

II. RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

2016

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC (ETAPA INTERMEDIARA)

1. Titlu proiect

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

2. Obiective generale/specificice 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 COMYSIS consta in studierea si dezvoltarea acestor tehnici in vederea aplicarii lor in trei directii. Prima dintre ele este dedicata evidenierii 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 consorciu format din trei parteneri: Universitatea de Vest din Timisoara in calitatea 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

Etaoa III – Elaborarea de metode conceptuale si teorii

4. Obiective etapa

Activitate III.1: Peograme computationale in cosmologie

WP1: task 1.2, task 1.4

Activitate III.2: Modelarea campului magnetic solar

WP2: task 2.3, task 2.4

Activitatea III.3: Soft pentru studiul stabilitatii orbitelor

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;
- Manual de utilizare pentru utilizarea optimala a pachetelor de software produse (pentru ecuatii de flux si cosmologii alternative)- (D.1.4);
- Pachet de programe pentru stabilitatea satelitilor in prezenta diferitelor perturbatii (D.3.4
- Diferitele activitati si produse legate de promovare si managementul proiectului (WP4, WP5);

6. RST - raport stiintific si tehnic (RST) in extenso - maxim 20 pagini pentru etapa intermediaara

a. 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 :

- Simulari numerice in fluxul Ricci folosind Maple
- Productia de perechi electron-pozitron in camp magnetic
- Fermionii emisi de o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter
- Imprastierea fermionilor pe gauri negre incarcate electric
- Aproximativa post-newtoniana si aplicatiile ei in studiul miscarii geodezice in teorii de gravitatie alternative
- Simetrii generalizate conditionate in legatura cu solutiile ecuatiei Klein-Gordon-Fock cu simetrie centrala
- Solitoni si alte solutii invariante pentru propagarea pulsurilor in membrane
- Controlul automat al dinamicii satelitilor si aeronavelor cu aplicatii
- Radiatia electromagneticica a particulelor incarcate in miscarea stohastica
- C0-semigroups generated by second order differential operators
- Radiatia electromagneticica emisa de particule incarcate in miscare browniana

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

Activitati realizate de coordonator (CO)

Simulari numerice in fluxul Ricci folosind Maple

Fluxul Ricci este o importanta ecuatie geometrica de evolutie in geometria Riemanniana. Ea a fost introdusa de R. Hamilton in 1982 (7) pentru a produce metrii Einstein de curbura scalara pozitiva si curbura sectionala constanta, pozitiva. Aceasta ecuatie are forma simpla

$$\frac{\partial g_{ij}}{\partial t} = -2R_{ij} \quad (1)$$

unde g_{ij} si R_{ij} sunt metrica respectiv tensorul Ricci al varietatii riemanniene respective iar t un parametru oarecare.

Natura geometrica a fluxurilor Ricci deschide problema vizualizarii lor deoarece fluxurile Ricci actioneaza direct pe metrica suprafetei, fara pastrarea obligatorie a scufundarii.

Studiul fluxului Ricci (si a ecuatiilor conexe) este foarte important in tratarea unor probleme de astrofizica cum ar fi : ciocnirea a doua gauri negre (sau a unor obiecte stelare masive si supermasive) prin tratarea orizontului celor doua obiecte ca fiind din punct de vedere dinamic o varietate Riemaniana descrita de o ecuatie de flux Ricci.

In acest context este interesanta abordarea experimentală (prin simulari si vizualizari numerice) a evolutiei varietatilor 3-dimensionale la fluxuri Ricci. Pentru aceasta am dezvoltat un program Maple+GrTensorII combinand facilitatile numerice, simbolice si grafice ale platformei.

Ecuatiile de baza folosite in simularile noastre sunt ecuatiile de flux Ricci:

$$\frac{\partial}{\partial t} h(\rho, t) + \frac{(\frac{\partial}{\partial \rho} m(\rho, t))^2}{2(m(\rho, t))^2} - \frac{\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} m(\rho, t)}{m(\rho, t)} + \frac{(\frac{\partial}{\partial \rho} h(\rho, t))(\frac{\partial}{\partial \rho} m(\rho, t))}{2(h(\rho, t))(m(\rho, t))} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} m(\rho, t) + \frac{(\frac{\partial}{\partial \rho} m(\rho, t))^2}{2(h(\rho, t)m(\rho, t))} - \frac{\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} m(\rho, t)}{h(\rho, t)} + \frac{(\frac{\partial}{\partial \rho} h(\rho, t))(\frac{\partial}{\partial \rho} m(\rho, t))}{2(h(\rho, t))^2} = 0 \quad (3)$$

In investigatiile numerice prezentate aici s-au folosit ca date initiale forma functiilor $m(\rho, t)$ si $h(\rho, t)$ similar celor sugerate de Rubinstein adica

$$m_0(\rho) = \left(\frac{\sin(\rho) + c_3 \sin(3\rho) + c_5 \sin(5\rho)}{1 + 3c_3 + 5c_5} \right)^2 \quad (4)$$

cu valori potrivite ale coeficientilor c_3 si c_5 . De fapt acesti coeficienti controleaza forma suprafetei, de exemplu pentru $c_3 = c_5 = 0$ suprafata este o sfera.

Cum aplicam metoda in diferente finite pentru ecuatiile (2) si (3) ? Abordarea cea mai directa este de a folosi intervale egale pe ambele axe t si ρ (metoda curent denumita FTCTS).

Vom aplica pentru derivatele temporale din ecuatiile de mai sus (2) si (3) metoda Euler inainte in timp (forward in time - FT).

Pentru derivatele spatiale putem folosi o reprezentare in ordinul doi deoarece inca putem folosi numai cantitati cunoscute la timpul j avind astfel pentru derivatele de ordinul intii:

$$\frac{\partial u_i^j}{\partial \rho} = \frac{u_{i+1}^j - u_{i-1}^j}{2\Delta \rho} + O(\Delta \rho^2)$$

si pentru cele de ordinul doi :

$$\frac{\partial^2 u_i^j}{\partial \rho^2} = \frac{u_{i+1}^j - 2u_i^j + u_{i-1}^j}{(\Delta \rho)^2} + O(\Delta \rho^2)$$

Acestea fiind stabilite s-a compus un program in Maple pentru a transcrie in diferente finite ecuatiile de mai sus (2) si (3). Acum integrarea in timp a acestor doua ecuatii in diferente finite este directa

$$\text{adica: } hh_{i,j+1} = hh_{i,j} + \det e * enol_{i,j} \quad (5)$$

$$mm_{i,j+1} = mm_{i,j} + \det e * eno2_{i,j}$$

pentru orice timp $j \geq 0$ daca valorile initiale pentru $hh_{i,0}$ si $mm_{i,0}$ sunt date/cunoscute.

Programul Maple astfel alcătuit este cuprins in manualul de utilizare anexat acestei cercetari.

Inainte de obtinerea rezultatelor grafice am verificat stabilitatea stabilitatea schemei de integrare cu diferente finite implementate prin metoda von Neuman printre-o procedura Maple separata descrisa si ea in manualul de utilizare. In acest fel am stabilit criteriile de stabilitate specifice in diferitele cazuri abordate.

In cele ce urmeaza vom prezenta o selectie a rezultatelor numerice obtinute, cu precadere cele obtinute in cazul valorii coeficientilor $c_3 = 0.766$ si $c_5 = -0.091$ (o suprafata de rotatie cu doi lobi)

pe un grid cu 50 de puncte ($n = 50$) cu marimea intervalului spatial $\Delta \rho = \delta = \frac{\pi}{n} = 0.06283185308$

si un pas de timp luat ca $\Delta t = \det e = 0.002$. In consecinta Factorul Couran a fost $\frac{\Delta t}{(\Delta \rho)^2} = 0.2533029590$ (mai mic decit unitatea).

Figurile urmatoare sint obtinute dupa un numar minim de 50 de pasi de integrare.

Figura nr. 4 prezinta evolutia temporală a razei suprafetei de rotatie $\sqrt{m(t)}$ (stanga) si a scalarului Ricci (dreapta).

