagini separate.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- analiza de date pentru diferite canale de dezintegrare a mezonilor B si D; in particular, analiza canalelor cu violarea numarului leptonic cu doua unitati.</li> <li>d) Fizica astroparticulelor&amp;fizica neutrinilor</li> <li>- calculul ratelor de productie a perechilor neutrini-antineutrini prin procese de bremsstrahlung in stele neutronice;</li> <li>-calculul ratelor de productie a axionilor prin procese de bremsstrahlung in stele neutronice;</li> <li>-deducerea limitelor maselor neutrinilor din studiul DBD.</li> <li>e)Dezvoltarea de metode numerice</li> <li>- coduri numerice de calcul pentru calculul starilor nucleare si tranzitiilor intra si inter benzi benzi pentru nuclee grele</li> <li>- coduri numerice pentru calculul elementelor de matrice nucleare pentru DBD</li> <li>-coduri numerice pentru calculul factorilor spatiu de faza pentru dezintegrarea beta si beta dubla.</li> <li>- Lectii prezentate in conferinte internationale, seminarii internationale invitate (&gt; 50), cursuri scoala doctorala.</li> <li>- Peste 450 articole ISI, ~ 8,000 citari(fara autocitari), factor Hirsh~46 (WebofScience)</li> <li>- Director ~ 20 proiecte nationale si internationale</li> </ul> <p><i>CV conform Anexei 1.4 la Structura cadru Program Nucleu</i></p>
--	--

## 2. INFORMATII ȘTIINȚIFICE / TEHNICE DESPRE PROIECT

### 2.1. Prezentarea pe scurt proiectului, cu menționarea țintelor propuse a fi atinse prin implementarea proiectului :

Proiectul isi propune atingerea unor obiective pe urmatoarele trei directii: 1) **cercetare**: studiul unor procese de fizica nucleara, materie condensata, fizica laserilor si astrofizica, intens investigate si pe plan international, prin dezvoltarea unor modele teoretice si tehnici computationale moderne;

2) **formare**: dezvoltarea unor programe de pregatire avansata in tehnici computationale moderne si construirea unor pachete de programe specifice care sa permita abordarea unor domenii noi, interdisciplinare; 3) **diseminare**: organizarea unor scoli de fizica, conferinte, workshop-uri pentru diseminarea rezultatelor obtinute si mentinerea/dezvoltarea unor colaborari internationale.

1) Ne propunem **abordarea unor subiecte/teme de cercetare actuale** precum: studiul dezintegrarilor beta si beta duble cu aplicatii in fizica atomica, nucleara, fizica neutrinilor neutrinilor si in testarea unor legi de conservare si simetrii. **Obiectivele propuse** in cadrul acestei directii sunt: i)obtinerea unor valori precise ale factorilor spatiu de faza si ce intra in ratele de dezintegrare pentru diferite tranzitii beta, cu aplicatii in astrofizica, calculul perturbatiilor ce pot apare in distributiile energetice si unghiulare ale electronilor si pozitronilor emisi in dezintegrarea beta dubla, necesare pentru testarea invariantei Lorentz in experimente de dezintegrari beta duble; ii) dezvoltarea unui cod numeric care sa calculeze direct produsul elementelor de matrice nucleare si factorilor spatiu de faza, in loc de calcularea lor separata cum a fost fact pana acum in literatura; iii) identificarea asteroizilor bazaltici și caracterizarea acestora in vederea obtinerii unor informatii legate de compozitia lor; iv) testarea

unitaritatii matricii CKM prin calculul precis al elementelor  $V_{ud}$  ale ei; v) influenta actiunii unui laser de mare putere asupra ratei de dezintegrare beta.

2) Ne propunem **initierea si dezvoltarea unui program de instruire** in domenii de cercetare de actualitate, precum fizica materiei condensate, fizica nucleara-dezintegrari rare, fizica neutrinilor, sau domenii interdisciplinare, inclusiv prin elaborarea unor tutoriale si pachete de programe numerice, aplicabile rezolvării unor probleme specifice acestor domenii.

3) Ne propunem **organizarea a cel puțin doua manifestari stiintifice**: o scoala de vara in domeniul fizicii neutrinilor si un workshop in domeniul nanofizicii si materialelor avansate.

Tot cadrul proiectului ne propunem si elaborarea unei strategii pentru dezvoltarea sustenabila a unei infrastructuri de calcul stiintific performant, HPC, care sa faciliteze abordarea cu succes a unor teme de cercetare complexe, din diferite domenii. Realizarea acestui obiectiv implica combinarea de tehnici computationale avansate cu expertiza din diferite domenii stiintifice si tehnologice.

Proiectul sustine obiectivele Centrului International de Formare si Cercetare Avansata in Fizica(CIFRA), centru sub egida UNESCO, infiintat urmare a Acordului dintre guvernul Romaniei si UNESCO, ca subunitate (cu personalitate juridica) a INCDFM, anume: i) initierea/dezvoltarea de cercetari avansate in domenii actuale, de nisa, in care se fac investitii importante pe plan international; ii) pregatirea/formarea avansata a cercetatorilor (in special tineri) in domenii moderne, precum nanofizica, fotonica, fizica astroparticulelor, cosmologie, etc., ce cuprind studii ale materiei la diferite scale (dimensionale si energetice; iii) organizarea de cursuri, seminarii, workshop-uri pentru aprofundarea tehnicilor de abordare a acestor cercetari si diseminarea rezultatelor obtinute.

## 2.2. Situația actuală: .....

**Fizica materialelor. Spectromicroscopia de fotoelectroni** a căpătat un avânt considerabil în ultimul deceniu. Această metodă constă în a măsura spectre de fotoelectroni pe arii limitate ale probelor, cu rezoluție spațială de ordinul micrometrilor până la zeci de nanometri. Informațiile pe care această metodă le furnizează se referă la analiza compozițiilor chimice și reacțiilor de suprafață cu rezoluția menționată mai sus. În cazul spectroscopiei de fotoelectroni cu rezoluție unghiulară, informație suplimentară poate fi obținută privind structura de bandă experimentală (legi de dispersie) prin ARUPS (angle-resolved ultraviolet photoelectron spectroscopy) și privind structura materialelor prin difracție de fotoelectroni.

Achiziția de date 3-, 4- și 5-dimensionale devine din ce în ce mai întâlnită în fizica materialelor. În cazul spectro-microscopiei de fotoelectroni, dimensiunile sunt date de: (i,ii) două coordonate spațiale, punctul de pe suprafața probei unde s-a efectuat măsurătoarea; (iii) energia cinetică (sau energia de legătură), variabila independentă a fiecărui spectru; (iv) unghiul de emisie al electronilor; (v) coordonata temporală. Un cub de date (3D) are în mod normal câteva zeci sau sute de MByte, iar un hiper cub (4D, 5D) poate avea de la 1 la câteva zeci de GByte. În momentul de față, apare necesitatea analizei într-un timp rezonabil a acestor date, altfel, de exemplu, pentru extracția parametrilor relevanți ar trebui efectuate zeci de mii de fitări în cazul datelor 3D, milioane sau zeci de milioane de fitări în cazul hiper cuburilor de date.

**Dezintegrare beta.** Studiul dezintegrării beta este unul din domeniile cheie pentru înțelegerea unor fenomene și procese astrofizice joacă un rol decisiv în descrierea proceselor stelare: arderea hidrostatică a stelelor masive, evoluția acestora în starea de preSupernove, procesele de nucleosinteza (procesele s, p, r și rp) etc. De asemenea, cunoașterea ratelor de dezintegrare și timpilor de viață ai dezintegrării beta este necesară și pentru explorarea experimentală a multitudinii de nuclee obținute în laboratoare, la marile instalații de producere a fasciculelor radioactive.

