

II. RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

2015

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

1. Titlu proiect

METODE COMPUTATIONALE IN INVESTIGAREA STIINTIFICA A SPATIULUI
(COMPUTATIONAL METHODS IN SCIENTIFIC INVESTIGATION OF SPACE)
COMISIS

2. Obiective generale/specifice proiect

Cercetarile fundamentale din fizica teoretica si astrofizica ofera noi metode computationale care pot fi aplicate intr-un spectru larg de domenii ale stiintelor si tehnologiei spatiale. Obiectivul principal al proiectului COMISIS consta in studierea si dezvoltarea acestor tehnici in vederea aplicarii lor in trei directii. Prima dintre ele este dedicata evidentierii posibilelor noi efecte si masuratori cu ajutorul carora se pot testa teorii si modele alternative in astrofizica. Cea de-a doua directie se concentreaza asupra diagnosticarii plasmei solare si spatiale. Partea a treia a proiectului este dedicata metodelor semi-analitice in studiul stabilitatii dinamice a zborului spatial supus constrangerilor.

Proiectul este realizat de un consortiu format din trei parteneri: Universitatea de Vest din Timisoara in calitate de coordinator (CO), Universitatea din Craiova (partenerul P1) si Universitatea "Babes-Bolyai" Cluj-Napoca (partener P2). Activitatile din proiect, atat cele stiintifice cat si cele administrative-manageriale si de promovare sunt repartizate in cinci pachete de lucru (WP1...WP5) continand obiectivele si task-urile repartizate celor trei parteneri.

3. Nr. etapa / Denumire etapa

Etapa II: Verificarea ipotezelor

4. Obiective etapa

Activitate II.1: Modele cosmologice si masurari spatiale

WP1: task 1.2, task 1.3

Activitate II.2: Plasmă radiative in camp magnetic stochastic

WP2: task 2.3, task 2.4

Activitatea II.3: Algoritmi pentru orbite haotice si regulate

WP3: task 3.3, task 3.4

5. Rezultate planificate etapa

Rezultatele planificate pentru aceasta etapa sunt descrise in pachetele de lucru corespunzatoare si in lista de derivabile si corespund celor din descrierea obiectivelor din proiect si anume:

- Lucrari stiintifice publicate sau in curs de publicare si/sau prezentate la manifestari stiintifice;
- Software pentru ecuatii de flux (D.1.2);
- Diagnosticul producerii structurilor magnetice avand la baza oscilatiile proprii ale plasmei (D.2.2);
- Raport cu privire la controlul haotic al dinamicii in medii turbulente (D.3.3)
- Diferitele activitati si produse legate de promovare si managementul proiectului (WP4, WP5);

6. RST - raport stiintific si tehnic in extenso - maxim 20 pagini pentru etapa intermediara

6.1. Rezumatul etapei

In cadrul acestei etape a contractului echipele de cercetare de la cei trei parteneri au abordat, conform pachetelor de lucru si task-urilor aferente urmatoarele teme descrise pe scurt :

- Factorii de forma ai fermionilor emisi la energii mici de catre o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter
- Studiul miscarii geodezice a obiectelor in cimp gravitational intens
- Noi moduri cuantice pentru fermionii masivi in campul gravitational al unei gauri negre multidimensionale
- Simetrii si supersimetrii in relativitatea generala
- Sisteme accelerate in spatii-timp de Sitter
- Tachyoni pe spatii timp de Sitter
- Interactiunea dintre campul scalar incarcat si campul Maxwell pe spatiul-timp de Sitter
- Extinderea teoriei semi-analitice a lui Draper pentru studiul stabilitatii orbitei unei navete spatiale;
- Dezvoltarea unor aplicatii ale teoriei stabilitatii in studiul miscarii in atmosfera turbulenta
- realizarea unei distinctii observationale intre stelele formate prin condensare Bose-Einstein si stelele neutronice, prin studiul discurilor subtiri de acretie ale acestora.
- s-au analizat teoretic, prin simulari si observational fenomene astrofizice de tip eruptii solare, caracteristici statistice ale curbelor de lumina din discurile de acretie, exploziile de raze gamma, etc.
- s-au realizat simulari (codul Flash 3D) ale comportarii undelor de tip kink rapide generate in bucele coronale de perturbatii de tip flare (EIT), in prezenta fenomenului de racier radiativa.
-

6.2. Descrierea stiintifica si tehnica a activitatilor si rezultatelor etapei a II-a

Activitati realizate de coordonator (CO)

Studiul miscarii geodezice a obiectelor in cimp gravitational intens

Cercetarea de fata si-a propus investigarea utilizind tehnici de simulare pe computer a miscarii diferitelor obiecte (sateliti, planete, stele, etc) in cimpuri gravitationale (al pamintului, soarelui, diferitelor stele sau gauri negre supermasive) in contextul relativitatii generale clasice sau a teoriilor alternative. Pentru aceasta am construit un set de rutine pentru platform Maple folosind pachetul GrTensorII si facilitatile grafice si de calcul numeric incluse in platform Maple.

Am investigat miscarea pe geodezica (altfel numita "cadere libera" in conditiile unei solutii exacte a ecuatiilor Einstein (in teoria relativitatii generale sau in teoriile alternative) de tip Schwarzschild – masa-sursa sferica sau punctiforma si simetrie sferica a cimpului. S-au studiat traiectoriile unei jerbe de particule lansate dintru-un punct in diferite directii si cu diferite viteze. Am reprezentat graphic aceste traiectorii prin rezolvarea numerica a ecuatiilor geodezicilor direct fara clasicele schimbari de variabile si aproximatii folosite in textele despre miscarea in cimp central. Aceasta a fost posibil

datorita facilitatilor numeric-grafice ale platformei Maple. Ilustram citeva acestea prin figurile alaturate.

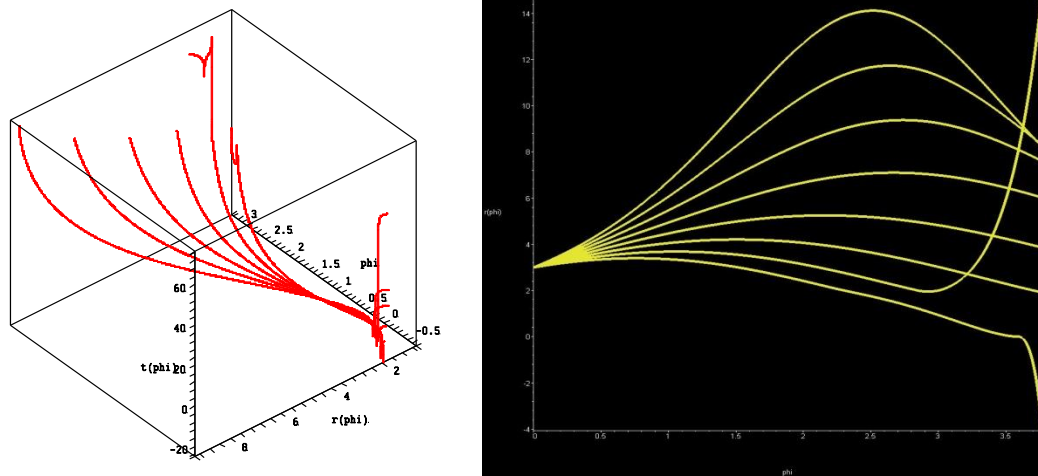


Figura de mai sus reprezinta un set de traiectorii in cimp gravitational de tip Schwarzschild in coordonate sferice si timp obtinuta cu comanda DEPLOT3D din pachetul DETools inclus in Maple care permite rezolvarea in regim graphic a unui set = system de ecuatii diferentiale si reprezentare grafica directa a solutiilor. In plus am folosit pachetul GrTensorII pentru introducerea metricii corespunzatoare spatiu-timpului – solutie exacta a ecuatiilor de cimp intr-o geometrie riemanniana.

In continuarea acestui tip de investigatii vom studia acest tip de traiectorii in diferite tipuri de metrici cu simetrie sferica si in teorii alternative de gravitatie (cu torsiune, cu cimp scalar, etc_ pentru evidentierea unor posibile diferente ce ar putea fi masurate astrofizic. Cercetarile din aceasta tema au fost incluse intr-o lucrare trimisa spre publicare [12]

Factorii de forma ai fermionilor emisi la energii mici de catre o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter

In continuare discutam problema “factorilor de forma” (greybody factors) care caracterizeaza radiatia Hawking emisa sub forma de fermioni de catre o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter (SdS). Pentru determinarea acestor factori ne folosim de metodele propuse de Unruh si dezvoltate ulterior si de catre alti autori. Pe scurt principiul metodei consta in urmatoarele: fiind data o geometrie spatiu-timp caracteristica unei gauri negre se va scrie mai intai ecuatia care descrie campul considerat (in cazul de fata ecuatia Dirac) in aceasta geometrie, urmand apoi sa se rezolve aceasta ecuatie in anumite regiuni specific ale geometriei. Mai exact datorita formei complicate a ecuatiei, aceasta nu poate fi rezolvata analitic exact pe toata varietatea diferentiala astfel incat suntem fortati sa recurgem la unele aproximatii ale ecuatiei care sunt valabile doar in unele regiuni ale geometriei considerate cum ar fi regiunea din imediata vecinatate a gaurii negre si regiunea care se afla la distanta foarte mare de gaura neagra (in zona asimptotica). Avand solutii ale ecuatiei in aceste doua regiuni urmatorul pas consta in “potrivirea” acestora intr-o zona de mijloc, “potrivire” in urma careia putem determina relatii intre coeficientii caracteristici celor doua solutii si din relatia de conservare a fluxului putem la final sa calculam valoarea “factorilor de forma”.

In urma analizei noastre am gasit ca la energii mici “factorii de forma” caracteristici fermionilor emisi de catre o gaura neagra SdS iau valori constante pentru un moment cinetic total dat. Acelasi comportament a fost raportat in diferite studii si in cazul emisiei de particule scalare. De asemenea

analiza noastra releva o crestere a spectrului energiei emise la o crestere a valorii constantei cosmologice.

In cele ce urmeaza vom prezenta pe scurt detaliile tehnice ale studiului nostru.