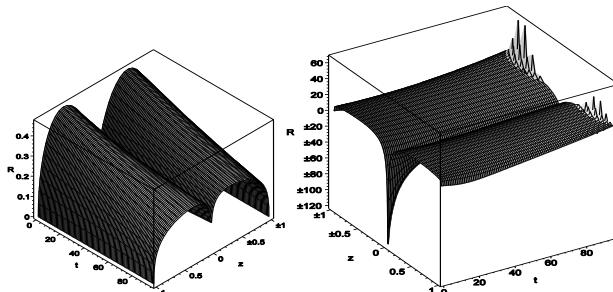


Figura 4: Evolutia temporala a razei suprafetei de rotatie (stinga) si a scalarului Ricci (dreapta)

Figura nr. 5 prezinta forma 3D a suprafetei cu doi lobi ($c_3 = 0.766$ si $c_5 = -0.091$) la momentul initial si dupa 96 de iteratii

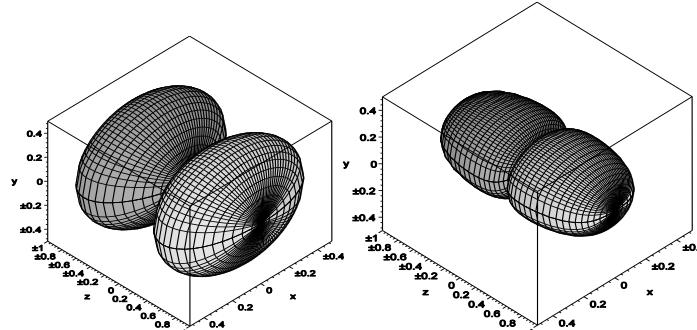


Figura 5: Forma suprafetei cu doi lobi la momentul initial (stinga) si dupa 96 de iteratii (dreapta)

Un alt caz studiat a fost cel al unei suprafete de rotatie cu 3 lobi, pentru care $c_3 = 0.021$ si $c_5 = 0.598$. Figura nr. 6 prezinta forma 3D a suprafetei la momentul initial si dupa 46 de viteratii.

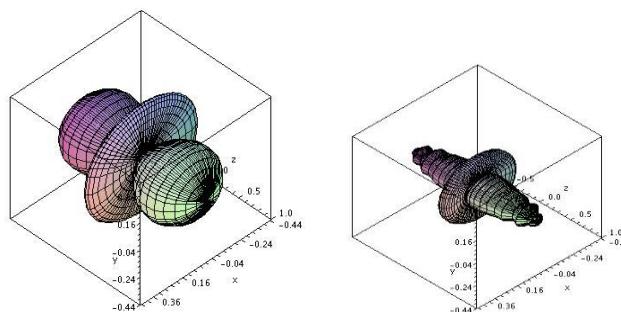


Figura 6: Forma suprafetei cu trei lobi la momentul initial (stinga) si dupa 46 de iteratii (dreapta)

Am utilizat aceste rezultate numerice si in compunerea unor filme simuland evolutia in timp a suprafetelor de rotatie respective (sfera, suprafetele cu 2 si 3 lobi).

Productia de perechi in camp magnetic

Problema productiei de fermioni in campuri magnetice in prezenta gravitatiei reprezinta una dintre problemele fundamentale din teoria campului in Relativitatea generala. Aceasta deoarece este cunoscut faptul ca stelele neutronice sau chiar gaurile negre au in apropierea lor campuri magnetice foarte intense. Din acest motiv ne-am propus sa abordam productia de fermionii in camp magnetic intr-o geometrie de Sitter.

Am considerat campul magnetic al unui dipol magnetic plasat in geometria de Sitter. Potentialul vector care descrie acest camp in geometria de Sitter este:

$$\hat{\vec{A}}(x) = \frac{\vec{M} \times \vec{x}}{|\vec{x}|^3} e^{-\omega t},$$

Unde M , este momentul de dipol magnetic, iar factorul care contine exponentiala apare datorita faptului ca construim teoria intr-un reper local. Folosind acest potential am calculat amplitudinea in ordinul intai al teoriei de perturbatii (electrodinamica cuantica pe de Sitter) , corespunzatoare productiei de perechi electron-positron in universul de Sitter , care este data de ecuatie:

$$\mathcal{A}_{e^-e^+} = -ie \int d^4x [-g(x)]^{1/2} \bar{U}_{\vec{p},\lambda}(x) \vec{\gamma} \cdot \hat{\vec{A}}(x) V_{\vec{p}',\lambda'}(x).$$

Unde cu U,V am notat solutiile ecuatiei Dirac in baza impulsului obtinute in geometria de Sitter. Calculul amplitudinii duce in final la un rezultat exprimat in termeni de functiile hipergeometrice Gauss, functii gamma Euler sunt functiile treapta:

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_{e^-e^+} = & -\frac{ie}{4\pi^3 |\vec{p} + \vec{p}'|^2} \left\{ \frac{\theta(p - p')}{p} \left[f_k^* \left(\frac{p'}{p} \right) - \text{sgn}(\lambda\lambda') f_k \left(\frac{p'}{p} \right) \right] \right. \\ & \left. + \frac{\theta(p' - p)}{p'} \left[f_k^* \left(\frac{p}{p'} \right) - \text{sgn}(\lambda\lambda') f_k \left(\frac{p}{p'} \right) \right] \right\} \xi_\lambda^+(\vec{p}) [\vec{\sigma} \cdot (\vec{M} \times (\vec{p} + \vec{p}'))] \eta_{\lambda'}(\vec{p}'), \end{aligned}$$

unde am facut notatia,

$$f_k \left(\frac{p'}{p} \right) = \left(\frac{p'}{p} \right)^{1-ik} \Gamma \left(\frac{3}{2} - ik \right) \Gamma \left(\frac{1}{2} + ik \right) {}_2F_1 \left(1, \frac{3}{2} - ik; 2; 1 - \left(\frac{p'}{p} \right)^2 \right)$$

Din formula de mai sus observam ca impulsul nu se conserva in procesul de productie de fermioni in camp extern . Acest fapt este datorat prezentei campului extern in geometria de Sitter care poate duce la incalcarea invariantei la translatiile spatiale. Ridicand in modul patrat si sumand dupa helicitatile finale am obtinut probabilitatea procesului. Exista probabilitati nenule de tranzitie diferite in functie de conservarea helicitatii in acest process. Formula finala a probabilitatii de tranzitie a fost obtinuta facand sumarea dupa bispinorii de helicitate, iar produsul vectorial dintre momentul de dipol magnetic si impusurile perechii electron-positron din amplitudinea de tranzitie, duce la un rezultat important si anume: particulele sunt emise cel mai probabil perpendicular pe directia campului magnetic . Formula finala a probabilitatii este:

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{e^-e^+} = & \frac{e^2 M^2}{16\pi^6 (p^2 + p'^2 + 2pp' \cos(\beta - \varphi))^2} \left\{ \frac{\theta(p - p')}{p^2} \left[2 \left| f_k \left(\frac{p'}{p} \right) \right|^2 \pm \left(f_k^2 \left(\frac{p'}{p} \right) + f_k^{*2} \left(\frac{p'}{p} \right) \right) \right] \right. \\ & \left. + \frac{\theta(p' - p)}{p'^2} \left[2 \left| f_k \left(\frac{p}{p'} \right) \right|^2 \pm \left(f_k^2 \left(\frac{p}{p'} \right) + f_k^{*2} \left(\frac{p}{p'} \right) \right) \right] \right\} \begin{cases} (p - p')^2 (1 - \cos(\beta - \varphi)) & \text{for } \lambda = -\lambda' \\ (p + p')^2 (1 + \cos(\beta - \varphi)) & \text{for } \lambda = \lambda' \end{cases} \end{aligned}$$

Unde k este raportul (masa particulei)/(factor de expansiune). Am obtinut de asemenea comportarea grafica a probabilitatii de tranzitie in functie de parametrul $k=(masa\ particulei)/(factor\ de\ expansiune)$, pentru valori date ale impulsurilor. In graficele de mai jos cu linie punctata este reprezentat cazul cand helicitatea este conservata iar cu linie plina cazul cand helicitatea nu se conserva .