**Dezintegrare Beta Dubla.** Dezintegrarea beta dubla (DBD) reprezintă procesul nuclear de dezintegrare spontană cu cel mai lung timp de viață măsurat până în prezent ( $10^{18} - 10^{24}$ ) ani. În cadrul Modelului Standard (MS) în această dezintegrare sunt emise 2 electroni/pozitroni și 2 antineutrini/neutrini, conservându-se astfel nr. leptonic. Până în prezent, există măsurători pentru 12 nuclee/tranziții beta duble. Totuși, în cadrul unor teorii care generalizează MS acest proces ar putea să se desfășoare și fără emisie de neutrini, adică cu încălcarea conservării nr. leptonic. Descoperirea acestui mod de DBD ar furniza informații esențiale despre neutrini (dacă sunt particule de tip Dirac sau Majorana, care este scala de masă a acestora și ierarhia maselor acestora, dacă mai există și alte specii de neutrini în afară de cele 3 active, etc.), despre valabilitatea unor legi de conservare (simetria CP în interacția slabă, conservarea numărului leptonic) și despre alte procese/fenomene fizice dincolo de MS. Toate acestea îl fac să fie unul dintre cele mai studiate procese din natură, atât experimental cât și teoretic. Studiul său implică sume foarte mari investite în instalații experimentale complexe, amenajate în laboratoare subterane ce necesită o infrastructură deosebită.

**Astrofizica. Asteroizii bazaltici** sunt fragmente ale unor obiecte primordiale din Sistemul Solar pentru care a avut loc procesul de diferențiere (separarea în straturi distincte a materialelor cu diferite densități rezultând în formarea scoarței, mantalei și a nucleului). Acest proces este fundamental pentru înțelegerea formării și evoluției planetelor. În acest context, studiul asteroizilor bazaltici oferă noi evidențe ale proceselor care au modelat Sistemul Solar.

Asteroidul (4) Vesta este reprezentativ pentru asteroizii bazaltici fiind considerat corpul părinte al meteoriților diferențiați de tip howardite-eucrite-diogenite (HED). Majoritatea asteroizilor de acest tip sunt asociați dinamic cu Vesta, însă observații recente au arătat că există astfel de asteroizi în întreaga centură principală. Acest fapt observațional nu este pe deplin înțeles de modele actuale ale formării și evoluției Sistemului Solar. Semnătura spectrală a asteroizilor bazaltici are două benzi de absorbție proeminente la 1 micron și 2 micrometri, corespunzătoare olivinei și pyroxenurilor. Cele două benzi sunt date de tranziția ionilor de Fe în matricea cristalografică. Identificarea acestui tip de compoziție particulară se poate face folosind filtrele de bandă largă V, R, I, Z, Y, J, H, K folosite de programele largi de observație.

**Tutoriale dedicate.** O direcție nouă a **fizicii computaționale** care se dezvoltă tot mai mult constă în elaborarea de pachete de calcul științific accesibile orientate din start spre o clasă anume de probleme și fenomene. Ideea de a produce tools-uri dedicate este într-adevăr una care se practică în aproape toate domeniile, inclusiv fizica. De exemplu în toate marile experimente de energii înalte, fizica nucleară, astrofizica, astroparticule, cosmologie, etc. există astfel de tutoriale și pachete de programe numerice dedicate pentru analiza de date experimentale pentru studiul diferitelor canale, a unor probleme specifice acelor experimente, etc. Pentru diverse calcule teoretice există de asemenea tutoriale și pachete de programe dedicate. De exemplu, tutorial/pachet de programe de utilizare a diagramelor Feynman pt. calculul secțiunilor eficace a diferitelor procese fizice, etc.

Un alt exemplu de succes este pachetul QuTiP (Quantum Tool Box in Python – [qutip.org](http://qutip.org)), citat deja în peste 300 de articole din reviste foarte importante (Science, PRL, PRX, Scientific Reports, etc.). Pe lângă avantajul de a fi *open access*, aceste pachete sunt mult mai ușor de utilizat de către (tinerii) cercetători decât programele extrem de complicate de modelare computațională avansată (de exemplu AMSYS sau Quantum Espresso) care implică și o cunoaștere aprofundată a aspectelor teoretice și a fenomenelor fizice. În fizica stării condensate se pot de asemenea dezvolta astfel de tutoriale și pachete de programe necomerciale pentru uzul masteranzilor și doctoranzilor.

**High Performance Computing (HPC).** Având în vedere interesul la nivel internațional pentru aplicații de fizică computațională ce necesită putere de calcul din ce în ce mai mare, infrastructura folosită iese din sfera calculatoarelor personale și se plasează în zona HPC. Aceste sisteme de calcul comasează puterea unui număr mare de nuclee de calcul (sute sau chiar mii de nuclee sunt ordine de mărime ce se regăsesc în instalațiile folosite de majoritatea universităților și centrelor de cercetare din lumea întreagă), cantități masive de memorie RAM și stocare de date. Pentru a putea direcționa în mod

optim aceste resurse, este necesar pe lângă o configurare specifică și o mentenanță permanentă atât a programelor instalate cât și a componentelor hardware. Dezvoltarea unei astfel de infrastructuri performanțe ce poate fi extinsă pentru a putea asimila probleme de cercetare din domenii cât mai diverse este o activitate continuă la nivel internațional (ex. problemele ce folosesc teoria funcționalului de densitate necesită folosesc algoritmi de calcul paralel și cantități mari de memorie RAM, în funcție de sistemul studiat, în timp ce programe din zona biologiei sau particulelor elementare necesită procesare secvențială a unor cantități enorme de date, traducându-se în nevoie de stocare permanentă și viteza de calcul mare). Este deci necesară dezvoltarea la nivel instituțional a unei strategii de investiții (achiziționare de hardware de ultimă generație) și asimilare de expertiză în domeniul HPC.

**- în țară:**

**Fizica materialelor.:Spectromicroscopia de fotoelectroni.** Cartografierea suprafețelor feroelectrice prin spectro-microscopie de fotoelectroni cu rezoluție spațială de cca. 0,6 nm și rezoluție energetică de cca. 0,25 eV, folosind contrastul în energie de legătură au fost efectuate de cercetătorii din INCDFM, în colaborare cu sincrotronul Elettra din Trieste, în cadrul unui proiect CERIC [POP2015-ABR2017]. În momentul de față, suntem solicitați să participăm în mai multe experimente de spectromicroscopie de fotoelectroni, inclusiv cu rezoluție spațială sau temporală, atât la facilitatea Elettra, cât și la alte centre de radiație de sincrotron, în particular la Soleil, Saclay, Franța.

**Studiul dezintegrării beta.** Dezintegrarea beta super-permisă (DBSP) este un subiect tratat de mult timp în țară, studiul acesteia permitând descoperirea/verificarea unor ipoteze în fizica teoretică actuală (unitaritatea matricii Cabibbo-Kobayashi-Masakawa (CKM)). Contribuțiile semnificative se referă la calculul factorilor spațiu de fază (FSF) pentru tranziții permise, cu o metodă relativistă ce folosește funcții electronice Dirac exacte și un potențial Coulombian realist [SM13]-[MPS15]. Având în vedere experiența în calcularea FSF, simplitatea elementelor de matrice pentru cazul dezintegrării beta super-permise și faptul că pentru aceste tranziții produsul dintre FSF și timpul de viață observat experimental este strâns legat de constanta de cuplaj vectorială ( $g_V$ ), ne propunem să estimăm elementul  $V_{ud}$  al matricii CKM folosind timpurile de înjumătățire observate experimental și FSF calculați prin metodele proprii.