Tensorul metric care descrie geometria unei gauri negre SdS are urmatoarea forma:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2M}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right) dt^2 - \left(1 - \frac{2M}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)^{-1} dr^2 - r^2 d\Omega_2^2$$

Ecuatia Dirac in gauge-ul Cartezian se poate scrie in final ca:

$$\begin{pmatrix} m\sqrt{h(r)} & -h(r)\frac{d}{dr} + \frac{k}{r}\sqrt{h(r)} \\ h(r)\frac{d}{dr} + \frac{k}{r}\sqrt{h(r)} & -m\sqrt{h(r)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{\varepsilon,k}^+(r) \\ F_{\varepsilon,k}^-(r) \end{pmatrix} = \varepsilon \begin{pmatrix} F_{\varepsilon,k}^+(r) \\ F_{\varepsilon,k}^-(r) \end{pmatrix}$$

unde am notat cu $F_{\varepsilon,k}^{\pm}(r)$ componentele radiale ale spinorilor Dirac, m este masa fermionului, ε energia sa, iar k este numarul cuantic caracteristic momentului cinetic total. Expresia lui $h(r)$ este:

$$h(r) = 1 - \frac{2M}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2$$

Acest system de ecuatii poate fi redus la o singura ecuatie diferentiala de ordinal 2 si anume:

$$\frac{d^2 F^+}{dx^2} + \left[\varepsilon^2 \left(\frac{1 - \lambda\sqrt{h}}{1 + \lambda\sqrt{h}} \right) + \frac{d}{dx} \left(\frac{k\sqrt{h}}{(1 + \lambda\sqrt{h})r} \right) - \frac{k^2 h}{(1 + \lambda\sqrt{h})^2 r^2} \right] F^+ = 0$$

Solutiile acestei ecuatii in imediata vecinatate a orizontului gaurii negre (r_b), respectiv in vecinatatea orizontului cosmologic r_c sunt date de:

$$F_b^+ \approx A^{tr} e^{-i\varepsilon p \ln h}$$

$$F_c^+ \approx A^{in} e^{-i\varepsilon q \ln h} + A^{out} e^{+i\varepsilon q \ln h}$$

Punand conditia ca aceste doua solutii sa coincidă intr-o zona mediana aflata intre cele doua orizonturi (procedeu care poate fi facut doar in cazul energiilor mici) vom obtine la final expresia “factorilor de forma” caracteristici radiatiei Hawking fermionice pentru o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter:

$$\Gamma_j(\varepsilon) = 1 - \left(\frac{p\beta_c - q\beta_b}{p\beta_c + q\beta_b} \right)^2$$

unde p, q , respectiv β_b si β_c sunt termini constanti care depind de raza orizontului cosmologic si de raza orizontului gaurii negre (forma lor exacta poate fi consultata in lucrarea indicate la sfarsitul prezentrului raport). Cunoscand greybody factors putem sa calculam spectrul energiei emise dat de

$$\frac{dE}{d\varepsilon} = \frac{1}{2\pi v^2} \sum_j (2j+1) \frac{\varepsilon \Gamma_j}{\exp(\frac{\varepsilon}{T_H} + 1)}$$

ezultatele pot fi sintetizate in urmatoarele grafice:

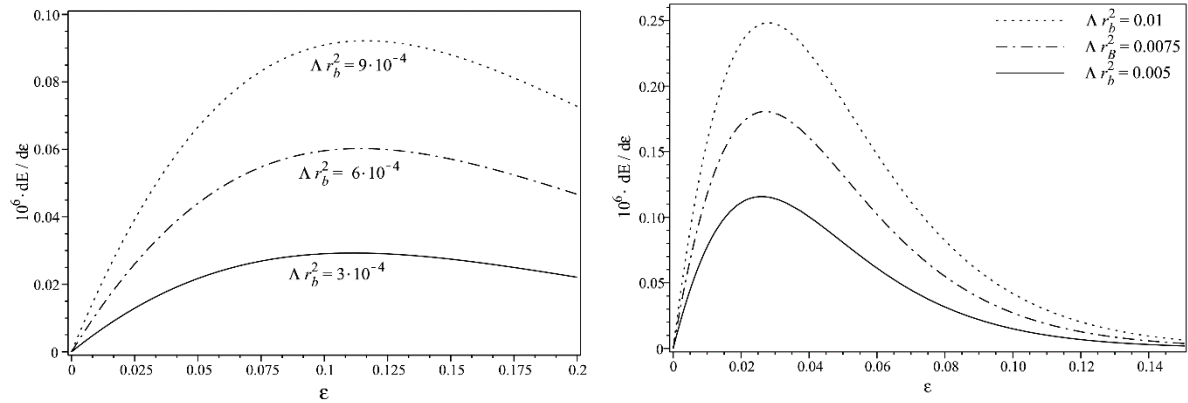


Fig. 1: Spectrul energiei emise sub forma de fermioni de catre o gaura neagra SdS

Aceste rezultate fac obiectul unei lucrari care a fost trimisa spre publicare [1]

Noi moduri cuantice pentru fermionii masivi in campul gravitational al unei gauri negre multidimensionale

In cele ce urmeaza vom prezentam noi solutii ale ecuatiei Dirac scrisa in geometria unei gauri negre Schwarzschild multidimensionale. In abordarea noastra ne folosim de gage-ul Cartezian propus pentru prima data in lucrarile Prof. Cotaescu. Rezultatele noastre sunt obtinute in cadrul teoriilor ADD care presupun existenta mai multor dimensiuni spatiale. Aceste teorii pornesc de la premiza ca campurile cuantice caracteristice Modelului Standard traiesc doar in spatial 4-dimensional observabil obisnuit, pec and in extra-dimensiunile spatiale doar gravitatiea si eventual campurile scalare se pot propaga.

Ecuatia Dirac se reduce la un system de ecuatii diferentiale cuplate pentru functiile d eunda radiale (system asemanator cu cel descries in paragraful anterior). Datorita complexitatii ecuatiilor vom putea sa le rezolvam analitic exact doar in imediata vecinatate a gaurii negre, respective in zona asimptotica, zone in care ecuatiile se reduc considerabil.

In zona din imediata vecinatate a gaurii negre am gasit urmatoarele moduri Dirac:

$$\begin{aligned} \hat{f}_{nh}^+ &= \frac{1}{\sqrt{x}} C_1 M_{\alpha,\beta}(i\gamma x^2) + \frac{1}{\sqrt{x}} C_2 W_{\alpha,\beta}(i\gamma x^2) \\ \hat{f}_{nh}^- &= \left(\frac{x}{2}p + \frac{1}{2}q\right) \left[\frac{1}{\sqrt{x}} C_1 M_{\alpha,\beta}(i\gamma x^2) + \frac{1}{\sqrt{x}} C_2 W_{\alpha,\beta}(i\gamma x^2) \right] \\ &\quad - \frac{1}{x} \frac{i\sqrt{n+1}}{k-i\mu} \left[\left(\frac{1}{2} + \alpha + \beta\right) \frac{1}{\sqrt{x}} C_1 M_{\alpha+1,\beta}(i\gamma x^2) - \frac{1}{\sqrt{x}} C_2 W_{\alpha+1,\beta}(i\gamma x^2) \right] \end{aligned}$$

In cazul solutiilor din zona asimptotica, acestea se reduc la combinatii de functii Bessel

$$\begin{aligned} f_a^+ &= \sqrt{\varepsilon + \mu} \left[ax J_{k+\frac{1}{2}}(vx^2) + bx Y_{k+\frac{1}{2}}(vx^2) \right] \\ f_a^- &= \sqrt{\varepsilon - \mu} \left[ax J_{k-\frac{1}{2}}(vx^2) + bx Y_{k-\frac{1}{2}}(vx^2) \right] \end{aligned}$$

Acest studiu poate fi continuat cu cercetarea secțiunii de absorbție pe o astfel de gaură neagră și apoi studiata radiația Hawking emisă prin evaporarea găurii negre.

Aceste rezultate fac obiectul unei lucrări care a fost deja publicată [2]

Simetrii și supersimetrii în relativitatea generală

Prima temă a fost inițiată de colectivul nostru cu câțiva ani în urmă reprezentând o direcție de sine statătoare în cadrul teoriilor cuantice de câmp pe spații timp curbate. Spre deosebire de alte metode, în această abordare se consideră câmpuri cuantice cuantificate canonic care se transformă la izometrii după reprezentările covariante descoperite de Nachtmann în cazul de Sitter și generalizate de noi pentru orice spațiu timp curbat (fără torsiune).

Până acum am construit cu această metodă câmpurile cuantice scalar, Dirac, Maxwell și Proca pe spațiul timp de Sitter determinând forma generatorilor reprezentărilor covariante în spațiul configurațiilor. Dar, în cazul acestei geometrii există impulsuri astfel încât se pune problema determinării formei generatorilor reprezentărilor covariante și în reprezentarea impulsurilor. Cazul câmpului scalar a fost rezolvat de Nachtmann, rămânând de studiat câmpurile cu spin. De aceea în lucrarea [3] am analizat reprezentarea spinorială covariantă în impulsuri.

Principalele rezultate sunt: determinarea formei concrete a generatorilor algebrei $sp(2,2)$ în impulsuri, calculul operatorului Pauli-Lubanski și a operatorilor Casimir. Cu ajutorul acestora am arătat că operatorii de creare și anihilare particulă și antiparticulă se transformă după reprezentări unitare ireductibile din seria principală determinate complet de masă și spinul particulei. Am regăsit astfel o conjunctură similară teoriei Wigner din relativitatea restrânsă care se poate generaliza, în mod neașteptat, la spațiul timp de Sitter.

Sisteme accelerate în spații-timp de Sitter

Singurele sisteme accelerate relativiste studiate până acum au fost date de transformarea Rindler în relativitatea restrânsă, adică pe spațiul plat Minkowski. Ne-am pus problema cum se poate generaliza această transformare în cazul geometriei de Sitter astfel încât să descrie în mod coerent sistemele accelerate pe această varietate. Problema este delicată pe porțiunea în expansiune deoarece accelerația interfere cu expansiunea naturală de Sitter. Cu toate acestea, în [4] se rezolvă complet problema, atât pentru cazul unidimensional cât și pentru un număr arbitrar de dimensiuni, astfel încât în limita plată să se regăsească transformarea Rindler din relativitatea restrânsă.