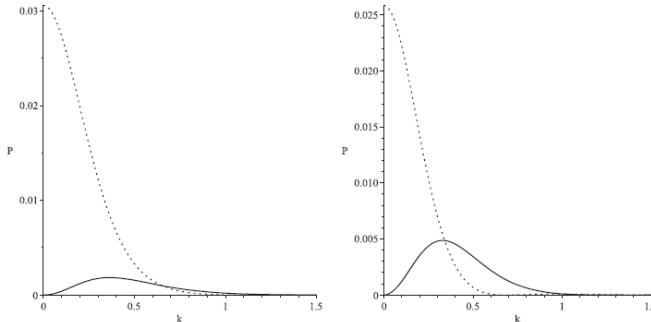


FIG. 2. Probability as a function of parameter k , for $p/p' = 0.3$ in the left part and $p/p' = 0.1$ in the right part. The point line represents the case of helicity conservation and the solid line the case when helicity is not conserved.

Din figurile 2 si 3 observam faptul ca probabilitatea de productie de fermioni este neneula doar cand parametrul k ia valori mici apropiate de zero. De aici rezulta o consecinta fizica foarte importanta si anume ca acest process a fost posibil doar in conditiile de expansiune rapida din universul timpuriu cand factorul de expansiune a fost mult mai mare decat masa particulei. De asemenea din grafice se observa faptul ca probabilitatile de tranzitie devin oscilante atunci cand raportul impulsurilor particulelor devine foarte mic. Un alt rezultat care merita mentionat este legat de limita Mikowski care se obtine atunci cand factorul de expansiune devine nul sau parametrul k devine infinit. In aceasta limita se obtine ca amplitudinea si probabilitatea se anuleaza. Acest rezultata este asteptat deoarece cunoastem faptul ca acest proces de productie de perechi calculat perturbativ este interzis in electrodinamica cuantica de pe spatiul Minkowski din cauza conservarii simultane a impulsului si energiei.

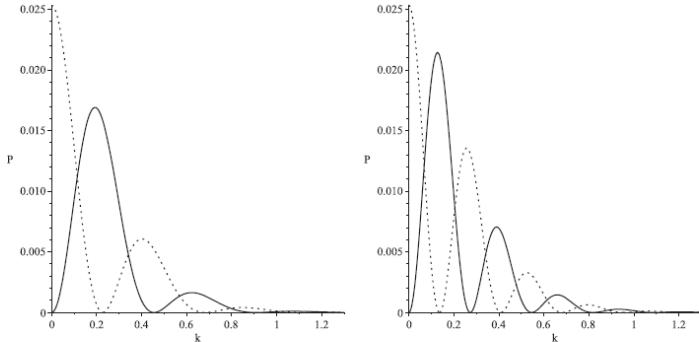


FIG. 3. Probability as a function of parameter k , for $p/p' = 0.001$ in the left part and $p/p' = 0.00001$ in the right part. The point line represents the case of helicity conservation and the solid line the case when helicity is not conserved.

In concluzie am aratat faptul ca rezultatele noastre sunt valabile pentru campuri gravitationale puternice si campuri magnetice slabe. Din acest motiv consideram ca acest rezultat este un prim pas pentru studii viitoare in care sa se considere campuri magnetice tari in combinatie cu campuri gravitationale tari.

Fermionii emisi de o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter

In aceasta lucrare este discutata problema factorilor de forma (greybody factors) caracteristici fermionilor de joasa energie emisii ca si radiatie Hawking de catre o gaura neagra Schwarzschild-de Sitter (SdS). Lucrarea incepe cu o scurta introducere in teoria radiatiei Hawking si se continua apoi cu gasirea de solutii aproximative ale ecuatiei Dirac valide in vecinatatea orizontului gaurii negre SdS, in vecinatatea orizontului cosmologic si respectiv, intr-o regiune dintre cele doua orizonturi. In urma conectarii acestor solutii doua cate doua este posibila calcularea sectiunii de absorbtie si implicit gasirea unei expresii analitice (valabila doar la energii mici) pentru factorii de

forma. În încheiere este prezentată o scurta discuție a spectrului energiei radiatiei Hawking emise sub formă de fermioni de o gaura neagră SdS.

Expresia “factorilor de formă” caracteristici radiatiei Hawking fermionice pentru o gaura neagră 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 și β_c sunt termeni constanti care depind de raza orizontului cosmologic și de raza orizontului gaurii negre (forma lor exactă poate fi consultată în lucrarea indicate la sfârșitul prezentrului raport).

Imprastierea fermionilor pe gauri negre încărcate electric

În aceasta lucrare este studiată în profunzime problema imprastierii fermionilor pe o gaura neagră de tip Reissner -Nordstrom. Astfel, în prima parte sunt prezentate solutiile analitice aproximative ale ecuației Dirac în geometria Reissner -Nordstrom punând accentul pe solutiile de imprastiere care au fost folosite la obținerea diferențelor de fază δ_k cu ajutorul analizei în unde parțiale. Trebuie subliniat faptul că aceste rezultate în cazul imprastierii fermionilor pe gauri negre Reissner –Nordstrom au fost raportate în literatură de specialitate pentru prima dată în asticolul nostrum. Formula analitică care a reiesit din calule este:

$$S_\kappa = e^{2i\delta_k} = \left(\frac{\kappa - i\lambda}{s - iq} \right) \frac{\Gamma(1 + s - iq)}{\Gamma(1 + s + iq)} e^{i\pi(l-s)}$$

Cu ajutorul diferențelor de fază se calculează forma explicită a secțiunilor de imprastiere (diferențială, totală și de absorbtie), precum și gradul de polarizare. Ultima parte a capitolului este dedicată interpretării fizice folosindu-ne de analiza grafică a rezultatelor continue în expresii analitice complexe. Rezultatele noastre referitoare la imprastierea undelor cu spin $\frac{1}{2}$ pe o gaura neagră Reissner -Nordstrom ne indică prezența fenomenelor de glory (adică imprastierea înapoi la unghiuri apropiate de π) și de orbiting/spiral scattering (prezența de oscilații în amplitudinea de imprastiere) confirmând astfel rezultatele altor studii din literatură. Pe lângă dependența de unghiul θ a imprastierilor înainte și înapoi, este analizată de asemenea și dependența de energie a secțiunii diferențiale de imprastiere. Un fascicul de unde incidente nepolarizat poate deveni parțial polarizat în urma imprastierii pe o gaura neagră. A fost discutată de asemenea și dependența gradului de polarizare cu masa gaurii negre, precum și polarizarea pe o direcție ortogonală cu planul de imprastiere (polarizarea Mott). Analiza grafică se încheie cu studierea secțiunii de absorbtie.

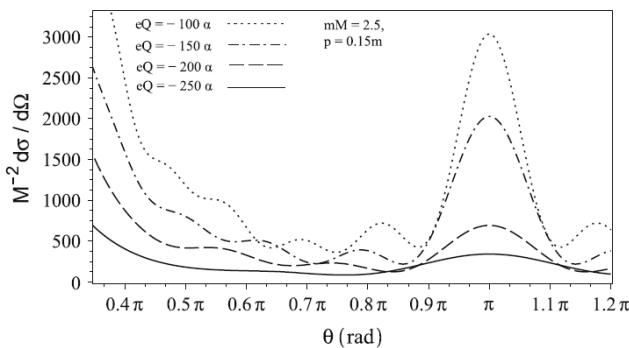


Fig.1: Imprastierea fermionilor pe o gaura neagră Reissner_Nordstrom

Efectul Aharonov-Bohm relativist.