**Studiul DBD** a început în țara noastră în 1989 și are deja o tradiție. Contribuțiile importante se referă la dezvoltarea unei noi metode de calcul a elementelor de matrice nucleare (EMN), prima metodă de tip higher-QRPA din literatură. Cu ajutorul ei au fost calculate EMN pentru DBD cu emisie de neutrini. De asemenea au fost calculate EMN și ratele de dezintegrare pentru DBD pe stări excitate, pentru prima dată în literatură. Apoi, a fost construit un cod numeric rapid, eficient, bazat pe modelul în paturi, pentru calcul EMN pentru modul de DBD fără emisie de neutrini și în diferite scenarii de producere a acestui proces. În fine, a fost dezvoltată o metodă și construit un cod numeric pentru calculul precis al factorilor spațiu de fază relevanți pentru DBD. Rezultatele obținute s-au materializat în publicarea a mai multor zeci de lucrări în reviste precum PLB, PRC, PRD, NPA, JPG, EPJA, etc. citate de peste 1000 de ori în cărți ori reviste ISI de prim rang. De asemenea, rezultatele au fost comunicate în conferințe internaționale și seminarii invitate [SS3]. În proiectul de față ne propunem continuarea cercetărilor în acest domeniu, prin dezvoltarea unor metode mai precise de calcul a factorilor spațiu de fază pentru diferite moduri de dezintegrare și scenarii de producere, extragerea de informații asupra proprietăților neutrinilor și testarea unor simetrii precum invarianta Lorentz în interacții slabe.

**Astrofizica. Asteroizii bazaltici.** Pe plan național contribuțiile semnificative în studiul **asteroizilor bazaltici** reies din prelucrarea datelor rezultate în urma observațiilor efectuate de survey-ul VISTA-VHS și realizarea catalogului MOVIS [POP2016-LIC2016] - cel mai larg set de date în domeniul infraroșu apropiat pentru asteroizi. Ne propunem identificarea asteroizilor bazaltici și caracterizarea acestora. Se vor utiliza observațiile obținute de programele largi (WISE, VISTA-VHS, 2MASS). Pe baza datelor spectrofotometrice se vor obține informații legate de compoziția asteroizilor prin comparația cu datele spectrale ale meteoriților diferențiați.

**Tutoriale & pachete de programe dedicate.** Până acum, nu avem cunoștința că în țară s-a dezvoltat sistematic o astfel de direcție. Unul din obiectivele acestui proiect îl constituie dezvoltarea unor tutorial

si pachete computationale dedicate unor cercetari de fizica starii condensate, astroparticule, fizica nucleara, bio/nano fizica, etc. Prezentarea unor metode teoretice din diferite domenii pornind de la exemple concrete confirmate experimental si implementate in astfel de limbaje de programare "prietenose" constituie o cale eficienta si atractiva pentru formarea profesionala a tinerilor cercetatori si din tara noastra, care ii va ajuta sa obtina mai usor rezultate competitive in domeniul lor de cercetare. Grupul de Fizica Teoretica din INCDFM are o experienta de aproape 20 de ani in descrierea si modelarea fenomenelor de transport la nanoscala. Directiile de cercetare abordate in cadrul grupului includ: efecte de corelatie in regim stationar si tranzitoriu in doturi cuantice [VM1,VM2], dinamica de excitoni [VM3], optica cuantica mezoscopica, nanomagnetii artificiali [VM4]. Tehnicile folosite in cadrul grupului sunt printre cele mai actuale: metoda ecuatiei Master, formalismul functiilor Green de neechilibru. Precizam ca toate rezultatele prezentate in publicatiile grupului sunt obtinute cu module de calcul numeric elaborate de membrii grupului.

**High Performance Computing (HPC).** Insierea de tehnici computationale avansate si elaborarea unei strategii pentru dezvoltarea sustenabila a unei infrastructuri de calcul stiintific performant, HPC, care sa faciliteze abordarea cu succes a unor teme de cercetare complexe in domeniul fizicii materiei condensate si a altor domenii noi, interdisciplinare sunt probleme de mare actualitate ce nu au mai fost abordate intr-un mod sistematic in cadrul INCDFM. Realizarea acestora implica combinarea de tehnici computationale avansate cu expertiza din diferite domenii, stiintifice si tehnologice si, in paralel, planificare, constructia, intretinerea si dezvoltarea unui sistem propriu de HPC.

- în străinătate: .....

**Spectromicroscopia de fotoelectroni.** În general, pachete software de analiză au fost dezvoltate de cercetătorii responsabili de liniile de fascicul de spectromicroscopie, cum ar fi Alexei Barinov și Luca Gregoratti la Elettra sau José Avila și Chaoyu Chen la Soleil. Aceste pachete software sunt departe de a fi complete, au fost scrise de cercetători pentru uz intern, sunt greu de folosit pentru cineva care nu a dezvoltat programele respective și nu conțin toate facilitățile posibile pe baza acestor date experimentale extrem de bogate. În activitatea precedentă [POP2015-ABR2017], s-au folosit pachetele software dezvoltate de Alexei Barinov numai pentru analiza extrem de primară a datelor experimentale, pentru restul analizelor cercetătorii din INCDFM preferând să-și dezvolte propriile programe de analiză.

**Dezintegrare beta.** Estimarea  $V_{ud}$  si testarea unitaritatii matricii CKM este un subiect de actualitate pe plan mondial ([HT2009],[W2005],[S1994]). De-a lungul timpului au fost dezvoltate multe metode in acest sens, insa rezultatele pot fi imbunatatite. Motivul principal este incertitudinea metodelor folosite. Acuratetea metodei date de DBSP face ca precizia determinarii  $V_{ud}$  sa fie dintre cele mai bune, dificultatile tehnice fiind legate de masurarea experimentală cu precizie a timpului de viață și de necesitatea includerii unor mici corectii radiative pentru a atinge o precizie a valorii  $V_{ud}$  satisfacatoare. Unul dintre cele mai cuprinzatoare studii in acest sens ([HT2015]) trateaza 20 de tranzitii super-permise cunoscute in natura. Marimile experimentale de interes pentru fiecare tranzitie (timpul partial de injumatatire, energia cinetica maxima si probabilitatea de dezintegrare pe ramura) sunt atent alese in functie de credibilitatea si statistica a foarte multe articole stiintifice. Se folosesc timpii de viață experimentali si o reteta proprie pentru calcularea FSF pentru determinarea  $V_{ud}$ , iar in final se verifica unitaritatea matricii CKM cu o precizie destul de buna.

**Dezintegrare beta dubla.** Studiul DBD este un subiect de cercetare foarte actual pe plan international, interesul pentru acest proces venind din potentialul sau de a furniza informatii ce pot duce la elucidarea unor probleme fundamentale privind proprietatile neutrinilor, existenta unor procese/fenomene fizice ce depasesc cadrul Modelului Standard (MS) si validarea sau incalcarea unor legi de conservare precum conservarea numarului leptonic, simetria CP, invarianta Lorentz, etc. [AE08-VES12].