Pentru rezolvarea acestei probleme s-a folosit teoria reprezentărilor covariante în versiunea reprezentărilor induse care a permis determinarea transformării de coordonate de la sistemul static la cel accelerat și regulile de transformare ale marimilor conservate. Astfel s-a arătat că energia de accelerate pe spațiul timp de Sitter este similară cu cea din cazul plat. Astfel sunt create toate condițiile pentru studiul efectului Unruh pe porțiunea în expansiune a spațiului timp de Sitter.

Tachyoni pe spații timp de Sitter

Aceasta este o temă nouă care nu a mai fost abordată până acum datorită dificultăților de studiu a mișcării pe spațiul timp de Sitter. Lucrarea [7] reprezintă un început în care se pun în evidență dificultățile teoretice majore produse de tachyoni văzuți ca particule clasice. Se arată că aceștia nu pot

traie pe varietati de Sitter decat perioade de timp restrictionate ceea ce ar putea avea consecinte deosebite de impotante in cosmologie, mai ales in modelele inflationiste.

Interactiunea dintre campul scalar incarcat si campul Maxwell pe spatiul-timp de Sitter [8]

Am studiat in geometria de Sitter teoria de interactiune dintre campul scalar incarcat si campul electromagnetic tinand cont de formalismul general al electrodinamicii cuantice din spatiul Minkowski. Admitand cuplajul minimal am dedus ecuatiile pentru campurile aflate in interactiune. Apoi am construit campurile in-out cu ajutorul carora am studiat formalismul de reducere. In final folosind teoria perturbatiilor am stabilit forma amplitudinilor de tranzitie in diferite ordine ale teoriei de perturbatii. Teoria generala a electrodinamicii scalare pe geometria de Sitter permite studiul fenomenelor de productie de particule ca de exemplu: productie de particule scalare in prezenta unui camp coulombian si productia din vid a tripletului: particula scalara, antiparticula scalara si un foton. Pentru studiul acestor procese am folosit solutiile ecuatiilor Klein-Gordon si Maxwell pe spatiul de Sitter precum si expresia potentialului extern care produce campul coulombian in aceasta geometrie. Solutia campului scalar in baza impulsului depinde de functiile Hankel de ordinal intai si doi, iar in cazul campului electromagnetic determinarea solutiei se face tinand cont de invarianta conforma a ecuatiilor Maxwell. Folosind teoria electrodinamicii scalare pe spatiul de Sitter, am fost capabili sa facem calcule exacte cu solutiile ecuatiilor de camp fara a folosi nici un fel de aproximatii.

Am studiat problema productiei de particule scalare masive in camp extern (camp coulombian) in geometria de Sitter. Forma potentialului electromagnetic extern a fost stabilita tinand cont de invarianta conforma. Aceasta inseamna ca la o transformare conforma forma ecuatiilor Maxwell nu se modifica. Astfel potentialele vor diferi de cele din spatiul Minkowski doar printr-un factor. In procesul de productie de particule scalare in camp coulombian o consecinta fizica importanta a rezultatelor noastre este aceea ca impulsul nu se conserva. Neconservarea impulsului este datorata prezentei campului extern in geometria de Sitter, deoarece aceasta geometrie este invarianta la translatiile spatiale, ceea ce inseamna ca in absenta unui camp electromagnetic extern procesele de productie de particule au loc intodeauna cu conservarea impulsului. Datorita faptului ca rezultatul final al probabilitatii de tranzitie depinde doar de impulsurile particulelor create si de raportul masa/factor de expansiune, am putut sa studiem graficul probabilitatii in functie de raportul (masa particulei/factor de expansiune) pentru valori date ale impulsurilor particulelor. Rezultatele grafice arata ca productia de particule poate avea loc doar in campuri gravitationale tari (factor de expansiune mare), iar pentru un factor de expansiune mic probabilitatea de productie este zero, aceste procese fiind interzise in teoria din spatiul Minkowski datorita conservarii simultane a energiei si impulsului. De asemenea forma finala a probabilitatii ne-a permis abordarea problemei separarii materiei de antimaterie. Calculele noastre arata ca in cazul in care unghiul dintre impulsurile particulelor produse este π probabilitatea este maxima ceea ce inseamna ca in aceasta situatie particulele se pot separa. Insa in cazul in care unghiul dintre impulsuri este zero, ceea ce inseamna ca particulele se pot anihila in vid, probabilitatea de productie este minima. Un alt rezultat care merita sa fie mentionat este ca impulsurile particulelor produse sunt mici, acestea fiind procesele cele mai probabile deoarece in limita impulsurilor mari probabilitatea se anuleaza.

Am studiat si procesul in care vidul de Sitter genereaza tripletul particula scalara, antiparticula scalara si un foton. In acest proces impulsul se conserva deoarece nu exista campuri externe care sa determine abateri de la legile de conservare ale impulsului. Am calculat si in acest caz amplitudinea de tranzitie si probabilitatea de tranzitie. Calculele au fost facute folosind definitia amplitudinii de tranzitie in ordinal intai al teoriei de perturbatii in care am inlocuit solutiile ecuatiilor Klein-Gordon si

Maxwell, acestea fiind scrise in baza impulsului in geometria de Sitter. Rezultatele analitice au fost apoi studiate grafic in functie de raportul (masa particulei/factor de expansiune) atunci cand valoarea impulsurilor este data. Rezultatele grafice arata ca probabilitatea de tranzitie este diferita de zero doar in cazul in care factorul de expansiune este mare, adica in camp gravitational puternic. Si in acest caz se obtine limita Minkowski, probabilitatea de tranzitie anulandu-se in limita factorului de expansiune mic. In concluzie putem spune ca metoda perturbativa este utila pentru studiul fenomenelor de productie de particule doar in campurile gravitationale tari sau factor de expansiune mare ceea ce corespunde Universului timpuriu. Este important de mentionat ca acest rezultat este in concordanta cu alte rezultate obtinute pana acum in literatura de specialitate.

Activitati realizare de partenerul (P1)

Pe parcursul etapei II de desfasurare a proiectului COMISIS (decembrie 2014 – noiembrie 2015) membri echipei de cercetare de la UCV au fost implicati in numeroase activitati legate de obiectivele propuse in proiectul COMISIS. Aceste activitati au fost atat de cercetare, cat si cu caracter educational, de promovare a stiintelor spatiale in mediul academic si in randul tinerilor.

Vom prezenta mai intai cateva dintre rezultatele cu caracter pur stiintific obtinute in activitatea de cercetare si valorificate prin publicarea de articole in reviste recunoscute sau prin prezentari in cadrul unor conferinte internationale de prestigiu. Tematica principala pe care cercetatorii de la UCV au abordat-o in perioada aceasta a fost in principal cuprinsa in Pachetul de lucru WP3, *Semi-analytical methods in studying the stability of constrained space flight dynamics*.

In cadrul acestei directii de cercetare, principalele obiective propuse in aplicatie sunt urmatoarele:

- Extinderea teoriei semi-analitice a satelitilor a lui Draper pentru studiul stabilitatii orbitei unei navete spatiale.
- Dezvoltarea unor aplicatii specifice ale teoriei stabilitatii in studiul miscarii in atmosfera turbulenta.

Dintre cele patru sarcini de lucru (tasks) care au fost asumate pentru pachetului de lucru WP3, Partenerul 1 (UCV) a avut implicari importante la trei dintre ele:

1) O prima sarcina de lucru asumata (*Task 3.1*) este de a dezvolta un algoritm care sa permita studiul stabilitatii satelitilor supusi, in miscare lor pe orbita, actiunii unor forte perturbatoare diferite. Asa cum a fost propus in aplicatie, aceasta tema de cercetare este abordata de colectivul de la UCV in colaborarea cu compania CS Romania, in calitate de subcontractor, si presupune utilizarea unei biblioteci (open-source software) de dinamica spatiala, Orekit, biblioteca dezvoltata de compania mama a partenerilor mentionati, *CS Systemes d'Information*. **In aceasta a doua etapa a proiectului, firma CS Romania S.A. a extins biblioteca de softuri Orekit, introducand noi forte perturbatoare, modelate software, fiind necesara descrierea unui nou pachet software in cadrul bibliotecii Orekit.** Datele rezultate in urma propagarii satelitului utilizand biblioteca Orekit, au fost folosite pentru comparatii; s-au comparat valorile parametrilor orbitali in cazurile prezentei si absentei fortelor perturbatoare. Grafice comparative dau o imagine a efectului acestor forte asupra stabilitatii orbitei si a vitezei satelitului.

2) O a doua sarcina de lucru care a fost urmarita pe parcursul activitatii de cercetare din aceasta etapa a constat in studiul cu metode semi-analitice a dinamicii in medii turbulente (*Task 3.2*). Ecuatiile de evolutie care descriu astfel de sisteme sunt puternic neliniare si ca urmare sunt dificil de rezolvat analitic. Ele descriu comportamente de tip haotic, existand insa cazuri in care dinamica este caracterizata prin orbite regulate (periodice). Problema principala pe care studiul unor astfel de sisteme o ridica este

aceea a identificării parametrilor din sistem care generează orbite regulate, precum și modalitatea în care se poate realiza controlul haosului.

3) O a treia direcție de cercetare în care colectivul de la UCV a fost implicat s-a referit la „Metoda simetriilor și soluții de similaritate pentru ecuațiile de evoluție neliniare întâlnite în dinamica atmosferică”(Task 3.4). Cercetătorii implicați în proiect și-au propus un transfer metodologic către dinamica în atmosfera turbulentă a unor tehnici de control al haosului utilizate în fizica plasmei. Teoria grupurilor de simetrie Lie și procedeul reducerii de similaritate sunt principalele instrumente care permit acest transfer. Vom detalia în continuare unele dintre contribuțiile efective pe aceste trei direcții, contribuții cuprinse în lucrări științifice publicate sau comunicate de membri echipei de cercetare de la UCV în perioada analizată.