Efectul Aharonov Bohm a fost studiat mai bine de opt decenii folosind mecanica cuantica nerelativista in care electronul este descris de ecuatie Schrodinger-Pauli. El se refera la curentii care pot aparea intr-o spira semiconductoare plasata perpendicular pe liniile unui camp magnetic omogen. Principalul rezultat care evidenzaaza particularitatea acestui efect este aparitia unor curenti care persista inclusive la temperature de 0 grade K. Aceste curenti sunt formati din curenti partiali care depend de momentul liniar de cinetic total.

In Lucrarile mentionate se studiaza acest effect folosind ecuatie Dirac a unui electron constans sa se miste pe o spira sau un cilindru subire. In ambele situatii se obtine rezultatul surprinzator ca in cazul relativist curentii partiali nu mai sunt proportionali cu momentul cinetic ci se satureaza (ca in Fig. 1) la valori mari ale acestuia. Asta face ca sa se obtina alte expresii ale curentilor persistenti care ar putea fi accesibili direct experimentului.

Acet efect relativist devine important pentru inele sau cilindrii cu raze foarte mici (de ordinul nanometrilor) care nu pot fi inca direct studiate experimental dar de care noile tehnici se apropie rapid astfel incat vom avea in curand confirmarea efectului de saturatie si a formei curentilor persistenti. Din acel moment se va deschide o noua directie de cercetare in fizica corpului solid si anume sisteme condensate relativiste.

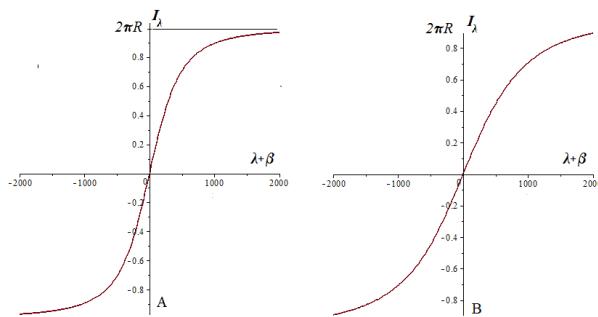


Fig.1 Saturatia curentilor partiali in functie de momentul cinetic pentru inele de InSb de raze de 20 si 40 nm.

Aproximatio post-newtoniana si aplicatiile ei in studiul miscarii geodezice in teorii de gravitatie alternative

In cadrul cercetarii de fata ca o continuare a rezultatelor obtinute in etapa anterioara rezolvarea ecuatiilor de miscare a particulelor in campuri gravitationale de difetite tipuri, am abordat problema aproximatiei postnewtoniane pentru descrierea dinamica a acestor miscari.

Aproximatio post-newtoniana (APN) este o metoda folosita la gasirea unor solutii aproximative ale ecuatiilor Einstein. Metoda consta in dezvoltarea in serie in raport cu unul sau mai multi parametrii infinitezimali a tensorilor si marimilor care apar in ecuatiile Einstein. Ecuatiile obtinute in acest fel sunt valabile in cazul campurilor gravitationale slabе (weak field limit). Prin considerarea si a termenilor de ordin superior se obtin solutii din ce in ce mai precise. Gravitatia Newtoniana se obtine facand toti parametric, in raport cu care s-a facut expansiunea, egali cu zero. Cele mai uzuale abordari in obtinerea APN consta fie in expansiunea in raport cu $1/c^2$ a ecuatiei, fie in expansiunea tensorului metric in raport cu

tensorul metric Minkovskian: $g_{\mu\rho} = \eta_{\mu\rho} + h_{\mu\rho}$. In cazul relativitatii generale cea mai folosita APN consta in introducerea a doua potentiiale care vor produce un tensor metric de forma:

$$ds^2 = a^2(\tau) [(1 + 2\Psi)d\tau^2 - (1 - 2\Phi)\delta_{ij}dx^i dx^j]$$

In abenta surseor anizotrope ramanem doar cu un potential, deoarece in acest caz $\Psi = \Phi$.

In continuare vom descrie pe scurt cum poate fi folosita aproximatia post-newtoniana la studierea miscarii intr-un univers in expansiune, ca cel in care traim si noi conform celor mai recente observatii astrofizica si cosmologice. Elementele tensorului metric, in acest caz au urmatoarele expresii: $g_{00} = -c^2(1 - h_{00})$, $g_{0i} = a(t)ch_{0i}$, $g_{ij} = a(t)^2(\delta_{ij} + h_{ij})$ unde h_{ij} este exprimat in termeni de potential newtonian si de potentiialele de ordin superior astfel:

$$h_{00} = -2c^{-2}\Phi + c^{-4}\Psi$$

$$h_{0i} = c^{-3}\Psi_i h_{ij} = -2c^{-2}\Phi\delta_{ij}$$

Lagrangeanul, care descrie miscarea unei particule intr-o geometrie in expansiune data de metrica de mai sus, are expresia:

$$L = -m_a c ds/dt = -m_a c^2 [1 - 2c^{-2}\Phi + c^{-4}\Psi - 2c^{-4}S\Psi_i v_i - S^2(1 - 2\Phi c^{-2})v^2 c^{-2}]_a^{0.5}$$

Introducand acest lagrangean in ecuatiiile Euler-Lagrange vom obtine o ecuatie care dupa ce o rezolvam (algebraic sau numeric cu Maple) vom obtine traiectoriile posibile ale unei particule intr-un univers aflat in expansiune. Ecuatia are urmatoarea forma

$$c^2 \left[a^2 v_a^l + G a^{-1} \sum_b m_b \dot{n}_{ba}^l r_{ab}^{-2} + \frac{4}{3t} a^2 v_a^l \right] + R_1 + R_2 = 0$$

unde R_1 este un termen characteristic miscarii intr-o geometrie plata minkovskiana, iar R_2 este un termen characteristic universului in expansiune.

Trebuie mentionat faptul ca efectul post-newtonian trebuie inclus pentru o deplasare spre rosu $z \leq 10$ si pentru regiuni spatiale incare neomogenitatile sunt in present de marimea $L = ct_0/5$, pentru ca $(L/ct)^2 = 0.4$ pentru $z = 10$.

Activitati realizate de Partenerul P1

Simetrii generalizate conditionate in legatura cu solutiile ecuatiei Klein–Gordon–Fock cu simetrie centrala

Aceeasi tehnica a simetriilor conditionale generalizate (GCS), mentionata in lucrarea anterioara, a fost utilizata in studiul celebrei ecuatii Klein–Gordon–Fock (KGF) cu simetrie centrala, ecuatie care descrie propagarea pulsurilor de energie in plasme de densitate mica. Au fost stabilite conditiile in care ecuatia admite simetrii conditionale generalizate de ordinul doi si, prin rezolvarea sistemului determinant, au fost obtinute mai multe clase de solutii exacte ale ecuatiei. Ecuatia care a fost studiata a fost de forma:

$$u_{2t} - u_{2r} + \frac{b}{r^2}u = 0.$$

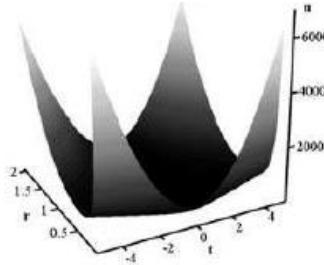
Operatorii de simetrie atasati au acum forme diferite de operatorii corespunzatori ce au fost obtinuti prin alte metode. Generatorii algebrei Lie sunt de forma:

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\partial}{\partial t}, & X_2 &= t \frac{\partial}{\partial t} + r \frac{\partial}{\partial r}, & X_3 &= (t^2 + r^2) \frac{\partial}{\partial t} + 2tr \frac{\partial}{\partial r}, \\ X_4 &= u \frac{\partial}{\partial u}, & X_5 &= \gamma(r, t) \frac{\partial}{\partial u}, \end{aligned}$$

Intre solutiile noi identificate se numara si o familie de curbe cu 7 parametrii, de forma:

$$u(r, t) = \frac{\left[\frac{q_2}{2} t^2 + q_4 t + q_5 \right] r^{(-n)} + \left[\frac{q_1}{2} t^2 + q_6 t + q_7 \right] r^{(n+1)} - 2r^2 \left[-\left(n - \frac{1}{2} \right) q_1 r^{(n+1)} + \left(n + \frac{3}{2} \right) q_2 r^{(-n)} \right]}{8n^2 + 8n - 6}.$$

Reprezentarea grafica a solutiei pentru o alegere specifica a parametrilor a fost gasita ca in figura alaturata.



