

III. RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

1. Titlu proiect

METODE COMPUTATIONALE IN ASTROFIZICA SI STIINTE SPATIALE (COMPUTATIONAL METHODS IN ASTROPHYSICS AND SPACE SCIENCES) – COMASS

2. Obiective generale/specifice proiect

Acest proiect de Cercetare Dezvoltare Inovare (CDI) este propus de catre un consortiu format dintr-un grup de 3 universitati cu o vasta experienta in cercetarea fundamentala si stiintele spatiale. Principalul obiectiv al prezentului proiect este sa dezvolte si sa ofere noi metode computationale (folosind programe si proceduri specializate pe calculator) pentru investigarea unor fenomene din teoria gravitatiei cu aplicatii directe in masuratorile astrofizice care ar putea fi realizate de la nivelul solului sau in misiuni spatiale. Accentul urmeaza a fi pus pe teorii alternative de gravitatie, in stransa legatura cu recenta detectie a undelor gravitationale. Studiul dinamicii spatiale va fi de asemenea extins, fata de proiectul anterior, si la dinamica obiectelor spatiale. Atat radiatia cat si materia cosmica (inclusiv sateliti si rachete) vor fi luate in considerare. De asemenea in studierea plasmelor solare ne vom concentra pe aspecte specifice ale instabilitatii Kelvin-Helmholtz in plasma solara partial ionizata. Acest proiect de cercetare are ca punct de plecare rezultatele deja obtinute in proiectul anterior al consorțiului din Programul STAR – C2.

3. Nr. etapa / Denumire etapa

Etapa I: ipoteze si metode de abordare

4. Obiective etapa

Activitate I.1: Modelarea teoriilor de gravitatie generalizate pentru cosmologii alternative

WP1: task 1.1

Activitate I.2: Ipoteze asupra modelarii si estimarii in dinamica spatiala

WP2: task 2.1, task 2.2

Activitatea I.3: Modelarea si generalizarea teoriilor MHD pentru instabilitati in plasmă solare

WP3: task 3.1

5. Rezultate planificate etapa

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

- Lucrari stiintifice publicate sau in curs de publicare si/sau prezentate la manifestari stiintifice;
- Web-site-ul proiectului (D.4.3.);
- Cursuri transversal si interdisciplinare de Cosmologie si Stiinte Spatiale (D.4.5);
- 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 :

- Imprastierea fermionilor fara mas ape gauri nnegre Schwarzschild si Reissner-Nordstrom
- Productia de fermioni in camp electric in universul de Sitter.
- Curbele de rotatie ale stelelor in galaxii utilizand factori conformi
- Miscare geodezica si relativitate pe spatii-timp de Sitter si anti-de Sitter
- Proiectarea unor instrumente matematice noi pentru investigarea fenomenelor neliniare
- Proiectarea si implementarea software a observerelor multiple cu aplicatii la zborul vehiculelor spatiale.
- Procese fizice care duc la instalarea instabilităților în plasma solare
- Detalierea calculului ecuației de dispersie pe un tub de flux subțire și evidențierea condițiilor de instabilitate Kevin-Helmholtz în abordarea acceptată în literatură
- Introducerea unui termen stochastic în ecuația de mișcare; analiza efectului acestui termen în toți pașii analitici intermediari
- Evidențierea numerică a efectului termenului stochastic pentru cazul cel mai simplu, al unei plasmă alcătuită din două fluide (un fluid format din componente neutre și unul din ioni), dar care nu interacționează între ele:

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

Activitati realizate de coordonator (UVT)

Activitatile desfasurate de colectivul de cercetare din cadrul CO-UVT s-au subsumat taskului 1.1

“.....” din cadrul pachetului de lucru WP 1.

Imprastierea fermionilor fara mas ape gauri nnegre Schwarzschild si Reissner-Nordstrom

Rezultatele aferente acestei activitati au fost Publicat in: **Ciprian A. Sporea**, “*Scattering of massless fermions by Schwarzschild and Reissner-Nordstrom black holes*”, Chinese Physics C, Vol. **41**, no. 12 (2017) 123101

In aceasta lucrare este discutata problema imprastierii fermionilor de masa nula pe gaurile negre cu simetrie sferica Schwarzschild si Reissner-Nordsrtom. Pentru studierea imprastieri folosim metoda analizei in unde partiale aplicata modurilor de imprastiere, care reprezinta de fapt solutii ale ecuatiei Dirac in geometriile celor dupua gauri negre. Am obtinut astfel cu success expresii analitice cu ajutorul carora apoi am calculate sectiunile eficacee de imprastiere si de absorbtie. Analiza noastra a aaratat prezenta fenomenelor de imprastiere de tip glory si imprastierea multipla, similar cu ce se intampla la imprastierea fermionilor masivi pe cele doua gauri negre.