- Firma *CS Romania S.A.*, în calitate de subcontractor, a efectuat în 2015 a doua parte a activității de extindere a bibliotecii de softuri Orekit, *Task 3.1*: „Dezvoltarea unui algoritm pentru studiul stabilității sateliților în prezența unor forțe perturbative mici”. Mai exact, pe baza modelului teoretic pentru stabilitatea sateliților la perturbatii mici, s-a extins biblioteca Orekit; acest lucru s-a bazat pe teoria “Draper Semi-analytical Satellite Theory (DSST)” inițiată în anii ’70 de către Paul Cefola și colaboratorii săi în Statele Unite. Orekit este o bibliotecă software elaborată de către Communications & Systems (CS), Toulouse; biblioteca implementează teoria DSST și permite dezvoltarea de propagatori numerici și semianalitici pentru traiectoriile satelitare.

În cadrul bibliotecii Orekit traiectoriile satelitare se exprimă atât în coordonate carteziane cât și cu ajutorul elementelor kepleriene sau echinoptiale. Teoria DSST utilizează însă doar elementele echinoptiale. Calculul valorilor osculatorii (care caracterizează traiectoria “adeverată” la un moment dat) se realizează prin însumarea valorilor medii și valorilor de perioadă scurtă. La rândul lor, valorile medii se calculează prin integrarea unor ecuații diferențiale, iar valorile de perioadă scurtă se calculează cu serii Fourier. S-au folosit în cadrul studiului atât forțe perturbatoare care sunt deja modelate în cadrul bibliotecii Orekit dar și noi forțe, modelate software de către firma CS Romania S.A. Pentru acestea din urmă a fost necesară descrierea unui nou pachet software în cadrul bibliotecii. Datele rezultate în urma propagării sateliților utilizând biblioteca Orekit, au fost folosite pentru comparații; s-au comparat valorile parametrilor orbitali în cazurile prezentei și absenței forțelor perturbatoare. Grafice comparative dau o imagine a efectului acestor forțe asupra stabilității orbitei și a vitezei sateliților.

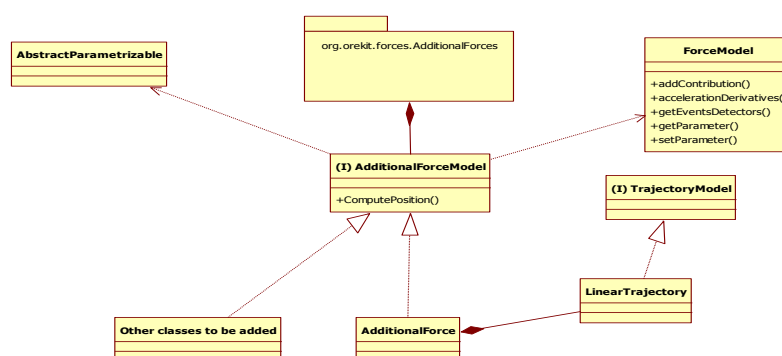


Figura 1 - Structura noului pachet org.orekit.forces.AdditionalForces

Biblioteca Orekit nu conținea, în versiunea sa oficială, structuri de date, clase, pachete software etc. care să permită introducerea în cadrul studiului a altor forțe decât cele menționate mai înainte. Firma CS Romania S.A a realizat modelarea și implementarea unor forțe care se manifestă pe o perioadă scurtă de timp și care să fie diferite de forțele asociate manevrelor; s-a introdus astfel un nou pachet software în cadrul bibliotecii, care să fie dedicat acestor tipuri de forțe. Noul pachet va fi “**org.orekit.forces**.”

AdditionalForces”. Arhitectura lui este prezentata in Figura 1. Noile forte au fost modelate prin intermediul interfetei **AdditionalForceModel** care mosteneste caracteristicile generale descrise de interfata **ForceModel** a bibliotecii Orekit. Dintre metodele noi ale interfetei **AdditionalForceModel** amintim “computePosition” care calculeaza pozitia unui corp ceresc (asteroid, cometa etc.) a carei traiectorie si pozitie pot fi, la un moment dat foarte aproape de satelit. Traiectoriile corpurilor sunt modelate prin intermediul interfetei **TrajectoryModel**. In clasa **AdditionalForce**, care implementeaza **AdditionalForceModel**, se modeleaza *treccrea unui asteroid aproape de satelit*. Actiunea acestei forte va avea o durata limitata. S-a considerat ca o portiune din traiectoria acestui corp poate fi aproximata, in apropierea satelitului, printr-o linie dreapta (**clasa LinearTrajectory**).

Codul sursa al bibliotecii este alcatuit din interfete si clase care, impreuna, dau posibilitatea definirii fortelor aditionale pentru biblioteca Orekit. Interfata **AdditionalForceModel** reprezinta «modelul» pentru orice forta aditionala pentru biblioteca Orekit. Clasa **AsteroidForce** este clasa care modeleaza forta perturbatoare asociata unui asteroid. Interfata **TrajectoryModel** este interfata care da posibilitatea modelarii traiectoriilor noilor corpuri ceresti. Clasa **LinearTrajectory** este clasa corespunzatoare unei traiectorii liniare. Pentru testare, parametrii keplerieni care definesc traiectoria satelitului sunt: 1) semi-axa mare a elipsei (km); 2) excentricitatea elipsei (valoare intre zero si unu); 3) unghiul de inclinare al planului elipsei fata de planul ecuatorial; 4) argumentul periapsei (radiani); 5) unghiul nodului ascendent (radiani); 6) anomalia medie (radiani).

S-au reprezentat grafic valorile principalilor parametri cu culori diferite pentru cazul traiectoriei simulate fara prezenta fortei perturbatoare a asteroidului si in prezenta fortei perturbatoare. In ambele situatii, fortele perturbatoare cunoscute si deja prezente in biblioteca Orekit sunt luate toate in considerare in calcule (forta gravitacionala a corpului central, al treilea corp, forta de frecare cu aerul, radiatia solara, fortele mareice). Timpul de calcul pentru propagare a fost 3 zile. S-a remarcat influenta fortei perturbatoare datorata trecerii asteroidului pe langa satelit. Din momentul cand asteroidul trece pe langa satelit, se modifica valorile semiaxei mari; variatia maxima este de ordinul 100 m. Influenta fortei perturbatoare se face simtita si asupra excentricitatii. Aceasta are o crestere constanta si semnificativa, adica 0.715 – 0.745. Influenta fortei perturbatoare nu se face insa simtita asupra unghiului de inclinare. Rezultatele raportate se pot incadra in sarcinile asumate prin *Task 3.1*.

- Lungu, R., Lungu, M., Ioan, M. - *Determination and Control of the Satellites’ Attitude by using a Pyramidal Configuration of Four Control Moment Gyros*, 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2015), Colmar, Franta, 21-23 Iulie 2015, pag. 448-456: lucrarea prezinta o noua arhitectura pentru controlul atitudinii satelitilor folosind un cluster piramidal ce contine patru CMG-uri (control moment gyro) si o lege de control ce depinde de vectorul quaternion si vectorul vitezelor unghiulare ale satelitului. Legea de control contribuie la modificarea momentului giroscopic echivalent al clusterului, acesta conducand atat la modificarea momentului cinetic echivalent al satelitului in miscarea sa pe orbita cat si la modificarea vectorului vitezelor unghiulare; modificarea vectorului vitezelor unghiulare conduce la la modificarea vectorului quaternion si la schimbarea atitudinii satelitului. Noua arhitectura de control si stabilizare a miscarii satelitilor pe orbita a fost implementata software in Matlab/Simulink, facandu-se astfel validarea sa pentru cazul miscarii in jurul axei proprii a unui mini-satelit. Rezultatele raportate reprezinta contributi la sarcinile asumate prin *Task 3.1*.

- Lungu, R., Lungu, M., Ioan, M. - *Nonlinear Automatic Control of the Satellites by using the Quaternion and the Angular Velocities’ Vectors*. 3rd International Workshop on Numerical Modelling in Aerospace Sciences (NMAS 2015), Bucureşti, 6-7 Mai 2015: lucrarea prezinta o noua arhitectura pentru controlul atitudinii satelitilor utilizand o lege de control bazata pe o componenta proportional-integratoare in raport cu vectorul quaternionilor si vectorul vitezelor unghiulare ale satelitului. Legea de control are doua componente neliniare cu zona de saturatie; saturatia actualelor a fost luata in considerare atat din punctul de vedere al momentelor giroscopice generate cat si din punctul de vedere al vitezelor unghiulare. Noul sistem de control neliniar al atitudinii satelitilor pe orbita este implementat

software si validat prin simulari numerice complexe. Rezultatele obtinute sunt contributii la *Task 3.2*.

- Constantinescu, R., Ionescu, C., Panaintescu, E., Petrisor, I. - *Control and optimization techniques for "jerk" type circuits*: lucrarea a fost prezentata in cadrul Workshopului „Theoretical and computational methods in dynamical systems and fractal geometry”, Maribor 7-11.04.2015. Ea abordeaza una dintre problemele importante propuse in proiectul COMISIS si anume dezvoltarea unei tehnici de control asupra comportamentului haotic al unui sistem dinamic neliniar. Tehnica propusa in lucrare este ilustrata pe un tip special de sisteme dinamice, sistemele reprezentate sub forma unor ecuatii diferentiale de tip „jerk”, adica ecuatii diferentiale ordinare de ordinul 3. Astfel de sisteme sunt specifice unor circuite electronice care contin elemente de circuit cu caracteristici neliniare, dar tehnicile prezentate se pot aplica si altor sisteme cu comportament haotic. Rezultatele raportate raspund sarcinilor asumate prin *Task 3.2*.

- Cimpoiasu, R. - *On symmetry groups of a 2D nonlinear diffusion equation with source*. *Pramana*, 4(84), 543-553 (2015). Este realizata analiza simetriilor pentru o forma generala specifica de ecuatie de evolutie neliniara bi-dimensională, care include derivata spatiala mixta si un termen sursa general exprimat in functie de variabila dependenta si derivatele sale spatiale. Termenii sursa pentru care ecuatia admite simetrii Lie netriviiale sunt identificati pentru doua forme distincte de operatori de simetrie. In unul din cazuri, simetriile nu depend de forma neliniaritatilor, pe cand in celalalt caz sunt considerate neliniaritati de forma putere, trigonometrica si exponentiala. Concluziile raportate generalizeaza rezultatele anterioare obtinute pentru ecuatia neliniara a caldurii si pentru modelul Ricci bidimensional din teoria gravitatiei. Contributiile din lucrare raspund unor sarcini asumate in cadrul sarcinii de lucru *Task 3.4*.