Solitoni si alte solutii invariante pentru propagarea pulsurilor in membrane

A fost investigata o forma generalizata a ecuatiei Boussinesq, ecuatie care este relevanta pentru fenomenele de propagare a undelor neliniare prin medii turbulente prin metoda simetriilor conditionale generalizate (metoda GCS). Metoda clasica a simetriilor Lie, asa cum a fost ea formulata, presupune invarianta ecuatiilor la actiunea operatorilor infinitezimali de simetrie. Consideram o ecuatie diferențiala de forma

$$u_t = E(t, x, u, u_x, \dots, u_{mx})$$

Pentru aceasta ecuatie, operatorii Lie se pot reprezenta ca:

$$X = \sum_{i=1}^p \xi^i(x, u) \frac{\partial}{\partial x^i} + \sum_{\alpha=1}^q \phi_\alpha(x, u) \frac{\partial}{\partial u^\alpha}.$$

Metoda GCS presupune ca ecuatiile considerate sa fie invariante in raport cu un grup de transformari non-Lie dat de relatii:

$$\begin{aligned} \bar{u} &= u + \varepsilon \eta(t, x, u, u_x, \dots, u_{Nx}) + O(\varepsilon^2), \\ \bar{u}_t &= u_t + \varepsilon D_t \eta(t, x, u, u_x, \dots, u_{Nx}) + O(\varepsilon^2), \\ \bar{u}_x &= u_x + \varepsilon D_x \eta(t, x, u, u_x, \dots, u_{Nx}) + O(\varepsilon^2), \end{aligned}$$

Un astfel de grup de simetrii este generat de un camp vectorial de caracteristica η si care se poate exprima sub forma:

$$V = \sum_{k=0}^{\infty} D_x^k \eta \frac{\partial}{\partial u_{kx}}.$$

Practic, impunerea conditiilor de simetrii generalizate presupune o dubla invarianta:

$$u_t - E = 0, \quad D_x^j D_x^i (u_t - E) = 0, \quad i, j = 0, 1, 2, \dots$$

Aplicarea metodei pentru cazul unei membrane biologice a permis sa se puna in evidenta clase noi de solutii invariante pentru ecuatiile studiate.

Controlul automat al dinamicii satelitilor si aeronavelor cu aplicatii.

Cercetarea s-a axat in cazul aeronavelor pe controlul automat al procesului de aterizare pentru aparatele de zbor (plan lateral-directional) luand in considerare vantul lateral si erorile senzorilor. Doua astfel de

sisteme sunt prezentate utilizand tehnica H-inf, inversarea dinamica, observere optimale si modele de referinta. Rezultatele teoretice au fost implementate software si validate prin simulari numerice; acuratetea rezultatelor obtinute a fost analizata avandu-se in vedere cerintele FAA (Federal Aviation Administration).

In cazul satelitilor se proiecteaza un nou sistem de control automat pentru controlul atitudinii si a energiei stocate de acestia utilizand, ca actuatoare, roti inertiale. Procesul de proiectare a legii de control are la baza utilizarea unei functii Lyapunov ce depinde de vectorul quaternion eroare si de eroarea de orientare de tip viteza unghiulara a cadrului satelitului in raport cu triedrul de referinta.

In Fig. 1 este prezentata schema bloc a sistemului de control a atitudinii satelitilor si a energiei stocate de rotile inertiale. Satelitul este rotit astfel incat sa fie orientat simultan catre doua tinte (Soarele si statia terestra). Legea de control a atitudinii este de tip PD, cu coeficientii k_p si k_d . În prima faza (faza de initializare) comanda S se face prin intermediul propulsoarelor, iar în doua faza (faza de urmarire permanenta) prin intermediul rotilor inertiale.

Fie vectorul unitar $\mathbf{e} = [e_1 \ e_2 \ e_3]^T$ în lungul axei Euler, cu e_1, e_2, e_3 – cosinusurile directoare ale acestui vector (ale axei Euler) în raport cu triedrul inertial sau în raport cu un alt triedru fix legat de corpul rigid; $e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 = 1$. Quaternionii se definesc astfel: $q_1 = e_1 \sin \frac{\phi}{2}, q_2 = e_2 \sin \frac{\phi}{2}, q_3 = e_3 \sin \frac{\phi}{2}, q_4 = \cos \frac{\phi}{2}$, unde ϕ este unghiul de rotatie a rigidului în jurul axei Euler. Similar cu vectorul \mathbf{e} al axei Euler, se defineste vectorul quaternion: $\mathbf{q} = [q_1 \ q_2 \ q_3]^T = \mathbf{e} \sin \frac{\phi}{2}$. Unghiurile ce definesc atitudinea satelitului (unghiurile Euler – θ, ϕ si ψ) se definesc prin intermediul vectorilor quaternioni $\mathbf{q} = [q_1 \ q_2 \ q_3]^T$ si $\hat{\mathbf{q}} = [q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4]^T$. Unghiurile Euler asociate satelitului sunt similar cu cele ce exprima atitudinea aeronavei in raport cu triedrul legat de Pamant. Ecuatiile diferențiale ce definesc quaternionii sunt:

$$\dot{\mathbf{q}} = -\frac{1}{2} \boldsymbol{\omega}^* \mathbf{q} + \frac{1}{2} q_4 \boldsymbol{\omega}, \dot{q}_4 = -\frac{1}{2} \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{q}; \quad (1)$$

corelatia intre componentelete vectorului \mathbf{q} si unghiurile de atitudine este data de relatiile:

$$\theta = \text{atan} \frac{2(q_1 q_3 + q_2 q_4)}{-q_1^2 - q_2^2 + q_3^2 + q_4^2}, \varphi = \text{asin} [2(q_1 q_4 - q_2 q_3)], \psi = \text{atan} \frac{2(q_1 q_2 + q_3 q_4)}{-q_1^2 + q_2^2 - q_3^2 + q_4^2}. \quad (2)$$

Miscarea absoluta a satelitului este descisa de ecuatia:

$$\dot{\mathbf{K}} + \boldsymbol{\omega}^* \mathbf{K} = \mathbf{u}, \mathbf{u} = \mathbf{u}_t + \mathbf{u}_g + \mathbf{u}_p, \boldsymbol{\omega}^* = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_3 & \omega_2 \\ \omega_3 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

where $\boldsymbol{\omega} = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3]^T$ is the vector of the satellite's angular rates, \mathbf{K} – the equivalent kinetic moment, \mathbf{u} – the vector of exterior moments applied to the satellite, \mathbf{u}_t – the vector of command moments, \mathbf{u}_g – the vector of gravitational gradient moments, \mathbf{u}_p – the vector of disturbing moments

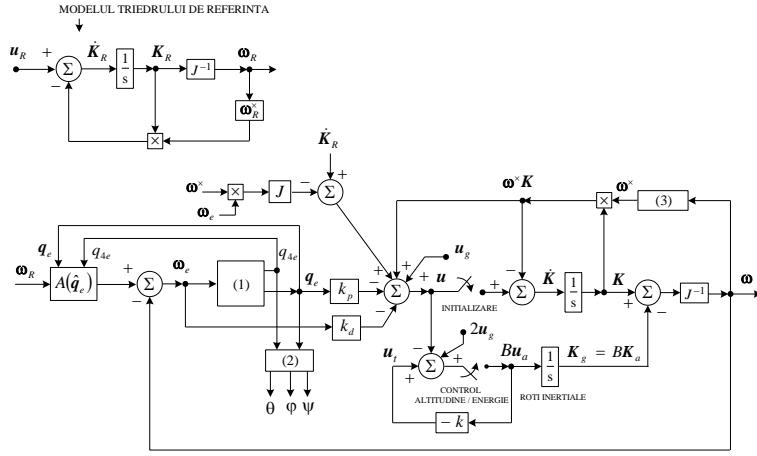


Fig. 1. Schema bloc a sistemului de control automat a atitudinii satelitilor si energiei stocate

Sistemul din Fig. 1 a fost implementat software (modelul Matlab/Simulink din Fig. 2) pentru cazul unui minisatelist. În fig. 3 sunt reprezentate caracteristicile de timp ale sistemului din fig. 1: în fig. 3.a – componentele $\theta(t), \phi(t), \psi(t)$, componentele vectorilor $\omega(t)$ și $u(t)$.