In continuare voi prezenta pe scurt aceste rezultate. Se poate arata ca ecuatia Dirac in cele doua geometrii poate fi pusa sub urmatoarea forma hamiltoniana:

$$H\psi(x)=i\partial_t\psi(x)$$

Unde Hamiltonianul are expresia

$$H_D=-i\gamma^0(\vec{\gamma}\cdot\vec{e}_r)\left(h\partial_r+\frac{h}{r}-\frac{\sqrt{h}}{r}K\right)$$

Rezolvand ecuatia anterioara in zona asimptotica a geometriei gaurii negre descries de umatoarea forma a elementului de linie

$$h(r)=1-\frac{2M}{r}+\frac{Q^2}{r^2}=\left(1-\frac{r_+}{r}\right)\left(1-\frac{r_-}{r}\right)$$

se obtie urmatoarea combinatie de functii Whittaker care constituie modurile de imprastiere:

$$\begin{aligned}\hat{f}^+(x) &= C_1 \frac{1}{x} M_{\rho_+,s}(2i\varepsilon x^2) + C_2 \frac{1}{x} W_{\rho_+,s}(2i\varepsilon x^2) \\ \hat{f}^-(x) &= C_1 \frac{s-i\varepsilon}{\kappa} \frac{1}{x} M_{\rho_-,s}(2i\varepsilon x^2) - C_2 \frac{1}{\kappa} \frac{1}{x} W_{\rho_-,s}(2i\varepsilon x^2)\end{aligned}$$

Aplicand pe aceste moduri analiza inunde partiale vom obtine la final urmatoarea forma analitica a fazelor de imprastiere

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

Cu ajutorul carora vom putea calcula sectiunea diferentiala de imprastiere

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta)|^2 + |g(\theta)|^2$$

unde amplitudinile partiale se calculeaza astfel:

$$\begin{aligned}f(\theta) &= \sum_{l=0}^{\infty} a_l P_l(\cos\theta), \quad g(\theta) = \sum_{l=1}^{\infty} b_l P_l^1(\cos\theta) \\ a_l &= \frac{1}{2ip} [(l+1)(S_{-l-1}-1) + l(S_l-1)] \\ b_l &= \frac{1}{2ip} (S_{-l-1}-S_l).\end{aligned}$$

In Figura 1 am comparat imprastierea fermionilor de masa nula ($v = 1$) cu cei de masa nenula ($v \neq 1$) in cazul imprastierii pe o gaura neagra Schwarzschild ($q = 0$) pentru o valoare fixata a frecventei data de parametrul ME . Analizand sectiunea difrentiala de imprastiere in directia inapoi ($\theta \approx \pi$) se poate observa prezenta unui minim in intensitatea de imprastiere. Daca fermionul are masa atunci intensitatea imprastierii are o valoare mai mare comparativ cu cazul in care fermionul nu are masa. Mai mult, odata cu scaderea vitezei de propagare a fermionilor, minimul observant va devei in cele din urma un maxim (asa cum am aratat in lucrarile noastre anterioare din proiectul COMISIS).

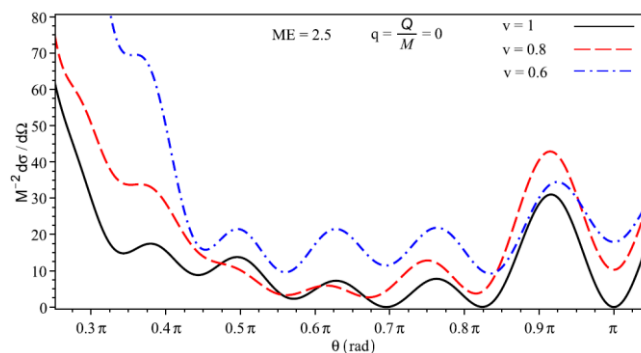


Fig.1: comparatie intre imprastiera fermionilor masivi ($v \neq 1$) si a fermionilor nemasivi ($v = 1$) in cazul imprastierii pe o gaura neagra Schwarzschild pentru valoarea parametrului $ME = 2.5$. Se poate observa prezenta unui minim pe directia de imprastiere inapoi.