- Boldea, A.L., Boldea, C.R. – *Waves Formation in the Cosmic Bose-einstein Condensation Model*. International Balcan Workshop in Applied Physics, 30.06-05.07.2015, Mamaia, Romania: lucrarea prezinta un studiu al unei formatii de unde in cadrul modelului cosmologic al Condensarii Bose-Einstein in care materia neagra se transforma gradual in energie neagra uniforma cu presiune negativa, lucru ce este similar cu spargerea unui balon de sapun urias.

Vom mentiona acum cateva **alte activitati** desfasurate de membri echipei de cercetare de la UCV pe parcursul perioadei analizate, activitati care au raspuns unor sarcini asumate prin contract si care, pe de alta parte, au avut rolul sa contribuie la cresterea vizibilitatii si recunoasterii internationale a stiintei romanesti, iar, pe de alta parte, sa atraga tinerii elevi si studenti catre studiul stiintelor in general, al celor spatiale in particular.

- Finalizarea de catre unul din membri echipei a tezei de doctorat si obtinerea titlului de doctor in Fizica. Este vorba despre sustinerea publica, in data de 7 sept. 2015, a tezei “Control si optimizare pentru sisteme dinamice neliniare”, elaborată de domnul Emilian Panaintescu, sub conducerea stiintifică a domnului prof. univ. dr. Radu Constantinescu.

- Organizarea la Palatul Parlamentului din Bucuresti, in perioada 30 octombrie - 1 noiembrie 2015, in colaborare cu ROSA, a Congresului international „*Lights of the World (Luminile lumii)*” dedicat celebrarii in Romania a *Anului 2015 – An international al luminii*. Cu aceasta ocazie au fost prezentate numeroase lucrari stiintifice, au fost realizate expozitii de pictura, de carte si de fotografii cu tematica legata de lumina si de spatiu. Au participat peste 300 de invitati, oameni de stiinta, de cultura sau din domeniul educatiei din intreaga lume.

- Organizare conferinta nationala “Clasic si modern in predarea fizicii” (Calimanesti, 24-26 aprilie 2015). Din dorinta de a asigura, atât pe planul discursului teoretic, cât și pe cel al praxisului educational, o reală și o semnificativă deplasare de accent de pe dimensiunea informativă pe cea formativă a procesului de învățământ, actuala abordare curriculară nu mai centrează acțiunea educațională pe conținuturi, ci pe formarea de competențe educaționale complexe. Rezultatele cercetării permit obținerea următoarei logici de prezentare a evoluției metodologiei învățământului la fizică în contextul tehnologiilor didactice aplicate: perfecționarea procesului de predare-învățare a

fizicii, metodele didactice, principii didactice și forme de organizare aplicate în învățământ.

- Au fost continuate, cu sprijinul OMV Petrom, al Universitatii din Craiova si al Primariei Municipiului Craiova, lucrarile de amenajare a viitorului Observator Astronomic din Craiova.

Activitati realizare de partenerul (P2)

Pornind de la ideea ca materia neagra este un condensat Bose Einstein si tinand cont ca atat acest condensat cat si gazul barionic din galaxii au temperaturi finite nenule, am rafinat un model existent in literatură de specialitate. Rezultatele teoretice sunt comparate cu datele observationale legate de 106 clusteri galactici, preluate din bibliografie. In acest fel, se gasesc limite superioare pentru masa totala (Fig. 1) si sectiunea eficace de imprastiere a particulelor de materie neagra si se poate face o predictie asupra dependentei temperaturii observate in functie de densitatea centrala a materiei negre (Fig. 2).

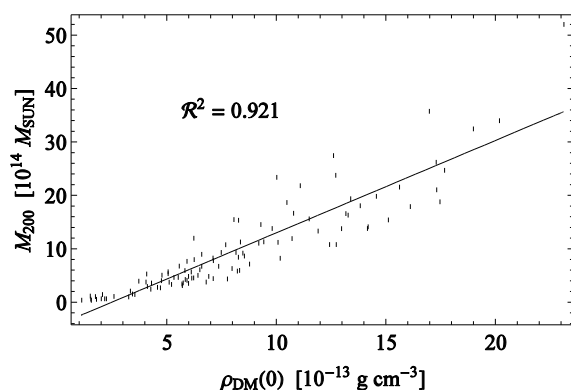


Fig 1.

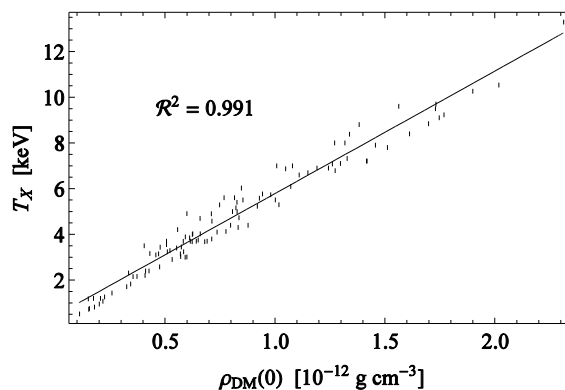


Fig. 2

La o scala mai redusa, se discuta posibilitatea de a face distinctie observationala intre stelele formate prin condensare Bose-Einstein si stelele neutronice sau formate din quarci, prin studiul discurilor subtiri de acretie a acestora. Se pune in evidenta faptul ca proprietatile termodinamice si electromagnetice sunt diferite intre aceste clase de obiecte. Studiul vizeaza determinarea semnatuurilor fiecarei clase de obiecte si a diferentelor ce exista intre ele (ex. Fig. 3).

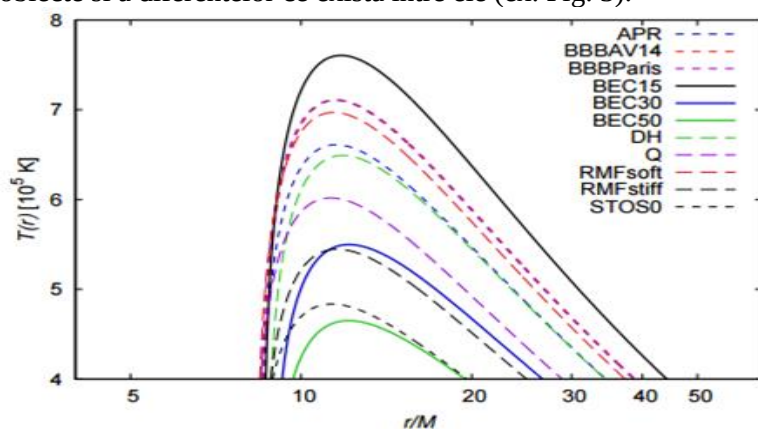


Fig. 3

In obiectele de tip blazar au fost observate variabilitati ale curbelor de lumina pe perioade scurte si lungi, in toate lungimile de unda. Cu toate ca variabilitatea pe termen scurt in raze X este explicata din punct de vedere teoretic, cea in domeniul optic inca prezinta probleme. Se testeaza concordanta dintre curbe de lumina in domeniul optic, observate in obiectul BL Lac S5 0716+714 si un model teoretic (Fig. 4), in incercarea de a explica variabilitatea observata.

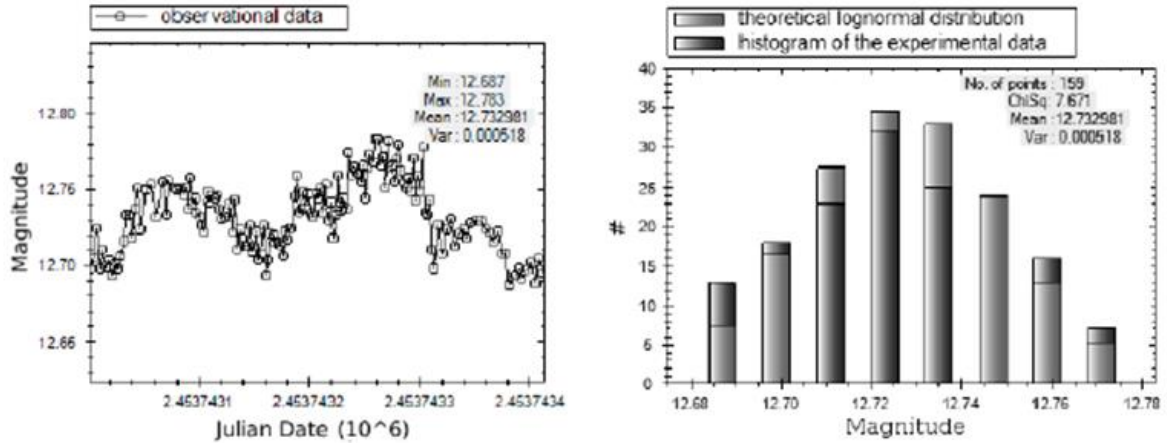


Fig. 4.

Auto-organizarea critica este o paradigma care poate explica in mod unitar o serie de observatii in astrofizica. Asadar a fost analizata teoretic, prin simulari si observational in conexiune cu fenomene astrofizice particulare, cum ar fi eruptiile solare, unele caracteristici statistice ale curbelor de lumina din discurile de acretie, exploziile de raze gamma, etc. Am propus ca model pentru explicarea anumitor proprietati ale exploziilor de raze gamma un slab de flux magnetic in aproximatia unidimensionala. Ca noutate in domeniu, se considera in mod explicit un termen advectiv si se investigheaza cum afecteaza dependenta formala de timp a acestui termen rezultatele simularii. Rezultatele arata ca modelul propus poate fi folosit ca punct de pornire pentru rafinari ulterioare.

Am extins si am imbunatatit studiul precedent din domeniul unidimensional in cel bidimensional. Un model de automata celulara este lasat sa evolueze spre starea de auto-organizare critica. Din acest model se extrag: evolutia in timp a eliberarii de energie, distributia duratelor evenimentelor (Fig. 5) precum si distributia marimilor evenimentelor (Fig. 6), in functie de profilul ales pentru viteza in termenul advectiv. Se observa ca semnatura auto-organizarii critice corespunde cu o semnatura unidimensionala. Rezultatele sunt comparate cu observatii pentru evenimente de tip Gamma Ray Bursts, aratand ca modelul poate reproduce curbele de lumina pe aceeasi scala temporală si energetica, deci ar putea fi folosit pentru explicarea fenomenului observat.