De aceea se investesc sume foarte mari pentru studiul experimental al acestui proces, existand zeci de experimente care sunt derulate in laboratoare subterane, pe toate continentele. Tradus in termeni de performante tehnice, experimentele in derulare vizeaza masuratori de timpi de viață de ordinul a  $10^{26}$  ani si atingerea unor limite pentru parametrii de masa ai neutrinilor electronici de ordinul 0.1 eV (functie



de izotopii investigati si de valoarea EMN calculate teoretic). In astfel de experimente tinta principala este descoperirea modului de DBD fara emisie de neutrini, ce ar elucida cel putin urmatoarele probleme: numarul leptonic nu se conserva, fixarea unei scale pentru masa neutrinului electronic, stabilirea ierarhiei maselor neutrinelor, probleme fundamentale ce vor aduce un progres major in mai multe domenii ale fizicii: particule elementare, astrofizica, cosmologie, teorie de camp, etc. Tintele planificate pentru noua generatie de experimente de DBD vizeaza masuratori de timpi de viata de ordinul  $10^{27}$ - $10^{28}$  ani si limite pentru parametrii de masa ai neutrinelor de ordinul meV. D.p.d.v. teoretic se continua dezvoltarea unor noi metode/modele/programe numerice performante pentru calculul EMN si al factorilor spatiu de faza relevanti pentru diferitele tipuri de DBD. Aceste doua marimi apar in formulele teoretice ale timpilor de viata ale DBD si calculul lor precis duce la preziceri mai bune ale acestor timpi de viata, extragerea unor limite realiste, de incredere, pentru parametrii de masa neutrini, determinarea mecanismelor de productie a modului de DBD fara neutrini. De precizia acestor estimari depind si parametrii tehnici luati in calcul la proiectarea viitoarelor experimente de DBD si implicit estimarea/planificarea costurilor. In toate aceste estimari, calculele teoretice de DBD reprezinta elemente cheie, de aceea li se acorda o mare importanta. De exemplu, calculul EMN pentru DBD reprezinta unul din primele 10 subiecte din strategia in fizica nucleara a US.

**Astrofizica: asteroizi bazaltici.** Studiul procesului de diferentiere in cadrul asteroizilor bazaltici reprezinta un subiect de interes si actualitate pe plan mondial. Metode precum analize spectrale in domeniul vizibil si infrarosu [IEV2016], caracterizari dinamice ale familiilor de coliziune pe baza parametrilor orbitali si modele teoretice concepute pentru a explica distributia curenta de asteroizi bazaltici in centura de asteroizi [BRA2017] au fost dezvoltate indealungul timpului pentru a crea imaginea completa a formarii si evolutiei acestor corpuri.

**Tutoriale/pachete de programe stiintifice.** O deficiente a monografiilor de transport cuantic [Stefanucci,Haug, Petrucione] si optica cuantica [Haroche] rezida tocmai in caracterul exhaustiv si foarte tehnic al acestora. Metodele teoretice asociate sunt introduse intr-un cadru cat mai general care sa permita ulterior abordarea a cat mai multor exemple si directii. Aceasta strategie este potrivita pentru cei care sunt deja familiarizati cu aceste metode si urmaresc sa devina experti, dar este foarte putin utila pentru tinerii cercetatori care sunt la primul contact cu unele abordari formale. Pe de alta parte, exemplele care se pot rezolva exact sunt foarte putine si ofera rareori o imagine clara asupra puteri de calcul si predictie a unei metode teoretice.

In ultimii ani se constata un interes tot mai ridicat pentru dezvoltarea de coduri numerice specifice unor domenii sau chiar metode. Printre exemple enumeram SciPy (Scientific Computing Tools for Python), o baza reductabila de pachete de calcul numeric open access pentru probleme din fizica si platforma QuTiP (Quantum Toolbox in Python) special dedicata problemelor de transport si optica cuantica. Astfel de programe se dovedesc tot mai utile nu numai ca baza de aplicatii pentru doctoranzi si masteranzi ci si pentru obtinerea de rezultate originale. Avantajul evident al acestor pachete este ca aparatul teoretic este prezentat simultan cu instructiuni de programare foarte prietenoase in raport cu pachetele comerciale de tip Siesta, Comsol, Amsys.

Se poate constata de asemenea ca la universitati de prestigiu exista deja cursuri de masterat care imbina aspectele pur formale cu implementarea numerica a acestora.

Avand in vedere aceste lucruri este clar ca in prezent abordarea temeinica a unor metode teoretice avansate nu mai poate fi facuta fara a experimenta macar la nivel introductiv si aplicatiile acestora prin calcul numeric

**High-Performance Computing (HPC)** inseamna efectuarea unor calcule complexe cu retele de calculatoare de inalta performanta, adica capabile sa efectueze calcule cu viteze de  $10^{18}$  (exascale) floating point operatii pe secunda. Reprezinta o resursa strategica pentru viitor, care permite cercetatorilor sa studieze, sa inteleaga si sa prevada fenomene complexe din toate domeniile, stiintifice, tehnologice, economice, sociale, etc. HPC face obiectul unei competitii globale, multe tari dintre cele mai importante, SUA, Japonia, Rusia, China, Brazilia, India, au anuntat deja programe ambitioase pentru constructia noii generatii de HPC cu performante exascale. Europa are de asemenea planuri ambitioase, UE a adoptat in 2012 o strategie in domeniu, care va fi implementata in cadrul programului

2020 prin 3 directii: 1) dezvoltarea noii generatii de tehnologii HCP, aplicatii si sisteme de exascale; 2) accesul la cele mai bune supercalculatoare si servicii atat pentru industrie cat si pentru mediul academic; 3) dobandirea de excelenta in HPC, aplicatii (stiintifice si industriale), livrare si utilizare.

### 2.3. Contribuția științifică/tehnică: .....

- **Cartografierea suprafețele feroelectrice prin spectro-microscopie de fotoelectroni.** Se vor dezvolta pachetele software împărțite în două categorii: (A) Analiza primară și vizualizarea datelor, pentru extragerea rapidă a informațiilor celor mai relevante; (B) Analiza automată a datelor prin fitări ale spectrelor experimentale și reprezentarea parametrilor relevanți obținuți din fitare.

(A) Pentru analiza primară a datelor, va fi vorba (i) de posibilitatea de a se selecta un punct (coordonate spațiale date) și reprezentarea practic instantanee a spectrului de fotoelectroni corespondent (date 3D) sau a seriilor de spectre la unghiuri diferite (date 4D), astfel încât prin baleierea regiunii spațiale să se vizualizeze informația spectrală; (ii) în al doilea rând, va fi vorba de selectarea unei “regiuni de interes” într-un spectru și plotarea cât mai rapidă a intensității integrate pe această regiune, pentru a pune în evidență contrastele spațiale; (iii) pentru evoluțiile temporale, va fi vorba despre asamblarea spectrelor sau imaginilor rezultate la momente diferite de timp prin crearea de “filme” ale evoluțiilor corespunzătoare. Toate aceste facilități se realizează printr-o gestiune adecvată a evenimentelor posibilă sub platforma Igor Pro. De asemenea, această platformă permite și realizarea de filme.

(B) Pentru analiza automată a spectrelor, se vor folosi programele de simulare deja existente prin analiza cu profile Voigt [[TEO1994, MAR2007] sau asimetriche de tip Fano [TEO1997], precum și alte profile; aceste rutine de simulare care folosesc facilitatea CurveFitting a platformei Igor Pro vor fi integrate în programe automate de analiză, împreună cu capturarea parametrilor importanți de fitare (de exemplu energii de legătură, amplitudini, parametri de asimetrie etc.) și reprezentarea lor în funcție de coordonate spațiale; posibil, de asemenea, realizarea de filme ale evoluției temporale a acestor parametri.

- **Dezintegrarea beta super-permisa (DBSP).** Ne propunem sa investigam problema unitaritatii matricii CKM [HT2015]. Pe de o parte, se vor dezvolta si testa coduri numerice performante pentru calcul FSF si, pe de alta parte vom alege cele mai noi valori experimentale pentru marimile de interes pe fiecare tranzitie beta super-permisa. In urma acestui studiu ne propunem obtinerea valorii  $V_{ud}$  cu o precizie mai buna. Ulterior, folosind marimile din literatura pentru restul elementelor matricii CKM, putem face o estimare precisa a gradului de unitaritate a acesteia.