In Figura 2 am reprezentat intensitatea sectiunii diferentiale de imprastiere a fermionilor fara masa in cazul unei frecvente fixate pentru gaura neagra Schwarzschild ($q = 0$), pentru o gaura neagra Reissner-Nordstrom tipica ($q = 0.5, q = 0.6$ si $q = 0.9$), si in cazul unei gauri negre RN extreme ($q = 1$). Se poate observa (foarte clar pentru $ME = 3$) ca la o frecventa fixata latimea gloriei creste pe masura raportul dintre sarcina gaurii negre si masa ei devine din ce in ce mai mare.

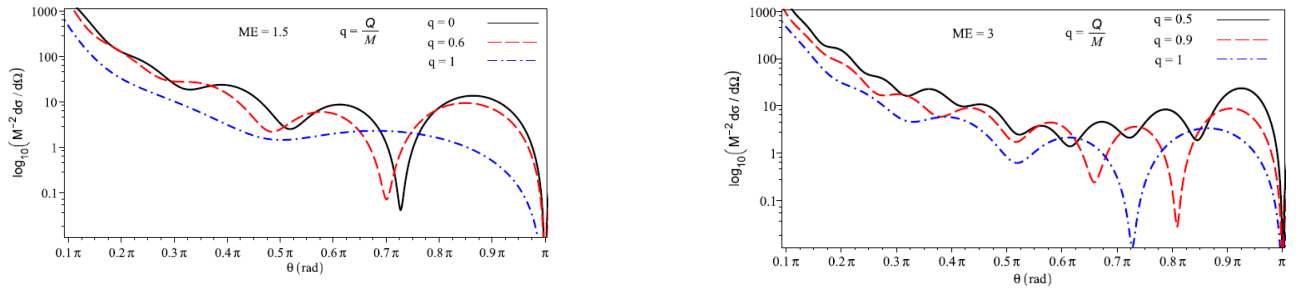


Fig.2: sectiunea diferentiala de imprastiere Reissner Nordstrom pentru diferite valori ale parametrilor ME si q .

Productia de fermioni in camp electric in universul de Sitter.

Am studiat problema productiei de fermioni in camp electric in geometria de Sitter folosind metode bazate pe teoria perturbatiilor. Campul electric este produs de potentialul vector:

$$\hat{A} = \frac{Q}{2\omega|\vec{x}|^2} e^{-i\omega t} \vec{n}.$$

Mai precis am calculate amplitudinea de tranzitie si probabilitatea folosind formalismul electrodinamicii cuantice dezvoltat in geometria de Sitter.

Amplitudinea de tranzitie obtinuta are expresia:

$$\mathcal{A}_{e^-e^+} = \frac{e^2}{8\pi^2 m |\vec{p} + \vec{p}'|} \left[p^{-1} \theta(p - p') f_k^* \left(\frac{p'}{p} \right) + p'^{-1} \theta(p' - p) f_k^* \left(\frac{p}{p'} \right) - \text{sgn}(\lambda \lambda') \left(p^{-1} \theta(p - p') f_k \left(\frac{p'}{p} \right) + p'^{-1} \theta(p' - p) f_k \left(\frac{p}{p'} \right) \right) \right] \xi_\lambda^+(\vec{p}) (\vec{\sigma} \cdot \vec{n}) \eta_{\lambda'}(\vec{p}'),$$

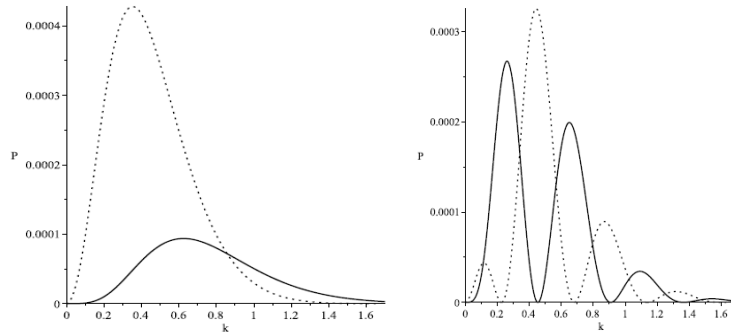
Unde functiile care definesc amplitudinea sunt date de formula:

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

Am obtinut mai departe probabilitatea de productie de fermioni sumand dupa helicitatile finale modulul patrat al amplitudinii:

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{e^-e^+} &= \frac{1}{2} \sum_{\lambda \lambda'} |\mathcal{A}_{e^-e^+}|^2 \\ &= \frac{1}{2} \sum_{\lambda \lambda'} \frac{e^4}{64\pi^4 m^2 |\vec{p} + \vec{p}'|^2} |\xi_\lambda^+(\vec{p}) (\vec{\sigma} \cdot \vec{n}) \eta_{\lambda'}(\vec{p}')|^2 \{ p'^{-2} \theta(p' - p) \left[2 \left| f_k \left(\frac{p}{p'} \right) \right|^2 - \text{sgn}(\lambda \lambda') \left(f_k^2 \left(\frac{p}{p'} \right) + f_k^{*2} \left(\frac{p}{p'} \right) \right) \right] + p^{-2} \theta(p - p') \left[2 \left| f_k \left(\frac{p'}{p} \right) \right|^2 - \text{sgn}(\lambda \lambda') \left(f_k^2 \left(\frac{p'}{p} \right) + f_k^{*2} \left(\frac{p'}{p} \right) \right) \right] \}. \end{aligned}$$

Din formula probabilitatii observam ca sunt premise doar tranzitii in care nu se mai conserva modulul impulsului, consecinta datorata faptului ca avem un camp extern in geometria de Sitter. De asemenea se observa ca exista probabilitati nenule pentru procese in care helicitatea este conservata si procese unde helicitatea nu se conserva. Parametrul k reprezinta raportul dintre masa fermionului si factorul de expansiune, iar influenta gravitatiei in acest proces de productie de fermioni se poate vedea foarte clar daca reprezentam grafic probabilitatea ca functie de parametrul k . Rezultatele grafice sunt prezentate mai jos.

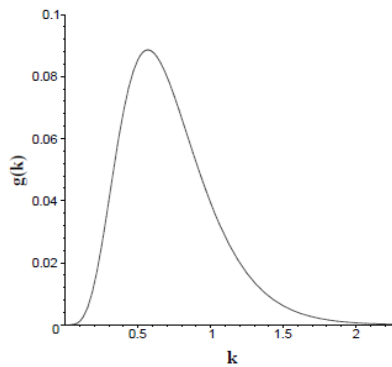


In ambele figuri linia punctata reprezinta cazul cand helicitatea este conservata iar linia plina este pentru cazul in care helicitatea nu se conserva. In figura din stanga raportul impulsurilor este 0.4 iar in figura din dreapta raportul impulsurilor este 0.0001. Rezultatele grafice arata ca procesul de productie de fermioni in camp electric este posibil doar in universul timpuriu cand parametru k este mai mic decat 1. Pentru valori mari ale parametrului k probabilitatea se anuleaza. Limita Minkowski este de asemenea obtinuta deoarece cand parametru k devine infinit adica factorul de expansiune se anuleaza metrica de Sitter devine metrica Minkowski iar probabilitatea devine zero in acest caz deoarece conservarea simultana a energiei si impulsului interzice acest proces de productie pe spatiul plat.

Probabilitatea totala se poate obtine integrand dupa impulsurile finale expresia probabilitatii data mai sus, rezultatul final fiind:

$$\mathcal{P}^{tot} = \frac{\alpha^2 \left(\left(\frac{m}{\omega} \right)^2 + \frac{e^2 F^2}{\omega^4} \right)}{8\pi^4 \cosh^2(\pi k)} \left[(2\pi k) \frac{\cosh(2\pi k)}{\sinh(2\pi k)} - 1 \right]$$

O reprezentare grafica a functiei care da dependenta de parametrul k in probabilitatea totala arata ca concluziile stabilite mai sus sunt valide iar fenomenul de productie de perechi in camp extern este semnificativ doar pentru valori mari ale factorului de expansiune.