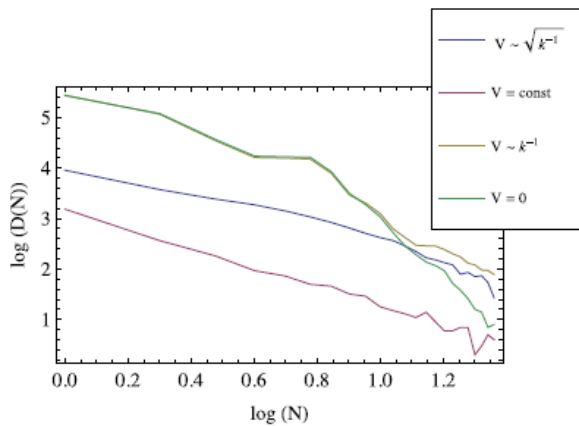


Fig. 5.

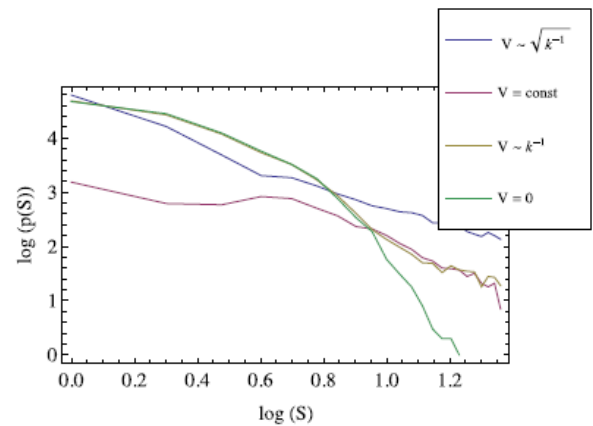


Fig. 6.

S-au cautat de asemenea solutii formale pentru ecuatii diferentiale care descriu difuzia intr-un mediu netrivial (coeficientii derivatelor sunt functii de pozitie). Se demonstreaza ca rezultate existente in literatura pentru functii reale si continui pot fi aplicate si in cazul functiilor (si deci solutiilor) din spatii Hilbert alcătuite din functii integrabile. Mai mult, se gasesc aproximatii noi ale solutiilor prin

aplicarea succesiva a unor operatori mai simpli decat cel initial, operatori cu proprietati si comportament la limita cunoscute.

Am prezentat o analiza detaliata a solutiilor formale a ecuatiilor diferentiale generate de operatori Markov (sau altfel spus, a ecuatiilor diferentiale liniare de evolutie care contin derivate de ordin mai mare sau egal cu 1). Pentru un operator Markov general, se arata ca exista un algoritm care, in anumite conditii (destul de nerestrictive), poate oferi detalii cantitative si calitative despre solutia analitica si despre modalitati de aproximare ale ei. Se prezinta si se demonstreaza legaturile dintre solutiile obtinute pe spatiul functiilor continue cu valori reale si respectiv pe spatiul functiilor integrabile cu valori complexe.

Numerical simulations of transverse oscillations in radiatively cooling coronal loops

Folosind codul FLASH, s-au rezolvat ecuațiile 3D MHD ideale pentru analiza, modelarea si simularea comportarii unui tub de flux magnetic drept (configuratie plasmatica specifica plasmelor solare) si stratificat gravitațional in urma unei perturbatii induse initial si a efectelor racirii radiative. S-a constatat aparitia unei oscilații transversale a structurii, oscilatie urmarita ca si comportare de-a lungul a catorva perioade atat analitic cat si numeric.

In simulările numerice de unde MHD și nu numai, se inițializează cu un sistem în echilibru (cum ar fi în cazul din Figura 1, echilibru hidrostatic și câmp magnetic nerotațional, adică forța Lorentz zero) peste care se impun perturbații în diferite variabile (în viteză, presiune, densitate), după care se urmărește evoluția sistemului. Perturbăm tubul de flux astfel încât să rezulte unda MHD rapidă de tipul kink (deplasament al axei tubului în timpul oscilațiilor).

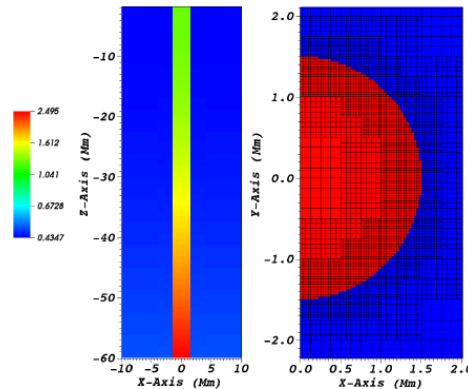


Fig. 1 Densitatea de masă la $t = 0$: secțiune transversală de-a lungul axei a buclei (stânga) și perpendicular pe bucla de la footpoint-ul său (dreapta). În partea dreapta celulele numerice.

Modulul de răcire utilizat în modelele de simulare utilizeaza rata de pierdere radiativa $E(T)$ pentru o plasma optic subțire

$$E(T) = P(T)n_i n_e$$

unde n_i și n_e sunt densitatea numarului de ioni și electroni iar $P(T)$ este emisivitatea plasmei, functie puternic legata de temperatura (Fig 2).

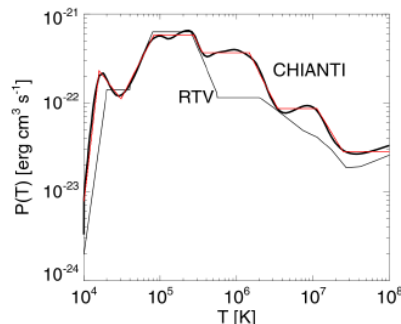


Fig.2 Emisivitatea plasmei in functie de temperatura. Linia roșie reprezintă emisivitatea utilizata în simulările noastre.

Inițial, perturbăm componenta transversală a vitezei în interiorul buclei coronale cu un puls de tipul:

$$v_{0y} = A_v v_{A,fi} \cos(\pi z/L)$$

care excita modul kink staționar (v_{Ai} este viteza Alfvén de 0.7Mm/s în interiorul buclei la nivelul piciorului de ancorare, L lungimea tubului de flux iar A_v este amplitudinea relativă a perturbației care pentru regimul laminar este mult mai mică decât 1). În concordanță cu taskul proiectului ne-am concentrat în simulare, pe comportarea oscilațiilor de tip kink staționare amorțite de evenimente de explozie de tip flare și nu pe perturbații induse de la nivelul regiunilor de ancorare a buclelor coronale. Inițial perturbația acționează numai în interiorul buclei fiind constantă în direcție radială. Prezența stratificării face ca pulsul inițial să nu corespundă modului kink fundamental însă permite excitarea armonicilor superioare. Trebuie subliniat că în modelul de simulare nu încercăm să angajăm atmosfera solară (fotosferă, cromosferă sau regiune de tranziție) ci să imităm modul de ancorare a buclelor coronale în fotosferă densă, prin utilizarea condiției de line-tying, nulitatea vitezelor în orice direcție pentru a nu permite evacuarea plasmei din buclele coronale prin footpoint-uri. Constatăm că proprietățile termodinamice ale curgerii plasmei în bucle nu sunt alterate de condiția de line-tying. În simulare am folosit limitatorul de pantă "mc" și un solver de tip Roe și un adaptor rafinat al meshului (5 nivele) pentru a avea înaltă rezoluție doar în domeniul de interes, adică în jurul buclei. Variabila folosită pentru declanșarea rafinării meshului (calculat cu eroarea estimatorului Lohner) a fost densitatea.

Astfel, în cazul perturbațiilor de mică amplitudine ($A_v=0.02$, $v_{0y}=14\text{km/s}$) analiza și simularea comparativă în absența răcirii și în prezența ei (cu un timp de răcire de 1500s), arată că răcirea plasmei induce o curgere în interiorul buclei, curgere care conduce la rearanjarea plasmei către footpoint-uri (creșterea densității plasmei în vecinătatea footpoint-uri și scăderea ei în apexul buclei) Fig.3, 4.

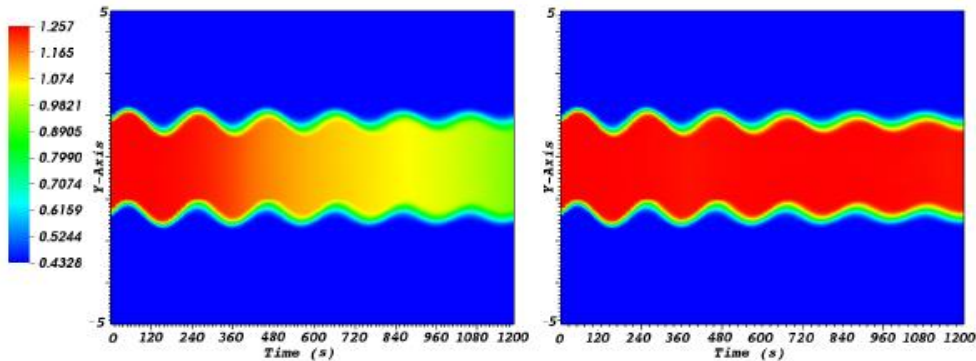


Fig.3 Densitatea plasmei in apex ($z=0$) în prezența răcirii (stanga) și în absența răcirii (dreapta)

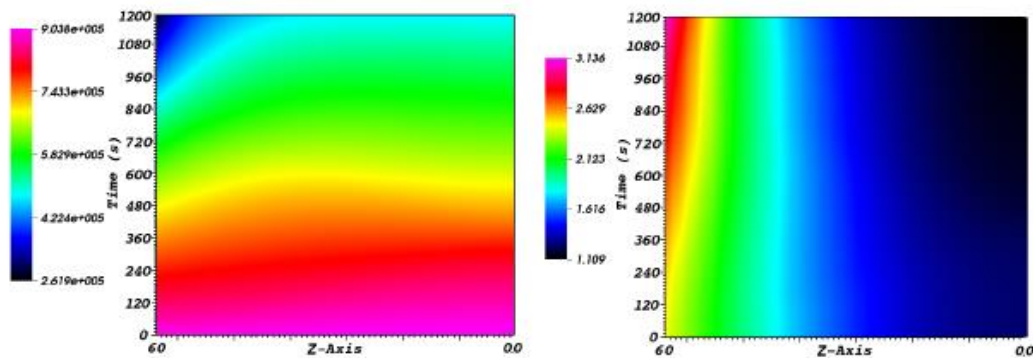


Fig.4 Evoluția în timp a temperaturii (stanga) și densității (dreapta) pe axa buclei în prezența răcirii

Studiul analitic presupune că formula hidrostatică este valabilă pe întreaga evoluție, efectul curgerii asupra distribuției densității este slab. Aceasta implică faptul că densitatea în footpointurile buclei este

considerata constanta și că există un flux net de plasmă prin aceste footpoint-uri, comparația cu rezultatele analitice trebuie să fie doar calitativa. Cu toate acestea, cele două evoluții (numerice și analitice) sunt într-un acord bun Fig.5.