Tot in cadrul studiul dezintegrării beta, ne propunem abordarea unui subiect complet nou, inclusiv pe plan mondial, acela al efectelor actiunii unui laser de mare putere asupra mecanismului dezintegrării beta. In ultimii ani, tehnologia laser s-a dezvoltat intr-un ritm alert facand posibila investigarea experimentală a ipotezelor teoretice. Un model simplist pentru acest fenomen poate fi dat de dezintegrarea beta a muonului. Ne propunem pentru inceput studierea modificării timpului de viața al muonului .

**Dezintegrarea beta dubla :** ne propunem

- testarea simetriei Lorentz, prin compararea distributiilor energetice si unghiulare a spectrelor electronilor emisi in DBD calculate teoretic cu cele rezultate din masuratori experimentale precise
- dezvoltarea unor coduri performante de calcul a elemente de matrice nucleare si a factorilor spatiu de faza pentru mecanisme extice de productie a dezintegrării beta duble fara emisie de neutrini.

**Studiul asteroizilor bazaltici.** Pe baza datelor compilate în cadrul catalogului MOVIS, ne propunem să efectuăm o clasificare spectrofotometrică a unui eșantion de asteroizi bazaltici prin corelarea indiciilor de culoare a acestora cu spectrele unui grup de meteoriți diferențiați utilizând diferiți algoritmi de clasificare (KNN, Random Forest etc) din suita de algoritmi puși la dispoziție de domeniul machine-learning. De asemenea, rezultatele obținute în ceea ce privește compoziția mineralogică a asteroizilor vor fi comparate cu rezultatele spectrale obținute în literatură

**Tutoriale/pachete de programe specifice**

- Elaborarea de tutoriale pentru analiza fenomenelor de transport in sisteme cu dimensionalitate redusa.

**High performance computing.**



- Elaborarea unei strategii de dezvoltare a unui cluster performant de calcul care sa faciliteze calcule numerice de amploare si abordarea cu succes a unor tematici noi, interdisciplinare, de cercetare.

### Referinte

- [POP2015] D.G. Popescu, M.A. Huşanu, L. Trupină, L. Hrib, L. Pintilie, A. Barinov, S. Lizzit, P. Lacovig, and C.M. Teodorescu, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **17**, 509–520 (2015).
- [HUS2015] M.A. Huşanu, D.G. Popescu, C.A. Tache, N.G. Apostol, A. Barinov, S. Lizzit, P. Lacovig, and C.M. Teodorescu, *Appl. Surf. Sci.* **352**, 73–81 (2015).
- [ABR2017] L.E. Abramiuc, L.C. Tănase, A. Barinov, N.G. Apostol, C. Chirilă, L. Trupină, L. Pintilie, and C.M. Teodorescu, *Nanoscale* **9**, 11055–11067 (2017).
- [TEO1994] C.M. Teodorescu, J.M. Esteva, R.C. Karnatak, and A. El Afif, *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A* **345**, 141–147 (1994).
- [MAR2007] D. Mardare, D. Luca, C.M. Teodorescu, D. Macovei, *Surf. Sci.* **601**, 4515–4520 (2007).
- [TEO1997] C.M. Teodorescu, J.M. Esteva, R.C. Karnatak, A. El Afif, M. Womes, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **30**, 4293–4313 (1997).
- [UNS14] J. J. Un-Nabi and S. Stoica, *Astrophys. & Space Science*, **349**, 843 (2014).
- [SS16] S. Stoica, M. Mirea, O. Nitescu, J. Un Nabi and Z. Iftikhar, *AHEP* **2016**, ID8729893 (2016).
- [SS] S. Stoica, *Phys. Rev. C* **49** (1994) 2240; S. Stoica, *Phys.Lett. B* **350**, 152 (1995); S. Stoica, H.V. Klapdor-Kleingrothaus, *Nucl.Phys.A* **694**, 269 (2001); Horoi, Stoica, *Phys.Rev. C* **81**, 024321 (2010); A. Neacsu and S. Stoica, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **41**, 015201 (2014).
- [SM2013] - S. Stoica and M. Mirea, *Phys. Rev. C* **88**, 037303 (2013).
- [MPS2015] - M. Mirea, T.E. Pahomi, S. Stoica, *Rom. Rep. Phys.* **67** (2015).
1. [HT2009] - J. C. Hardy and I. S. Towner, *Phys. Rev. C* **79**, 055502 (2009)
  2. [W2005] - D.H. Wilkinson, *Nucl. Instr. and Meth. A* **543** (2005) 497
  3. [S1994] - A. Sirlin, in *Precision Tests of the Standard Electroweak Model*, edited by P. Langacker (World Scientific, Singapore, 1994)
  4. [HT2015] - J. C. Hardy and I. S. Towner, *Phys. Rev. C* **91**, 025501 (2015).
- [GK90] K. Grotz, H.V. Klapdor, *The Weak Interaction in Nuclear, Particle and Astrophysics*, IOP, Bristol, 1990.
- [LMP03] K. Langanke, G. Martinez-Pinedo, *Rev. Mod. Phys.* **75**, 819 (2003).
- [SAR05] P. Sarriguren, R. Alvarez-Rodriguez, and E. Moya de Guerra, *Eur. Phys. J. A* **24**, 193 (2005)
- [AE08] F. T. Avignone, S. R. Elliott, and J. Engel, *Rew. Mod.Phys.* **80**, 481 (2008).
- [VES12] J.D.Vergados, H. Ejiri, and F. Šimkovic, *Rep. Prog. inPhys.*, **75**, 106301 (2012).
- [POP2016] Popescu et al 2016, Near-infrared colors of minor planets recovered from VISTA-VHS, *A&A* Volume 591, id.A115, p. 18.
- [LIC2017] Licandro, J., Popescu et al . V-type candidates and Vesta family asteroids in the Moving Objects VISTA (MOVIS) catalogue. *A&A*, **600**, A126.
- [IEV2016] Ieva et al 2016, Spectral characterization of V-type asteroids - II. A statistical analysis, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 455, Issue 3, p.2871
- [BRA2017] Brasil, et al, 2017 Scattering V-type asteroids during the giant planets instability: A step for Jupiter, a leap for basalt, *MNRAS*, Volume 468, Issue 1, p.1236.
- [Stefanucci] G. Stefanucci, and R. van Leeuwen, „Nonequilibrium Many-Body Theory of Quantum System, A Modern Introduction”, Cambridge University Press, Cambridge, 2013.
- [Haug] H. Haug, and A.-P. Jauho: „Quantum Kinetics in Transport and Optics of Semiconductors”, Springer Series in Solid State Sciences 123, 2nd Edition. Springer, Berlin, (2007).
- [Petruccione] H. P. Brauer, F. Petruccione, „The theory of open quantum systems”, Oxford University Press (2007).
- [Haroche] S. Haroche, J. M. Raimond, „Exploring the quantum: Atoms, Cavities and Photons”, Oxford Graduate Texts (2006).

- [VM1] V. Moldoveanu, H. D. Cornean, and C-A. Pillet, Nonequilibrium steady states for interacting open systems: Exact results, Physical Review B **84**, 075464 (2011).
- [VM2] V. Moldoveanu, V. Gudmundsson, A. Manolescu, Transient regime in nonlinear transport through many-level quantum dots, Physical Review B **76**, 085330 (2007).
- [VM3] V. Moldoveanu, I. V. Dinu, R. Dragomir, and B. Tanatar, "Light-hole exciton mixing and dynamics in Mn-doped quantum dots", Phys. Rev. B **93**, 165421 (2016).
- [VM4] V. Moldoveanu, I. V. Dinu, B. Tanatar, C. P. Moca, "Quantum turnstile operation of single-molecule magnets", New Journal of Physics **17**, 083020 (2015).