Unde functia

$$g(k) = \frac{k^2}{\cosh^2(\pi k)} \left[(2\pi k) \frac{\cosh(2\pi k)}{\sinh(2\pi k)} - 1 \right]$$

Rezultatele prezentate mai sus sint in curs de publicare in articolul : Mihaela-Andreea Baloi, Cosmin Crucean, "Fermion production by a dependent of time electric field in de Sitter universe", trimisa spre publicare la Int. J. Mod. Phys. A

Curbele de rotatie ale stelelor in galaxii utilizand factori conformi

Under review la Eur. J. Phys. C

C.A. Sporea, A. Borowiec and A. Wojnar, "Galaxy Rotation Curves via Conformal Factors", under review at EPJC. (arXiv:1705.04131)

In aceasta lucrare am propus o noua formula cu ajutorul careia pot fi explicate curbele de rotatie ale stelelor in galaxii fara a fi nevoie d eintroducerea materiei intunecate (neobservata sau detectata pana acum experimental). Aceasta noua formula a fost obtinuta pornind de la ipoteza ca gravitatiea poate fi descrisa cu ajutorul a doua metrice intre care exista o legatura conforma: cu ajutorul uneia dintre metrice se masoara distantele, iar cu cealalta metrica (care porvine din teorii alternative de gravitatie) se vor calcula traiectoriile geodezice . Ne vom folosi de cea de-a doua metrica pentru a descrie profilul vitezelor stelelor in galaxii. La sfarsit am testat noua formula a vitezelor prin comparare cu profilul vitezelor rezultat din teoria fenomenologica MOND.

Pornind de la ecuatie geodezica

$$\frac{d^2 x^\mu}{ds^2} + \Gamma_{\nu\sigma}^\mu \frac{dx^\nu}{ds} \frac{dx^\sigma}{ds} = 0$$

si presupunand ca traiectoriile stelelor sunt circulare, tinand cont de asemenea si de faptul ca vitezele acestora sunt intodeauna mult mai mici in comparative cu viteza luminii, ecuatie geodezicelor poate fi aproximata in felul urmator

$$\frac{d^2 x^i}{dt^2} = -c^2 \Gamma_{00}^i$$

Tinand cont de relatia dintre acceleratia centripetal si viteza circular obtinem urmatoarea expresie a vitezei unei stele in jurul centrului galactic

$$v^2(r) = rc^2 \Gamma_{00}^i$$

Introducand metrica conforma cu metrica GR data de relatia $h_{\mu\nu} = \Omega g_{\mu\nu}$ si trecand la aproximatiea campurilor gravitationale slabe, vom obtine in final urmatoarea formula a vitezei de rotatie a stelelor in galaxii

$$v^2(r) = \frac{GM}{r} \left(1 + Ar^2 \frac{d\omega}{dr} \right)$$

Observam ca viteza stelei va depinde pe langa distributia masei in galaxie si de forma factorului conform.

Analizand setul de 18 galaxii continute in catalogul THINGS, am ajuns la concluzia ca urmatoare forma a factorului conform va conduce in final la curbe de rotatie care fiteaza foarte bine datele observationale astronomice:

$$\omega = \frac{b}{Ar_0} \left[\ln \left(\frac{r}{r_0} \right) - \frac{r_0}{r} \right] + c \qquad v^2(r) = \frac{GM}{r} \left[1 + b \left(1 + \frac{r}{r_0} \right) \right]$$

In figura de mai jos sunt prezentate curbele de rotatie obtinute cu noua formula si comparate cu curbele de rotatie obtinute din teoria MOND si din teoria newtoniana a gravitatiei. In tabelul atasat sunt recute valorile obtinute in urma fitarii datelor astronomice pentru setul de galaxii THINGS

Table 1 Best fit results according to eq.(18) using the parametric mass distribution (17). These numerical values correspond to rotation curves presented in Fig.1. Col. (2) presents the best-fit results for the predicted total mass of the galaxy M_0 , obtained using eq.(18); col. (3) gives the predicted core radius r_c ; in col. (4) the asymptotic constant velocities v_0 are given; while in col. (6) is the MOND predicted mass of the galaxy; col. (7) is the MOND predicted core radius r_c and finally col. (8) shows the MOND asymptotic velocity. R^2 is the determination coefficient and measures how well a model fits a data set ($0 \leq R^2 \leq 1$).