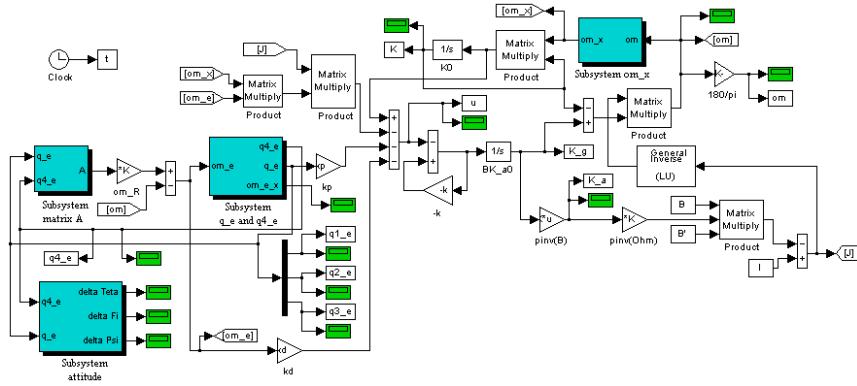
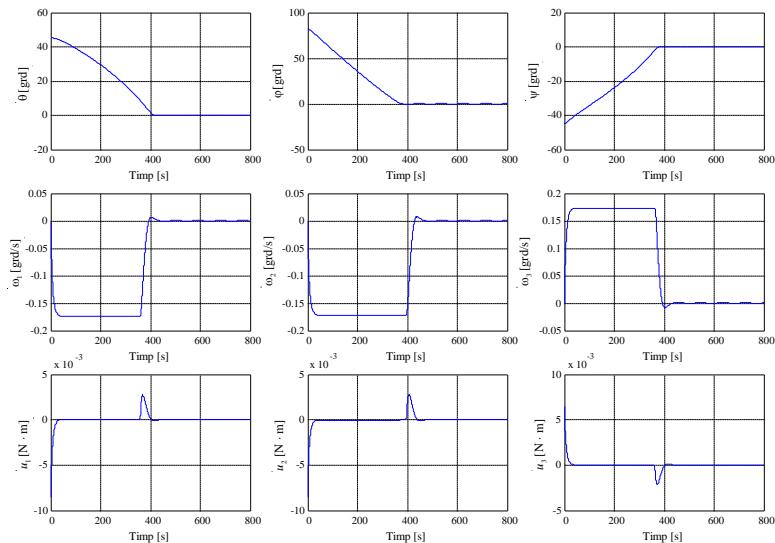
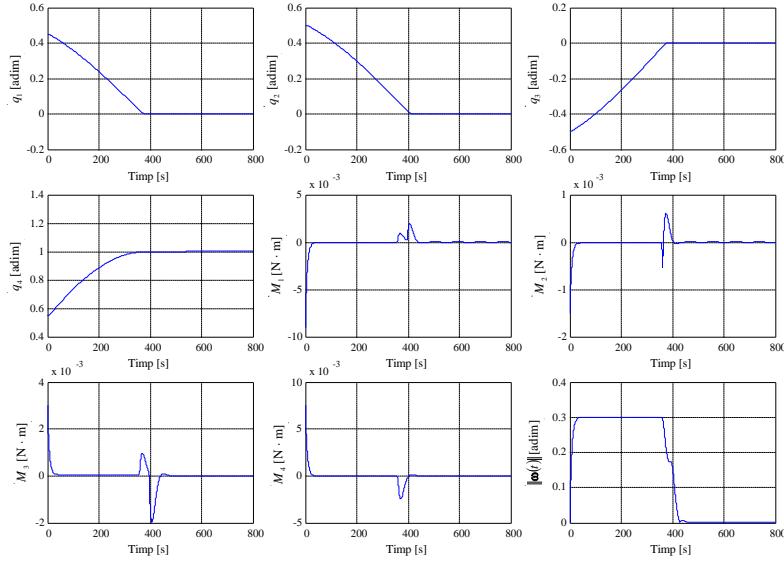


Fig. 2. Modelul Matlab/Simulink al sistemului din fig. 1



a.



b.

Fig. 2.4. Caracteristicile de timp ale sistemului din fig. 2.2

Activitati realizate de Partenerul P2

Radiatia electromagnetica a particulelor incarcate in miscarea stochastica

Studiul miscarii Browniene a particulelor incarcate electric in campuri electrice si magnetice, statice si variabile, are multe aplicatii importante in fizica plasmei si deci in astrofizica. In lucrare se analizeaza radiatia particulelor incarcate electric, care se misca nerelativist, in prezenta unor campuri electrice si magnetice externe, considerand simultan si prezenta unei gropi de potential si a unui forte de frecare stochastică, descrisa de procese stochastice fara memorie (de tip Markov), cat si cu memorie. Ecuatiile diferențiale care descriu aceasta miscare sunt rezolvate numeric si se urmareste calculul luminozitatii (Fig. 1) cat si al spectrului de putere (Fig. 2) al radiatiei emise si analiza peak-urilor din acest spectru.

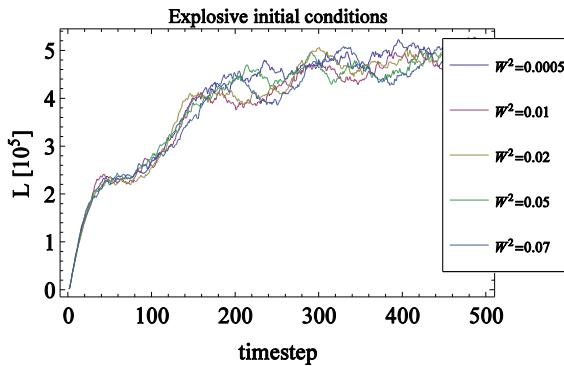


Fig. 1

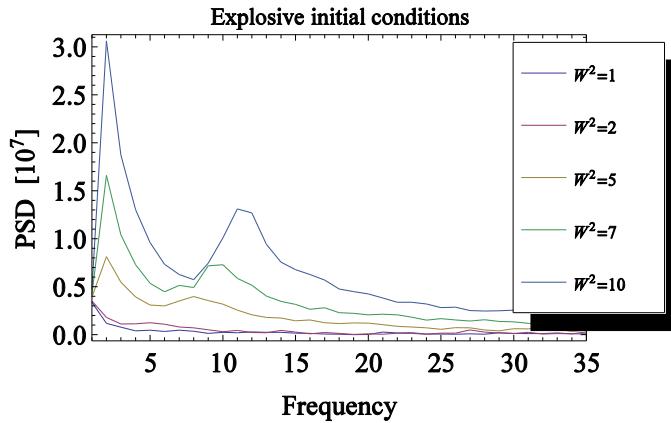


Fig. 2

C0-semigroups generated by second order differential operators

Lucrarea are ca scop gasirea unor solutii formale pentru ecuatii diferențiale 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 spatiu 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. Forma generala a operatorilor considerati este

$$W(u)(x) = \frac{1}{2}x^a(1-x)^b u''(x), \quad x \in [0, 1], \quad a, b \geq 2$$