#### 2.4. Dotări pentru desfășurarea lucrării: .....

##### 2.4.1. Dotări existente:

Cluster cu un total de 100 de nuclee de calcul dintre care 60 sunt distribuiți într-un sistem HP blade G7 cu un total de 576 Gb de memorie RAM și 40 sunt într-un server Dell R730 cu 256 de Gb de memorie RAM. Clusterul este conectat la un sistem de stocare de date cu un total util de 2.1 Tb.

##### 2.4.2. Dotări necesare:

- > 6 servere (cu minim 2 procesoare instalate pe fiecare unitate, procesoare ca sa asigure un numar de minim 32 core de calcul pe fiecare server) (2 /an).....~ 10 000Euro/server
- nod de stocare
- 1 unitate de stocare de tip SSD care sa permita utilizarea serverelor la performante maxime
- 1 unitate de stocare clasica, de tip HDD (7200 r.p.m) pentru a stoca rezultatele pana la replicarea acestora pe nodul de stocare
- switch cu caracteristici de transfer de viteza mare si latentă ultra scazuta (10 Gbps ultralow latency (Dell Force10 sau echivalent\*) ~ 6 000Euro
- sistem conferinta tip video/audio performant

\*Achizitia din primul an sa cuprinda si nodul de stocare si switch-ul

Se va pune astfel baza unui cluster de computing ce va permite dezvoltarea, testarea si calibrarea de coduri de fizica computationally putand totodata testa scalabilitatea (capacitatea codului de a rula pe sisteme de calcul mai mari ) codurilor de fizica computationally.

### 3. SCHEMA DE REALIZARE

3.1. Faze de realizat pe toată durata cercetării:				
Nr. crt.	Luna începere/luna finalizare	Denumire faza	Valoare - lei -	Termen de predare <sup>2</sup>
<b>ANUL 2019</b>				
1.	Ianuarie/iunie	Realizarea unui pachet software performant și multifuncțional pentru analiza datelor multidimensionale rezultate din spectromicroscopie	250000	10 iunie

<sup>2</sup> Nu se prevăd termene de predare în ultimele 2 săptămâni din trimestru și nici mai târziu de 10 decembrie a.c. Data predării la autoritatea de stat pentru cercetare este ulterioară datei de finalizare a fazelor (ex: **dată de predare: 10 decembrie/ data finalizare activități și întocmire proces verbal de avizare internă: maxim 09 decembrie**).

<b>3.1. Faze de realizat pe toată durata cercetării:</b>				
<b>Nr. crt.</b>	<b>Luna începere/luna finalizare</b>	<b>Denumire faza</b>	<b>Valoare - lei -</b>	<b>Termen de predare<sup>2</sup></b>
2.	Iunie/decembrie	Testarea unitaritatii matricii CKM si estimarea elementului $V_{ud}$ prin folosirea unui cod numeric performant de calcul al factorilor spatii de faza.	250000	10 decembrie
SUBTOTAL anul 2019			500000	
<b>ANUL 2020</b>				
3.	Ianuarie/iunie	Testarea invariantei Lorentz din studiul dezintegrării beta duble	275000	10 iunie
4.	Iunie/decembrie	Tutorial pentru metode teoretice avansate în optica cuantica mezoscopica	275000	10 decembrie
SUBTOTAL anul 2020			550000	
<b>ANUL 2021</b>				
7.	Ianuarie/iunie	Tutorial pentru metode teoretice avansate dedicate fenomenelor de transport în sisteme cu dimensionalitate redusa.	300000	10 iunie
8.	Iunie/decembrie	Dezvoltarea unor coduri numerice performante pentru estimarea modificării timpului de viața al muonului sub acțiunea unui laser de mare putere. Tutorial pentru metode teoretice avansate în optica cuantica mezoscopica	300000	10 decembrie
SUBTOTAL anul 2021			600000	
<b>ANUL 2022</b>				
7.	Ianuarie/iunie	Clasificarea spectrofotometrică a unui set de asteroizi bazaltici înregistrați în catalogul MOVIS utilizând un algoritm de clasificare machine-learning.	325000	10 iunie
8.	Iunie/decembrie	Calculul elementelor de matrice nucleare si a factorilor de faza pentru mecanisme exotice in dezintegrarea beta dubla fara emisie de neutrini; Elaborarea unei strategii de dezvoltare a unui cluster performant de calcul pentru programe de formare in tehnici computationale modern si abordarea unor tematici noi, interdisciplinare, de cercetare.	325000	10 decembrie
SUBTOTAL anul 2022			650000	
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>2300000</b>	

<b>3.2. Costuri totale estimative pentru întreaga perioadă (lei), din care:</b>	<b>Anul 2019</b>	<b>Anul 2020</b>	<b>Anul 2021</b>	<b>Anul 2022</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6=2+3+4+5</b>

3.2. Costuri totale estimative pentru întreaga perioadă (lei), din care:	Anul 2019	Anul 2020	Anul 2021	Anul 2022	Total
1	2	3	4	5	6=2+3+4+5
3.2.1. Salarii și contribuții	245000	275000	319000	318000	1157000
3.2.2. Cheltuieli materiale și servicii	5000	5000	5000	5000	20000
3.2.3. Deplasări	0	0	0	0	0
3.2.4. Cheltuieli indirecte (regie)	175000	195000	226000	277000	873000
3.2.5. Cheltuieli de capital	75000	75000	50000	50000	250000
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>500000</b>	<b>550000</b>	<b>600000</b>	<b>650000</b>	<b>2300000</b>

#### 4. RESURSE UMANE <sup>3</sup>

	Total personal:	din care:	
		CD cu studii superioare <sup>4</sup> :	Personal auxiliar:
Echivalent om/luna	480	400	80
Număr	10	5	5

#### 5. REZULTATE ESTIMATE, VALORIFICARE

##### 5.1. Rezultate estimate:

- testarea unitarității matricii CKM și estimarea elementului  $V_{ud}$
- calculul produselor elementelor de matrice nucleare și factorilor spațiu de fază pentru dezintegrarea beta dubla
- testarea invariantei Lorentz din studiul dezintegrării beta duble
- tutorial pentru metode teoretice avansate dedicate fenomenelor de transport în sisteme cu dimensionalitate redusă.
- realizarea unui pachet software performant și multifuncțional pentru analiza datelor multidimensionale rezultate din spectromicroscopie
- modul pentru studierea efectului de blocada Coulombiana.
- program de rezolvare a ecuației Lindblad în vederea studierii dinamicii sistemelor mezoscopice deschise.
- tutorial pentru metode teoretice avansate în optica cuantica mezoscopica.
- modul pentru studiul efectelor de recombinare optica și disipatie în doturi cuantice imersate în nanocavitati.
- program pentru calculul stărilor excitonice și biexcitonice în doturi cuantice
- generalizarea modelului Jaynes-Cummings din optica cuantica la sisteme mezoscopice
- modul pentru calculul splitting-ului Rabi și a stărilor „îmbracate” în optica cuantica mezoscopica.
- determinarea timpului de viață a muonului în prezența unui câmp laser puternic
- elaborarea unui studiu privind configurația unui cluster de calcul performant și liniile directe pentru dezvoltarea acestuia, în cadrul INCDFM-CIFRA care să permită abordarea cu succes a unor tematici noi de cercetare în domeniile științifice și tehnologice.

<sup>3</sup> La proiectele din programul-nucleu participă numai personalul propriu angajat permanent.