Galaxy	M_0 ($10^{10}M_\odot$)	r_c (kpc)	v_0	R^2 ($10^{10}M_\odot$)	MOND			
					M_0 (kpc)	r_c	v_c	R^2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
HSB Galaxies								
NGC 2403	7.42 ± 0.18	3.55 ± 0.07	96.70 ± 0.22	0.904	2.98 ± 0.03	2.06 ± 0.03	147.58 ± 0.37	0.974
NGC 2841	36.07 ± 0.60	2.97 ± 0.06	233.10 ± 0.42	0.974	45.68 ± 0.62	2.81 ± 0.06	292.02 ± 0.99	0.913
NGC 2903	17.84 ± 0.98	3.72 ± 0.19	146.48 ± 0.26	0.882	13.06 ± 0.83	2.85 ± 0.21	213.53 ± 3.32	0.777
NGC 3031	7.66 ± 0.84	1.09 ± 0.14	177.32 ± 1.48	0.773	13.35 ± 0.53	1.37 ± 0.09	214.71 ± 2.10	0.738
NGC 3198	15.89 ± 0.23	5.79 ± 0.08	110.81 ± 0.03	0.989	4.59 ± 0.18	2.96 ± 0.17	164.41 ± 1.59	0.909
NGC 3521	14.50 ± 0.62	2.46 ± 0.11	162.39 ± 0.15	0.901	14.27 ± 0.64	2.09 ± 0.12	218.32 ± 2.41	0.776
NGC 3621	10.65 ± 0.37	4.17 ± 0.13	106.89 ± 0.19	0.908	4.06 ± 0.06	2.29 ± 0.05	159.44 ± 0.59	0.977
NGC 3627	7.94 ± 0.59	1.73 ± 0.12	143.29 ± 0.34	0.971	10.64 ± 0.67	1.87 ± 0.11	202.87 ± 3.12	0.967
NGC 4736	0.96 ± 0.20	0.25 ± 0.06	131.07 ± 1.68	0.766	2.21 ± 0.08	0.34 ± 0.02	136.95 ± 1.23	0.844
NGC 4826	15.10 ± 1.22	5.29 ± 0.38	113.01 ± 0.47	0.751	5.08 ± 0.37	2.27 ± 0.31	168.63 ± 2.99	0.766
NGC 5055	11.59 ± 0.32	2.08 ± 0.06	157.89 ± 0.09	0.831	9.54 ± 0.20	1.47 ± 0.05	197.41 ± 1.03	0.662
NGC 6946	19.24 ± 0.42	4.03 ± 0.07	146.15 ± 0.32	0.896	15.59 ± 0.34	3.29 ± 0.07	223.20 ± 1.21	0.882
NGC 7331	18.63 ± 0.55	2.32 ± 0.07	189.54 ± 0.05	0.931	23.92 ± 0.27	2.31 ± 0.03	248.41 ± 0.70	0.967
NGC 7793	4.32 ± 0.32	2.92 ± 0.15	81.36 ± 0.87	0.936	2.26 ± 0.21	2.29 ± 0.18	137.72 ± 3.09	0.927
LSB Galaxies								
DDO 154	0.39 ± 0.02	0.90 ± 0.03	44.03 ± 0.38	0.971	0.06 ± 0.01	0.83 ± 0.03	55.59 ± 2.18	0.984
IC 2574	5.23 ± 0.17	3.39 ± 0.05	83.08 ± 0.72	0.993	2.12 ± 0.11	4.87 ± 0.11	135.54 ± 1.72	0.995
NGC 925	8.59 ± 0.35	2.89 ± 0.06	115.31 ± 1.13	0.984	5.27 ± 0.24	3.61 ± 0.08	170.19 ± 1.90	0.991
NGC 2976	0.91 ± 0.11	0.60 ± 0.04	82.37 ± 2.07	0.951	1.16 ± 0.14	0.75 ± 0.05	116.57 ± 3.37	0.971