Radiatia electromagnetică emisa de particule incarcate in miscare browniana

Realizările recente din astrofizică (expansiunea accelerată a universului), detectarea directă a undelor gravitaționale, etc. redeschide interesul pentru noi investigații în astrofizica și cosmologie. Ideea acestui articol constă în studiul radiației electromagnetice generate de particule incarcate, nerelativiste, în mișcari stocastice sub efectul unor forțe exterioare aleatoare, în prezența campurilor magnetice constante, și care interacționează cu mediul înconjurător prin intermediul coliziunii interparticle, descrisă ca o forță de frecare, rezultatele fiind discutate într-un context astronomic. Utilizând ecuația Langevin pentru mișcarea unei particule incarcate în camp magnetic supusă unei atenuări aleatoare a acceleratiei

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{Ze}{mc} [\vec{v}(t) \times \vec{B}(t)] - \nu \vec{v}(t) + \vec{\eta}(t),$$

Se determină puterea electromagnetică totală emisă de particula în mișcare stocastică

$$P = \frac{2}{3} \frac{(Ze)^2}{c^3} \left\{ \frac{Ze}{mc} [\vec{v}(t) \times \vec{B}(t)] - \nu \vec{v}(t) + \vec{\eta}(t) \right\}^2.$$

Analiza soluției asociate ecuației Langevin conduce la

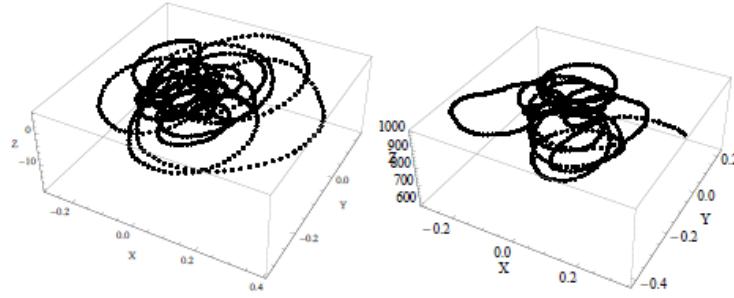


FIGURE 1. Displacement of a charged particle in Brownian motion in a constant magnetic field with dimensionless Larmor frequency $\bar{\Omega} = 10$, for thermal initial conditions $V_{0x} = V_{0y} = V_{0z} = 0.2$ (left figure), and for explosive initial conditions, $V_{0z} = 10^3$, $V_{0x} = V_{0y} = 0$ (right figure).

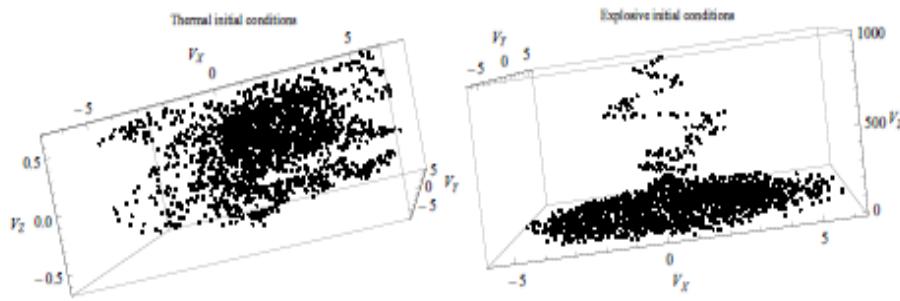
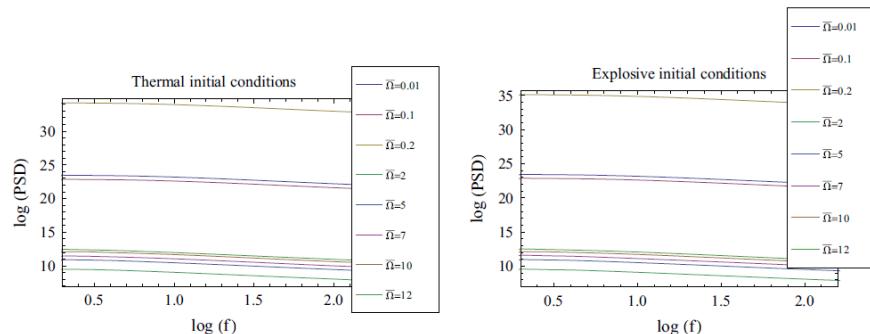


FIGURE 2. Velocity of a charged particle in Brownian motion in a magnetic field with dimensionless frequency $\bar{\Omega} = 10$, for thermal initial conditions $V_{0x} = V_{0y} = V_{0z} = 0.2$ (left figure), and for explosive initial conditions, $V_{0z} = 10^3$, $V_{0x} = V_{0y} = 0$ (right figure).

O atenție deosebită este dedicată curbei de lumină generate în timpul mișcării. Ecuatiile Langevin corespunzătoare sunt rezolvate numeric, pentru condiții inițiale termice și explozive.

Radiatia emisa de o particula incarcata electric care efectuaza miscarea Browniana, in camp magnetic



Log–log representation of the PSD of the electromagnetic power emitted by a charged particle in Brownian motion in a constant magnetic field. The terms “thermal” and “explosive” refer to initial conditions of $V_{0x} = V_{0y} = V_{0z} = 0.2$ and $V_{0x} = V_{0y} = V_{0z} = 100$, respectively

Radiatia emisa de o particula incarcata electric care efectuaza miscarea Browniana, frecare “cu memorie”

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \int_0^t \gamma(t-t') \frac{dx(t')}{dt'} dt' + \omega_0^2 x = \xi_C(t),$$

unde

$$\gamma(t) = \frac{\alpha}{\tau_d} \exp \{-t/\tau\},$$

$$\langle \xi_C(t)\xi_C(t') \rangle = \frac{1}{B}\gamma(t-t').$$

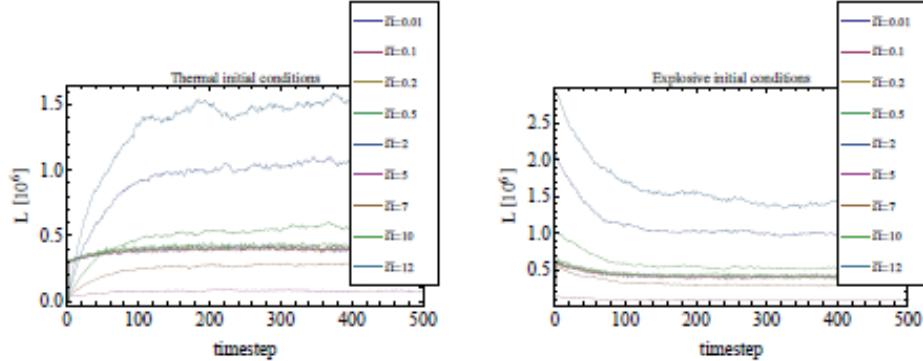


FIGURE 3. Dimensionless power L emitted by a charged particle in Brownian motion in a constant magnetic field. The terms "thermal" and "explosive" refer to initial conditions $V_{0x} = V_{0y} = V_{0z} = 0.2$, and $V_{0x} = V_{0y} = V_{0z} = 100$, respectively. For presentation purposes, the curves corresponding to $\Omega > 1$ were multiplied by 10.

c. 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.

(1) Disemiarie, comunicare, instruire si educatie (WP4)

Vom mentiona acum cateva activitati organizate in cadrul fazei II:

- Organizarea la Sinaia, in perioada 9-13 martie 2016, a Conferintei internationale “*The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena*”.
- Organizarea “Lectiile Schrodinger la Timisoara” martie 2016.
- Organizarea in cadrul conferintei internationale TIM 15-16 (Timisoara, Mai 2016) a unui Workshop dedicat proiectului COMISIS.
- R. Constantinescu si D. Vulcanov au avut diverse consultari stiintifice in vederea realizarii activitatilor de cercetare aferente proiectului la Atena (Grecia) si Nis (Serbia), cu reprezentanti ai asociatiei SEENET-MTP care cuprinde universitati si institute de cercetare din 11 tari din sud-estul Europei.
- Radu Constantinescu a participat la festivalul de promovare a educatiei stiintifice „Passion for Knowledge”, desfasurata la San Sebastian (Spania), unde a promovat proiectul COMISIS si alte activitati ale ROSA.
- Ciclul de manifestari „Craiova intre stele”, 13 – 18 oct. 2016, adresat elevilor din preuniversitar.
- Intalnirea Asociatiei AFIC a fizicienilor craioveni, organizata la Hunedoara, in zilele de 16-17 iunie 2016.
- Co-organizarea manifestarii Astro Day la UVT in cadrul careia au fost prezentate si conferinte publice despre activitatile ROSA-invitat special Dumitru Prunariu.
- S-au organizat vizite reciproce intre membrii colectivelor COMISIS pentru informare, schimp de experienta si colaborare.
- In cadrul activitatilor de promovare mai sus mentionate au fost realizate afise, postere si pliante corespunzatoare.