<sup>4</sup> Definit conform art. 7 și art. 8 din Legea nr. 319/2003 cu modificările și completările ulterioare

### **5.2. Efecte ale aplicării rezultatelor estimate prin:**

- Pregatirea urmatoarelor generatii de cercetatori in domeniul fizicii in general, al fizicii starii condensate in special
- Realizarea unor pachete educationale utile pentru elevi si studenti

### **5.3. Principalul grup țintă al rezultatelor cercetării:**

- grupuri de cercetatori care lucreaza in domeniile decriptate in proiect. Deoarece in proiect se abordeaza teme de fizica materialelor, fizica atomica si nucleara, astrofizica, fizica neutrinilor, teorie de camp, estimam un larg interes pentru rezultatele obtinute in cadrul acestui proiect atat pe plan national cat si international.
- echipe de utilizatori care lucreaza in domeniile in care vor fi realizate tutoriale/pachete de programe in regim de „open source”.
- grupuri de tineri cercetatori, din tara si strainatate, care vor dori perfectionarea pregatirii lor in domeniile de cercetare ale proiectului.

### **5.4. Efecte socio-economice estimate:**

Pachetele de programe-tutoriale vor fi distribuite în regimul “open source”, deci nu se estimează că va fi comercializat. Însă aceasta va conduce la posibilitatea ca echipele din România să beneficieze de alte dezvoltări ale partenerilor din domeniu pe plan internațional, tot pe principiul “open source”. Principalul rezultat palpabil va fi creșterea prestigiului echipelor din INCDFM-CIFRA, obținerea unui număr important de citări în literatura de specialitate, care deschid posibilitatea cooptării echipelor în multiple colaborări internaționale (proiecte europene sau cu parteneri industriali, etc.)

### **5.5 Modul de diseminare a rezultatelor obținute:**

- cursuri de formare profesionala pe tematicile de cercetare ale proiectului
- pachetele de programe (tutoriale) distribuite în regimul “open source”
- comunicari la conferinte interne si internationale
- organizare de workshop-uri si Scolii de vara internationale

### **5.6 Modul de valorificare a rezultatelor estimate:**

- cresterea vizibilitatii INCDFM-CIFRA prin promovarea și diseminarea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului.
- imbunatatirea pregatirii profesionale a membrilor proiectului si atragerea altor (tineri) cercetatori pentru a lucra in cadrul tematicilor proiectului.
- creșterea eficienței si timpilor de abordare a unor tematici de cercetare si de exploatare experimentale a datelor complexe prin elaborarea unor tutoriale specifice
- publicarea de articole stiintifice in reviste ISI si comunicari la conferinte nationale si internationale
- valorificarea rezultatelor proiectului prin rețeaua de centre UNESCO din care face parte CIFRA
- mentinerea si initierea noi unor colaborari internationale, inclusiv cu grupuri de cercetare din zone dinafara UE.

### **5.7 Protecția proprietății intelectuale:**

Pachetele educationale si tutorialele vor fi protejate prin drepturi de autor.

### **5.8 Aportul rezultatelor obținute prin proiect la îndeplinirea obiectivelor stabilite pentru Programul-nucleu în corelare cu Strategia proprie a instituției, respectiv cu SNCDI 2014-2020:**

Rezultatele obtinute vor duce la indeplinirea obiectivelor INCDFM referitoare la dezvoltarea CIFRA conform Acordului dintre Guvernul Romaniei si UNESCO.

In ceea ce priveste SNCDI 2014-2020, prezentul proiect adreseaza partea de Cercetare Fundamentala, fiind axat mai mult pe modelari teoretice, simulari ale unor spectre experimentale si dezvoltare de pachete de programe pentru calcul numeric dar si pentru formare profesionala/educatie.

## 6. ALTE INFORMATII CARE PROMOVEAZĂ/SUSȚIN PROIECTUL

Centrul Internațional de Pregătire Avansată și Cercetare în Fizică (CIFRA) este o instituție sub egida UNESCO, creată printr-un Acord semnat între Guvernul României și UNESCO, la inițiativa guvernului. Prin acest Acord, Ministerul Cercetării și Inovării este ministerul desemnat să susțină și să monitorizeze activitatea CIFRA. Prezentul proiect poate fi considerat, conform Acordului, un instrument de susținere a Centrului.

CIFRA este singurul centru UNESCO în științe de bază din Balcani, face parte din rețeaua de instituții UNESCO (cca. 70, în toate domeniile), iar proiectul și rezultatele lui vor fi diseminate și utilizate și în cadrul legăturilor directe, existente între aceste instituții. În plus, CIFRA, prin Acord, este partener cu Abdus Salam International Center for Theoretical Physics- Trieste, Centru UNESCO cat. 1, iar acest proiect este un atu important al CIFRA de a-și susține activități de cercetare și formare în parteneriat și cu acest prestigios centru. Succesul acestui parteneriat ar putea face din România un centru regional „donor” de educație și cercetare.

## 7. DECLARAȚIILE SOLICITANTULUI

*Sub sancțiunea descalificării propunerii de proiect, sau după caz, a nulității contractului de finanțare, precum și a consecințelor legale decurgând din furnizarea de date și informații false sau incorecte, declar pe propria răspundere :*

1. Proiectul propus nu a fost, nu este finanțat în cadrul altor programe.

2. Datele și informațiile privind propunerea de proiect sunt reale, exacte, corecte.

<b>Reprezentant legal</b>	
<b>DIRECTOR GENERAL</b>	<b>Responsabil proiect</b>
<i>Nume Prenume</i>	<i>Sabin Stoica</i>
<i>Semnătură</i>	<i>Semnătură</i>
	



## Anexa 1.4. la Structura cadru Program Nucleu

### CURRICULUM VITAE

#### INFORMAȚII PERSONALE

Nume	Stoica Sabin
Adresă(e)	Str. Atomistilor nr. 407, 077125 Bucharest-Magurele, Romania
Telefon(oane)	Fix: 021-4574142 Mobil:0740189698
Fax(uri)	Fax: 021-4574142
E-mail(uri)	Sabin.stoica@cifra.infim.ro
Naționalitate(-tăți)	Romana
Data nașterii	( ziua, luna, anul)

#### EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

Perioada (de la - până la)  
Numele și adresa angajatorului  
Tipul activității sau sectorul de activitate  
Funcția sau postul ocupat  
Principalele activități și responsabilități

(Menționați pe rând fiecare experiență profesională relevantă, începând cu cea mai recentă dintre acestea)

#### EDUCAȚIE ȘI FORMARE

Perioada 1985 - 1988  
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională  
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale  
Tipul calificării / diploma obținută  
Nivelul de clasificare a formei de instruire/ învățământ în sistemul național sau internațional

Doctorat în Fizică Nucleară  
Institutul Central de Fizică, București, România

Fizică Nucleară

Doctor în Fizică  
EQF

Perioada 1972-1977(3 ani cursuri generale + 2 specializare fizica nucleara)

Fizică Nucleară

Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională

Facultatea de Fizică, Unviversitatea București

Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale

Fizică Nucleară

Tipul calificării / diploma obținută

Licenta în Fizică

Nivelul de clasificarea formei de instruire/ învățământ în sistemul național sau internațional

Perioada 1968-1972

Bacalaureat

Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională

Carol I National College Craiova

Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale

Tipul calificării / diploma obținută

Bacaluareat

Nivelul de clasificarea formei de instruire/ învățământ în sistemul național sau internațional

Liceu

#### **APTITUDINI ȘI COMPETENȚE PERSONALE**

dobândite în cursul vieții și carierei dar care nu sunt recunoscute neapărat printr-un certificat sau diplomă

Comunicare, manageriale

Limba(ile) maternă(e)

Română

Limba(ile) străină(e) cunoscută(e)

	Engleză	Franceză
abilitatea de a citi	C2	C1
abilitatea de a scrie	C2	B2
abilitatea de a vorbi	C1	C1