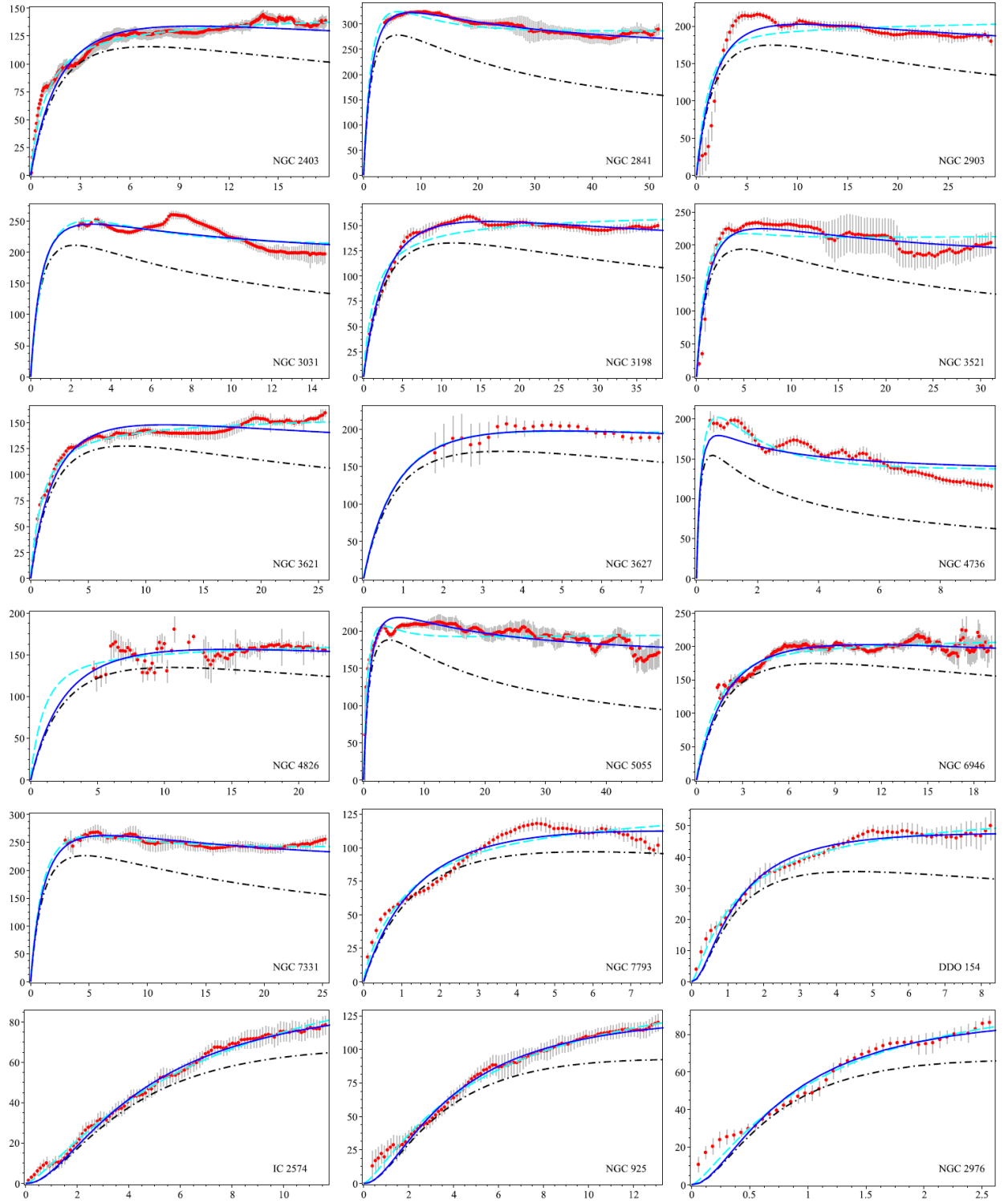


Fig. 1 (color online) Rotational velocities (vertical axis) in km/sec as a function of distance (horizontal axis) in kpc. A parametric fit of galaxy rotation curves using eq. (18) for the THINGS 18 galaxies (blue curves). The properties of the galaxies in the sample can be found in Table I from Ref.[56]. The full (blue) curve are the rotation curves obtained using eq.(18); the (red) full circles are the observed data points where the vertical (grey) lines represent the error bars; the contribution due to the Newtonian term is given by the dash-dotted (green) lines, while the dashed (cyan) lines give the MOND rotation curves. The numerical values resulted from the fits are given in Table 1.

Miscare geodezica si relativitate pe spatii-timp de Sitter si anti-de Sitter

Rezultatele de mai sus au fost publicate in [1] I. I. Cotaescu, Phys. Rev. D 95 (2017) 104051 [2] I. I. Cotaescu, Phys. Rev. D 96 (2017) 044046, [3] I. I. Cotaescu, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 485, si preprinturile [P1] arXiv:1705.07697, [P2] arXiv:1708.06638, [P3] arXiv:1709.00190.