(2) 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 collective in cadrul fazei III (de catre directorul de proiect, responsabili si CE);
- Organizarea de seminarii stiintifice periodice in cadrul celor trei collective. 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 al proiectului pe probleme privind derularea cheltuielilor in cadrul proiectului.

7. Contextul si contributia la programele ESA

Desi nu ne-am propus in cadrul proiectului, in mod explicit, sa dezvoltam contributii directe la programele ESA, totusi tematica abordata in proiectul COMISIS deschide perspective asupra posibilitatii contributiei la unele din programele stiintifice ale ESA (acestea sunt de altfel mentionate si in propunerea initiala de proiect). Toate cele trei directii de cercetare din WP1, WP2 si WP3 pot face la finalizarea lor obiectul unor propuneri de programe ESA sau de contributie la unele programe deja existente.

8. Concluzii

Avand in vedere rezultatele obtinute in cadrul cercetarilor descrise mai sus, publicatiile rezultate, precum si activitatile administrative manageriale si de promovare desfasurate consideram ca activitatatile desfasurate in cadrul fazei 3/2016 si-au atins in intregime scopul si obiectivele propuse si incheie in mod complet activitatile din cadrul proiectului COMISIS.

ANEXA Indicatori de rezultat.

ANEXA RST

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 universități
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 (industria, institute naționale de CDI, entități de CDI, universități) (%) (se raportează bugetul total alocat entității pe etapa 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.)	6
13	nr. cereri brevete depuse național/internațional	-

14	nr. brevete înregistrate national/international	-
15	nr. articole publicate sau acceptate spre publicare ⁴	20
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: CO - UVT

1. C.A. Sporea, **D.N. Vulcanov**, "Using Maple + GRTensorII in teaching basics of General Relativity and Cosmology", Rom. Rep. Phys. **68**, 29 (2016).
2. I.I. Cotaescu, C. Crucean and C.A. Sporea, "Partial wave analysis of the Dirac fermions scattered from Reissner - Nordstrom charged black holes", Eur. Phys. J. C (2016), **76**:413
3. I.I. Cotaescu, D.M. Baltateanu and I. Cotaescu Jr., "Relativistic persistent currents in ideal Aharonov-Bohm cylinders", Int. J. Mod. Phys. B, Vol. **30**, (2016) 1650190.
4. I.I. Cotaescu, C. Crucean and C.A. Sporea, "Partial wave analysis of the Dirac fermions scattered from Schwarzschild black holes", Eur. Phys. J. C (2016), **76**:102;
5. C.A. Sporea, A. Borowiec, "Low energy Greybody factors for fermions emitted by a Schwarzschild-de Sitter black hole", Int. J. Mod. Phys. D, Vol. **25**, No. 4 (2016) 1650043.
6. C. Crucean and M.A. Baloi, "Fermion production in a magnetic field in a de Sitter universe", Phys. Rev. D, Vol. **93**, No. 4 (2016) 044070.
7. I.I. Cotaescu, D.M. Baltateanu and I. Cotaescu Jr., "Relativistic persistent currents in ideal Aharonov-Bohm rings", Int. J. Mod. Phys. B, Vol. **30**, No. 1 (2016) 1550245.

Conferinte

1. Dumitru N. Vulcanov, "Computational methods in the study of the geodesic movement of particles in gravitational fields", *The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena*, 9 - 13 March 2016, Sinaia (Romania).
2. I.I. Cotaescu, "Isometry generators and canonical quantization on de Sitter spacetimes", *The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena*, 9 - 13 March 2016, Sinaia (Romania).
3. I.I. Cotaescu, C. Crucean and C.A. Sporea, "Fermion Scattering on Reissner-Nordstrom charged black holes", *The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena*, 9 - 13 March 2016, Sinaia (Romania).

Partener P1 - UCV

1. Cimpoiasu, R. "Nerve pulse propagation in biological membranes: Solitons and other invariant solutions". International Journal of Biomathematics (**ISI Journal**), vol. 9, no. 3, 2016, 1650075-1-1650075-13.
2. Constantinescu, R. "Generalized conditional symmetries and related solutions of the Klein-Gordon-Fock equation with central symmetry". Romanian J. Phys. (**ISI Journal**) 61 (2016): 77-88.
3. Lungu, R., Lungu, M., „Automatic Control of Aircraft in Lateral-Directional Plane During Landing”. Asian Journal of Control (**ISI Journal**), vol. 18, nr. 3, pag. 433-446, 2016.
4. Cimpoiasu, R., Constantinescu, R., Streche, A. *Chaos and symmetry in mathematical neural flow models*. BioInformatics Conference, Belgrade, 2016 (p. 99).
5. Lungu, M., Lungu, R., Ioan, M. „Automatic Control of the Satellites' Attitude and Stored Energy using Inertial Wheels”. 17th International Carpathian Control Conference (ICCC 2016), Tatranská Lomnica, Slovak Republic, May 29 - June 1, 2016, pag. 455-460.
6. Cimpoiasu, R., Constantinescu, R. „Conservation laws and solutions of 2D Ricci flow in the solitonic sector”. The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena. 9-13 martie 2016, Sinaia.
7. Cimpoiasu, R., Constantinescu, R. „First integrals and integrating factors for some NODEs through lambda-symmetries”. The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena. 9-13 martie 2016, Sinaia.
8. Boldea, A., Predatu, M. „Light-curves of Near Earth Asteroids through computational methods”. The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena. 9-13 martie 2016, Sinaia.
9. Ionescu, C., Stoicescu, M., Streche, A. „A special case of Chua system. Chaos and regular behavior”. The Joint Meeting on Quantum Fields and Nonlinear Phenomena. 9-13 martie 2016, Sinaia.

Partener P2 – UBB

1. T. Harko, G. Mocanu – Electromagnetic radiation of charged particles in stochastic motion. *European Journal of Physics C*, 76, 160 (2016)
2. G. Mocanu – C0-semigroups generated by second order differential operators. *Annales Polonici Mathematici*, 116.1 (2016)
3. T. Harko, A. Marcu, G. Mocanu - Radiation Emitted By A Charged Particle Undergoing Brownian Motion In A Magnetic Field (Accepted to be published in AIP 2017)

4. 15th International Conference on Applied Mathematics and Computer Science 2016, Cluj-Napoca, 5-7 Iulie, "Radiation of charged particles undergoing drift/diffusion", autori: G. Mocanu, prezentare orala (acceptat)
5. TIM15-16 Physics Conference, Timisoara 26-28 Mai 2016, Prezentare orala "Radiation emitted by a charged particle undergoing Brownian motion in a magnetic field", autor: G. Mocanu
6. TIM15-16 Physics Conference, Timisoara 26-28 Mai 2016, poster "2D Cellular Automaton model of a magnetic flux tube with background flow. Applications on GRB Afterglows", autori: B. Danila, A. Marcu, G. Mocanu
7. TIM15-16 Physics Conference, Timisoara 26-28 Mai 2016, Prezentare orala, "Kelvin-Helmholtz instability in the solar partially ionised plasma structures", autori: A. Marcu, B. Danila, G. Mocanu

Nota : Acest raport a fost intocmit de membrii colectivelor de cercetare de la cei 3 parteneri coordonate de responsabilitii de proiect si avizat de Comitetul Executiv (Steering Committee) in data de 28.11.2016

Director de proiect,



Prof.univ.dr. Dumitru VULCANOV