**Aptitudini și competențe artistice**  
Muzică, desen, literatură etc.

Facultativ

<p><b>Aptitudini și competențe și sociale</b>  Locuiți și munciți cu alte persoane, într-un mediu multicultural, ocupați o poziție în care comunicarea este importantă sau desfășurați o activitate în care munca de echipă este esențială. (de exemplul cultură, sport etc.)</p>	<p>Facultativ</p>
<p><b>Aptitudini și competențe organizatorice</b>  De exemplu coordonați sau conduceți activitatea altor persoane, proiecte și gestionați bugete; la locul de muncă în acțiuni voluntare ( de exemplu în domeniul culturale sau sportive) sau la domiciliu.</p>	<p>Am dobândit aptitudini organizatorice deosebite prin experiența în următoarele poziții:  - Directorul Departamentului de Fizică Teoretică (70 de persoane, 50 Doctori) în perioada 2001-2008  - Liderul echipei din România în colaborarea internațională LHCb (16 persoane) - CERN-Geneva 2004-2009  - UNESCO Chair holder (10 persoane) 2010-prezent  - Directorul Centrului de Excelență în Fizică Nucleară (timp de 3 ani)  - Directorul Centrului Internațional pentru Pregătire și Cercetare Avansată în Fizică (CIFRA) (UNESCO cat. II) 2016-prezent</p>
<p><b>Aptitudini și competențe tehnice</b>  (utilizare calculator, anumite tipuri de echipamente, mașini etc.)</p>	<p>Windows, linux, Mathematica</p>
<p><b>Permis(e) de conducere</b></p>	<p>Facultativ</p>
<p><b>Alte aptitudini și competențe</b>  Competențe care nu au mai fost menționate anterior</p>	<p>(Descrieți aceste aptitudini și indicați contextul în care le-ați dobândit)</p>
<p><b>Informații suplimentare</b></p>	
<p>Domenii de interes</p>	<p>Fizică Nucleară și Astrofizică, Fizică la Energii înalte, Fizica Neutronilor, Fizica Astroparticulelor</p>
<p>Contribuții Științifice în:</p>	<p>Dezintegrarea Dublu-beta, Fizică la Energii înalte, Fizica Neutronilor, Fizică Atomică</p>
<p>Publicații</p>	<p>Peste 450 de articole in peer review journals, ~ 9000 de citări excluzând autocitățile; Hirsh index ~ 46 (web of science); Peste 50 de prezentări în seminarii și conferințe internaționale</p>
<p>Proiecte</p>	<p>Director al aproximativ 20 de proiecte naționale și internaționale de cercetare și educație</p>

Stagii de lucru

Am lucrat ca cercetător și profesor invitat în centre de cercetare și universități din străinătate. O listă de selecții este următoarea: University of Tuebingen, University Marie Curie Skodlovska-Liublin, MPI- Heidelberg, L.A.L-Orsay, Centre de Rech. Nucl.-Strasbourg, Tokyo Institute of Technology, Observatoire de la Cote d'Azur-Nice, University of Jyvaskyla, CERN-Geneva; Iowa University; Institute of Nuclear Theory-Seattle; LLNL-Livermore, CMU-Michigan, IAG-University of Sao Paulo.

Lectii invitate/prezentari orale conferinte (selecție după 2002)

- "Int. Conf. on Theoretical Physics (TH2002)", Paris, July 22-27, 2002.
- " Nuclear Structure and Nuclear Reactions" (NSNR03), Dubna, Russia, September 2-6, 2003.
- "Microscopic Nuclear Structure Calculations", Seattle, SUA, September 27 - October 3, 2004.
- "Exotic Nuclei and Nuclear/Particle Astrophysics (I, II, III, IV)", Mamaia, 2005, Sinaia, 2007, 2010, 2012.
- 3rd Joint Meeting of American Physical Society and Physical Society of Japan, October 13-17, 2009, Waikoloa, Hawaii,
- MEDEX, Praga-2013, MEDEX, Praga-2015, MEDEX, Praga2017. - MANPP, Beijing-Aug. 2013.
- Int. Symp. on Phys. of Unstable Nuclei (ISPUN14),
- HoChiMinh-Vietnam- 2014
- 11th Int. Spring Conf. on Nucl. Phys. Ischia-May 2014.
- Int. Conf. on Topics in Astroparticle and Underground Phys.(TAUP2014), Torino-Sept. 2015,
- INPC2016-September, Adelaide, Australia, ICNFP2016, Crete, Greece, July-2016
- NDM2018, Daejeon, Korea. Jun.2018, ICHEP, Seul,Korea, July 2018.

Seminarii invitate (selecție)

- JINR-Dubna (1990);
- Institute of Physics, Univ. M. Curie-Sklodowska, Poland (1991, 1992);
- LEGNARO, Padova, Italy (1991);
- I. P. N., Orsay, France, (1992);
- CEA, Saclay, Div. Phys. Theorique (1992);
- C.E.A., Centre d'Etudes Bruyeres le Chatel, France (1992);
- C.R.N., IN2P3, Bordeaux, France (1993);
- Max-Plank-Institut, Heidelberg, Germany, (1993, 1994, 1995, 1998, 1999, 2000);
- GSI-Darmstadt (Germany) (1994);
- ECT\*, Trento, Italy (dec. 1992);
- Nucl. Research Center, Osaka and Tokyo Institute of Technology, Japan (1995);
- Observatoire de la Cote d'Azur, Nice (1996, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003);
- Univ. Jyvaskyla (1996);
- Institute of Astronomy and Geophysics, Univ. of Sao Paulo, Brasil (2000, 2004);
- Federal University of Rio de Janeiro, Brasil (2000);
- Univ. Iowa, SUA (2001, 2003);
- Centre de la Physique de Particules, Marseille (2003);
- Cyclotron Institute, Univ. Texas A&M (2004),
- Lawrence Livermore National Laboratory, US, July 2006;
- LAL-Orsay-2012; CERN-Jan. 2013; Inst. of Phys, Hanoi-Nov. 2014
- Observatoire de la Cote d'Azur, Nice, June 2016,
- University of Zurich, Sept.-2016.

Onoruri și Premii

- Premiul Academiei Române pentru Fizică, în anul 1996

- 1. Stoica, S;** Mihut, I: Nuclear structure calculations of two-neutrino double-beta decay transitions to excited final states Nucl. Phys. A **602**, 197 (1996) – **31** citations, including Ann. Rev. Nucl. Part. Science, Phys.Rep. (2), Phys.Rev.Lett., Phys.Lett.B, Phys.Rev.C(4), J.Phys.G, Chinese Phys.Lett., Nucl.Phys.A(3), Eur.J.Phys.A, etc.
- 2. Stoica, S:** Half-lives for  $2\nu\beta\beta$  transitions to 1st  $2^+$  excited states, Phys. Rev. C **49**, 2240 (1994)- **31** citations, including Phys.Rep.(2), At.Data&Nucl.Data Tab., Phys.Lett.B(2), Phys.Rev.C(2), Eur.J.Phys.A(2), J.Phys.G(3), Nucl.Phys.A(3), etc.
- 10. Stoica, S.:**  $2\nu\beta\beta$  half-lives of  $^{96}\text{Zr}$  and  $^{100}\text{Mo}$  to excited states of  $^{96}\text{Mo}$  and  $^{100}\text{Ru}$ , Phys. Lett. B **350**, 152 (1995) – **26** citations, including Rev.Mod.Phys., Phys.Rep., Nucl.Data Sheets, At.Data&Nucl.Data Tab., Chinese Phys.Lett., Phys.Lett.B, Phys.Rev.C (3), Nucl.Phys.A(2), etc.

Anexe

(Enumerați documentele anexate CV-ului, dacă este cazul)