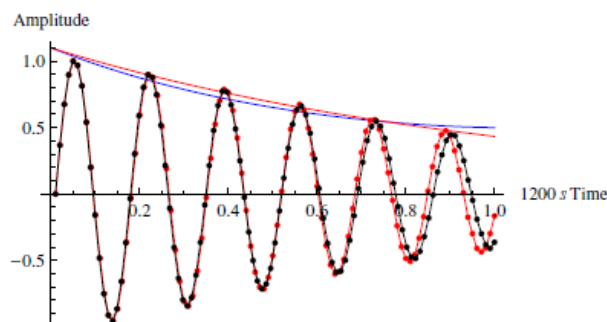


Fig.5 Deplasarea normalizată în apexul buclei în timp în prezenta răcirii (puncte roșii) și în absența ei (puncte negre). Curba roșie reprezintă cea mai bună fitare exponențială a atenuării amplitudinii, în timp ce curba albastră este amplitudinea prezisă analitic (Ruderman 2011a), pentru cazul prezentei răcirii. Deplasările s-au obținut urmărind centrul-de-masa în secțiunea transversală a apexului buclei.

Diferența dintre amplitudini în prezenta răcirii și absența ei este mică (aproximativ 6% după 6 oscilații). Eficiența amplificării datorate răcirii depinde foarte mult de caracteristicile buclei (grosimea stratului limită, înălțimea scalei densității, etc.), dar, probabil, cel mai mult de evoluția hidrodinamică, așa cum se reflectă în timpul de răcire.

În cazul perturbațiilor de mare amplitudine ($A_v=0.1$, $v_{oy}=70$ km/s) analiza și simularea demonstrează apariția unei deplasări inițiale a buclei cu 1.6 Mm (deplasare proporțională cu raza buclei), deplasarea produsă de o perturbare mare este, cu toate acestea, la limita inferioară a flăului de amorsare (deplasări observabile). Pierderea radiativă la valori realiste (folosite în simulare) conduce la o răcire mai rapidă (800 s), și noi caracteristici în comparație cu evoluția liniară simulată anterior. Astfel cel mai important fenomen pentru caracteristicile de oscilație fiind prezența instabilității de tip Kelvin-Helmholtz la marginea buclei, care deformează drastic bucla. Fig.6

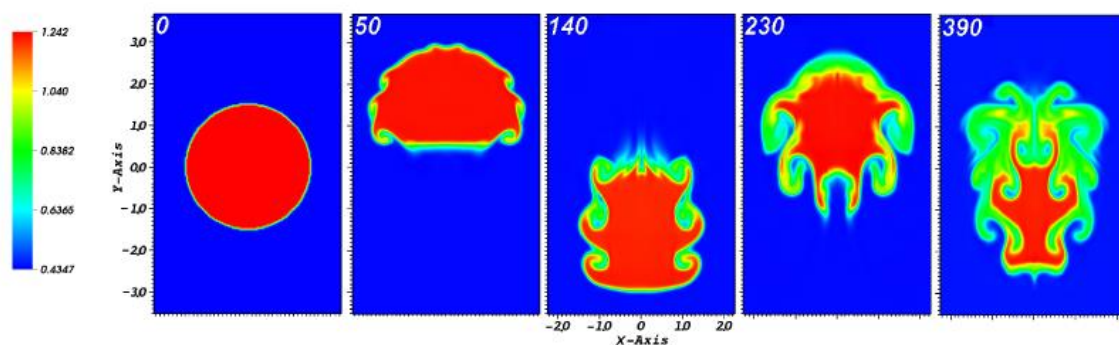


Fig.6 Secvența de secțiuni transversale în reprezentarea densității la vârful (apexul) buclei, în momente diferite (scrise la stânga-sus a fiecărei secțiuni, în secunde), pentru cazul amplitudinii mari. Unități: Axă în mm, densitatea este în unități de 10^{12} kg / m³.

Amortizarea la amplitudine mare a oscilației este mai rapidă decât în cazul amplitudinii scăzută. Acesta este un efect important al instabilităților prezente în sistem. Amortizarea este mai rapidă din două motive: în primul rând, dezvoltarea instabilității disipă energia cinetică, și în al doilea rând, datorită amestecului (cauzat de instabilitate) cu un strat neomogen larg dezvoltat în jurul buclei, care afectează eficiența absorbției de rezonanță.

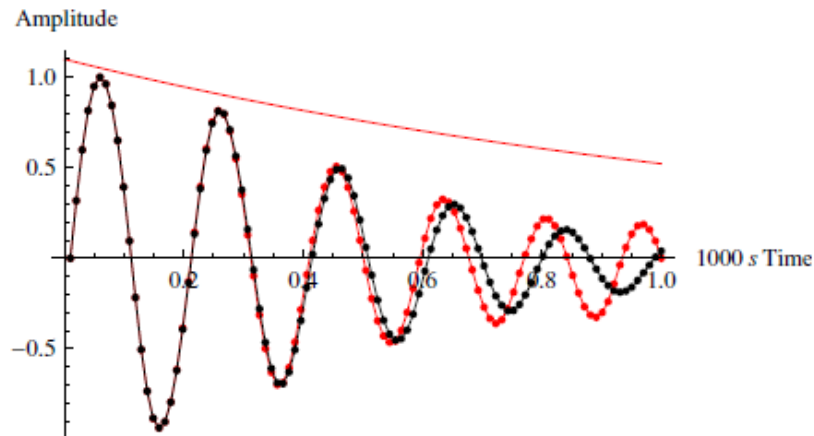


Fig.7 Ca si in Fig. 5 (racire cu linie punctata rosie , fara racire linie punctata neagra), dar pentru cazul amplitudinii mari. Curba rosie este cea mai buna fitare a scaderii exponentiale pentru cazul absentei racirii, amplitudine joasa (prezentand astfel si dampingul suplimentar indus de prezenta instabilitatii).

Studiul a fost extins pentru timpi re racire foarte rapizi (100s) in bucle coronale cu densitati ale plasmei interioare de 15 ori mai mare decat cea a mediului exterior. Se poate observa ca in ciuda racirii rapide, la amplitudini mari, inca este observat un damping semnificativ. Aveasta indica faptul ca oscilatiile kink de mare amplitudine neamortizate ale buclelor coronale observate se datoreaza nu numai fenomenului de racire plasmtica.

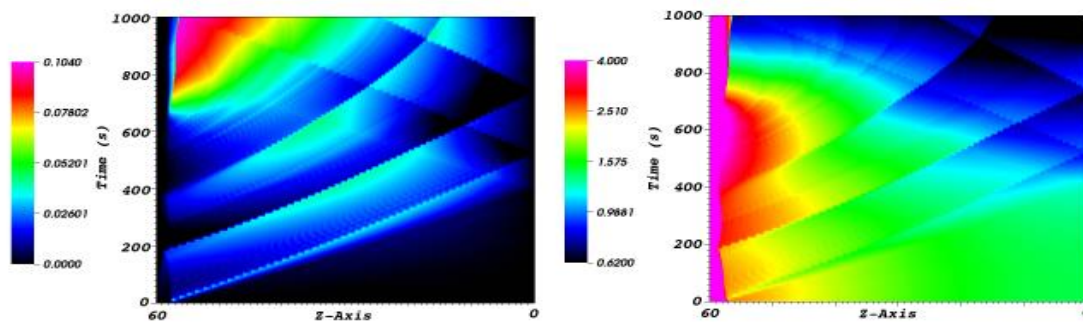


Fig. 8. Evoluția în timp a vitezei de curgere (v_z , stânga) și a densitatii (dreapta) de-a lungul axei buclei in atmosfera solară joasa,. Aspectul de dinti de fierastrau a fronturi de undă se datorează numărului limitat de instantanee (100).

Prezența amortizării în cazul amplitudinilor mari funcționează chiar și cu pierdere rapidă de energie, indicand faptul că este puțin probabil ca numai prezența răcirii sa poata explica oscilațiile neamortizate generate de flare legate de bucle coronale observate,.

Aceste rezultate au implicatii ca instrument in seismologie coronala deoarece efectele răcirii buclelor in timpi de răcire observati (în cazul nostru 800s) asupra oscilatiilor sunt neglijabile, acestea putand fi, de asemenea, aplicate la observațiile de oscilații ale buclelor coronale legate de flaruri care arată un comportament termic asemănător.

6.3. Descrierea activitatilor administrative-manageriale si de promovare

Aceste activitati ale colectivului de cercetare din cadrul proiectului COMISIS se subsumeaza pachetelor de lucru WP4 si WP5.

(a) Disemiare, comunicare, instruire si educatie (WP4)

Vom mentiona acum cateva activitati organizate in cadrul fazei II:

- Trei conferinte publice sustinute de I. Cotaescu, D. Vulcanov si M. Lungu in cadrul Zilelor Portilor Deschise de la UVT, aprilie 2015. www.physics.uvt.ro/portideschise/
- Organizarea "Lectiile Schrodinger la Timisoara" iunie 2015.
- Expuneri publice realizate in cadrul evenimentului "Noaptea Cercetatorilor" de catre I.I. Cotaescu si Ciprian Sporea.
- Conferinta de promovare "Fizica - pentru si insocietate" - 24-26 aprilie 2015
- Participare "Physics International Conference of BPU", Istambul, 23-28 August 2015- Conferinta publica prof. Radu Constantinescu
- In cadrul activitatilor de promovare mai sus mentionate au fost realizate afise, postere si pliante corespunzatoare.

(b) Activitati administrativ-manageriale (WP5)

Activitatile manageriale si administrative ale proiectului COMISIS se desfasoara in conformitate cu obiectivele si task-urile descrise in pachetul de lucru WP5 pentru a se asigura buna desfasurare a activitatilor de cercetare, comunicarea intre echipe, desfasurarea diferitelor activitati in conformitate cu planul de desfasurare, supravegherea activitatii financiare, etc. Pentru acestea au fost efectuate urmatoarele activitati:

- reorganizarea echipelor de lucru in cadrul fiecarui colectiv la toti cei trei parteneri;
- Alcatuirea si organizarea unui program de intalniri (live sau on-line) intre membrii CE pentru discutarea si rezolvarea diverselor probleme;
- Stabilirea atributiilor fiecarui membru din diferitele colective in cadrul fazei II (de catre directorul de proiect, responsabili si CE);
- Organizarea de seminarii stiintifice periodice in cadrul celor trei colective. De exemplu, la UVT (CO) se organizeaza un seminar saptamanal coordonat de Prof. I. Cotaescu;
- Consultari periodice intre directorul de proiect, responsabili si managerul financiar la proiectului pe problem privind derularea cheltuielilor in cadrul proiectului.

7. Contextul si contributia la programele ESA

Deși nu ne-am propus în cadrul proiectului, în mod explicit, să dezvoltăm contribuții directe la programele ESA, totuși tematica abordată în proiectul COMISIS deschide perspective asupra posibilității contribuției la unele din programele științifice ale ESA (acestea sunt de altfel menționate și în propunerea inițială de proiect). Toate cele trei direcții de cercetare din WP1, WP2 și WP3 pot face la finalizarea lor obiectul unor propuneri de programe ESA sau de contribuție la unele programe deja existente.

8. Concluzii

Având în vedere rezultatele obținute în cadrul cercetărilor descrise mai sus, publicațiile rezultate, precum și activitățile administrative manageriale și de promovare desfășurate considerăm că activitățile desfășurate în cadrul fazei 2/2015 și-au atins în întregime scopul și obiectivele propuse și se deschid perspective pozitive asupra desfășurării acestora în fazele următoare.

Indicatori de monitorizare/rezultat

Nr. crt.	Denumirea indicatorului	
1	sume atrase prin participarea la programele ESA (EURO)	-
2	nr. de nișe CDI identificate	-
3	nr. de programe opționale ESA la care se participă ¹	-
4	nr. de misiuni spațiale ESA la care participă entitățile implicate în realizarea proiectului ²	-
5	nr. de experimente și sarcini utile îmbarcabile la bordul misiunilor ESA	-
6	nr. de centre de profil nou înființate	-
7	nr. de institute naționale de CDI / entități de CDI / universități participante la realizarea proiectului	3 universitati
8	nr. entități din industrie participante la realizarea proiectului	1
9	nr. de companii naționale aflate în lanțul de furnizori pentru marii integratori de produse spațiale ³	-
10	ponderea participării diverselor entități în cadrul proiectului (industrie, institute naționale de CDI, entități de CDI, universități) (%) (se raportează bugetul total alocat entității pe etapă la bugetul total al proiectului)	CO: 36.84% P1: 34.84% P2: 28.32%
11	nr. de cursuri de instruire/perfecționare organizate	-
12	nr. activități de diseminare organizate (workshopuri/seminarii/conferințe etc.)	4
13	nr. cereri brevete depuse national/international	-
14	nr. brevete înregistrate national/international	-
15	nr. articole publicate sau acceptate spre publicare ⁴	18

16	nr. cărți publicate sau acceptate spre publicare ⁵	-
----	---	---

¹⁾ se vor preciza denumirile programelor optionale ale ESA la care se participă

²⁾ se vor preciza denumirile misiunilor spațiale ESA la care se participă

³⁾ se va preciza denumirea integratorului(lor) de produse spațiale

⁴⁾ se anexează lista articole

⁵⁾ se anexează lista cărți

**Lista lucrarilor publicate, acceptate, publicate in BDI sau prezentate
la conferinte si workshop-uri in cadrul proiectului COMISIS**

Coordonator:

1. Ciprian A. Sporea, "Low energy Greybody factors for fermions emitted by a Schwarzschild-de Sitter Black Hole", arXiv:1509.00831, Int.J. Mod. Phys. D – under review
2. Ciprian A. Sporea, "New Modes for massive Dirac field in higher dimensional Black Holes", Mod. Phys. Lett. A, 30, 1550145 (2015).
3. Ion I. Cotaescu, Doru-Marcel Baltateanu, "Isometry generators in momentum representation of the Dirac theory on the de Sitter spacetime", Mod. Phys. Lett. A. Vol. 30, No. 38 (2015) 1550208.
4. I. I. Cotaescu, "Acceleration in de Sitter spacetime", EPL **109** (2015) 40002
5. I. I. Cotaescu, D.-M. Baltateanu, I. Cotaescu Jr., "Relativistic persistent currents in ideal Aharonov-Bohm rings", arXiv:1502.07563, articol acceptat spre publicare la Int. J. Mod. Phys. B.
6. I. I. Cotaescu, D.-M. Baltateanu, I. Cotaescu Jr., "Relativistic currents on the ideal Aharonov-Bohm Cylinders", arXiv:1511.00585, articol submis la Int. J. Mod. Phys. B.
7. I.I. Cotaescu, "On the de Sitter tardyons and tachyons", , arXiv:1508.05607, comunicata la International Conference on p-ADIC MATHEMATICAL PHYSICS AND ITS APPLICATIONS p-ADICS.2015, 07-12.09.2015, Belgrade, Serbia.
8. C.Crucean and M-A.Baloi, "Interaction between Maxwell field and charged scalar field in de Sitter universe", Int.J.Mod. Phys A 30, (2015).
9. C. A. Sporea, Andrzej Borowiec, "Low energy Greybody factors for fermions emitted by a Schwarzschild-de Sitter Black Hole", poster prezentat la seminarul "600 WE-Heraeus-Seminar on 'Frontiers of Quantum Optics'", 25-30 Octombrie 2015, Bad Honnef (Germania).
10. Ion I. Cotaescu, C. Crucean, C. A. Sporea, "Scattering of massive fermions on Schwarzschild black holes", prezentare sustinuta la "20th International Summer School on Global Analysis and its Applications – General Relativity: 100 years after Hilbert", 16-22 August 2015, Stara Lesna (Slovakia).
11. Ion I. Cotaescu, C. Crucean, C. A. Sporea, "The scattering of Dirac fermions on Schwarzschild black holes - a partial wave analysis approach", prezentare sustinuta la conferinta "The Plank scale II", 07-12 Septembrie 2015, Wroclaw (Polonia).
12. Dumitru N. Vulcanov - Geodesic movement of particles in gravitational fields - in pregatire: from symbolic computation to numerical simulations

Partener P1:

1. Lungu, R., Lungu, M., Ioan, M., “*Determination and Control of the Satellites’ Attitude by using a Pyramidal Configuration of Four Control Moment Gyros*” 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2015), Colmar, Franta, 21-23 Iulie 2015, pag. 448-456.
2. Lungu, R., Lungu, M., Ioan, M., “*Nonlinear Automatic Control of the Satellites by using the Quaternion and the Angular Velocities’ Vectors*” 3rd International Workshop on Numerical Modelling in Aerospace Sciences (NMAAS 2015), București, 6-7 Mai 2015.
3. R. Cimpoiasu – “*On symmetry groups of a 2D nonlinear diffusion equation with source*”, *Pramana*, 4(84), 543-553 (2015).
4. R.Constantinescu, C.Ionescu, E.Panaintescu, I.Petrisor , “*Control and optimization techniques for "jerk" type circuits*”, lucrarea a fost prezentata in cadrul Workshopului „Theoretical and computational methods in dynamical systems and fractal geometry”, Maribor 7-11.04.2015.
5. Boldea, A.L., Boldea, C.R., “*Waves Formation in the Cosmic Bose-einstein Condensation Model*”, The 15th International Balcan Workshop in Applied Physics Materials IBWAP 2015, Constanta, 2-4 Iulie 2015.

Partener P2:

1. T. Harko, P. Liang, S.-D. Liang, G. Mocanu, “*Testing the Bose-Einstein Condensate dark matter model at galactic cluster scale*” *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, acceptat 2015, iopscience.iop.org/14757516/page/Forthcoming%20articles
2. G. Mocanu, “*C0-semigroups generated by second order differential operators*” *Annales Polonici Mathematici*, 2015 acceptat.
3. B. Danila, T. Harko, G. Mocanu, „*Self Organized Criticality in a two dimensional Cellular Automaton model of a magnetic flux tube with background flow*”, *Monthly Notices of the Royal Academy*, 453 (3): 2982-2991 (2015) .
4. T. Harko, G. Mocanu, N. Stroia, „*Self Organized Criticality in an one dimensional magnetized grid. Application to GRB X-ray afterglows*”, *Astrophysics and Space Science*, 357 (2015), 1-9.
5. B. Dănilă, T. Harko, Z. Kovacs, „*Thin Accretion Disks around cold Bose-Einstein Condensate stars*”, *European Physical Journal C*, (2015) 75 (5) 203.
6. B. Dănilă, A. Marcu, G. Mocanu, “*New statistical results on the optical IDV data of BL Lac S5 0716+714*”, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 15 (2015), No. 3, 327-332.
7. G. Mocanu, I. Raşa, “*C0-semigroups associated with Markov operators*”, *Mediterranean Journal of Mathematics* (2015), DOI 10.1007/s00009-014-0497-8.
8. Magyar, N.; Van Doorselaere, T.; Marcu, A., “*Numerical simulations of transverse oscillations in radiatively cooling coronal loops*”, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 582, id.A117, 8 pp. DOI10.1051/0004-6361/201526287.

Nota : Acest raport a fost intocmit de membrii colectivelor de cercetare de la cei 3 parteneri coordonate de responsabilii de proiect si avizat de Comitetul Executiv (Steering Committee) in data de 26.11.2015

Director proiect COMISIS

Prof.univ.dr. Dumitru VULCANOV