Tepria relativitatii isi propune sa rezolve problema determinarii modului cum o masuratoare depinde de sistemul de referinta ales, pentru a putea separa ceea ce este relativ de ceea ce este universal – legile fizicii. Teoria relativitatii restranse a lui Einstein este formulata in repere inertiale care se transforma intre ele prin transformari din grupul Poincare care este grupul de izometrii al spatiului-timp plat Minkowski. Pasul catre teoria generala a relativitatii s-a facut prin generalizarea excesiva a notiunii de covarianta in raport cu orice difeomorfism, neglijand astfel rolul izometriilor. De aceea ne-am propus sa reconsideram problema miscarii relative in relativitatea generala construind un fel de relativitate restransa a relativitatii generale. Deocamdata am reusit sa fac acest lucru pentru spatiile-timp dS si AdS.

Mai intai, am considerat ca, in relativitatea generala, sistemele inertiale sunt harti locale de acelasi tip, care pot fi corelate prin izometrii. Ramane ca aceste sisteme sa fie caracterizate astfel incat sa aiba o semnificatie clara. Pentru aceasta am definit sistemele proprii ale particulelor masive considerand ca fiecare sistem inertial este atasat (ca sistem propriu) unei anumite particule in miscare pe o anumita geodezica. Astfel parametrii geodezicii vor marca sistemul inertial oferind posibilitatea de a defini sistemul unui observator fix si cel al unui observator mobil.

Ramane problema cu adevarat dificila de a determina izometria dintre un sistem fix si unul mobil pe care am numit-o izometrie lorentziana. Aceste izometrii au fost deduse folosind o tehnica de analiza orbital care exploateaza faptul ca spatiile dS si AdS pot fi privite ca orbite ale grupului de izometrii intr-un spatiu de scufundare pseudo-euclidian. Folosind aceasta metoda am determinat forma concreta a izometriilor lorentziene care se poate utiliza apoi in diverse aplicatii.

Un rol esential in aceasta constructie il au marimile conservate care permit caracterizarea geodezicelor si parametrizarea izometriilor lorentziene.

Rezultate pe spatii-timp anti-de Sitter

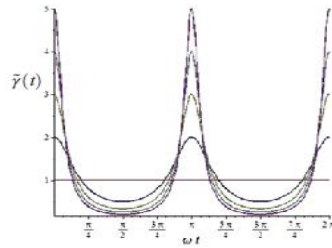
In spatii-timp AdS, transformarile lorentziene intre sistemul mobil (care este harta statica cu coordonate (t', x')) si sistemul fix cu coordonate (t, x) au forma

$$\begin{aligned} t(t', \vec{x}') &= \frac{1}{\omega} \arctan \gamma \left(\tan \omega t' + \frac{\omega \vec{x}' \cdot \vec{V}}{\sqrt{1 + \omega^2 |\vec{x}'|^2}} \sec \omega t' \right) \\ \vec{x}(t', \vec{x}') &= \vec{x}' + \gamma \vec{V} \left(\vec{x}' \cdot \vec{V} \frac{\gamma}{1 + \gamma} + \frac{1}{\omega} \sqrt{1 + \omega^2 |\vec{x}'|^2} \sin \omega t' \right) \end{aligned} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - V^2}},$$

unde V este viteza sistemului mobil in momentul initial cand originile celor doua sisteme se suprapun. Cu ajutorul acestor transformari se pot calcula efecte relativiste ca, de exemplu, dilatarea timpului pentru care obtinem o formula dependenta de timp,

$$\delta t = \delta t' \tilde{\gamma}(t), \quad \tilde{\gamma}(t) = \frac{\gamma}{\gamma^2 \sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t}.$$

Prin functia $g(t)$ care are urmatoarea comportare



Cel mai important rezultat este transformarea marimilor conservate (energia E , si vectorii K si N corespunzatori unor transformari speciale) care se scrie astfel in cel mai general caz,

$$\begin{aligned} E &= \gamma(E' + \omega \vec{V} \cdot \vec{N}'), \\ \vec{K} &= \gamma \vec{K}' + \frac{\omega \gamma}{E'} [\vec{K}'(\vec{V} \cdot \vec{N}') - \vec{N}'(\vec{V} \cdot \vec{K}')] - \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \vec{V}(\vec{V} \cdot \vec{K}'), \\ \vec{N} &= \vec{N}' + \frac{\gamma}{\omega} E' \vec{V} + \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \vec{V}(\vec{V} \cdot \vec{N}'), \end{aligned}$$

Aceste transformari permit studiul geodezicelor in orice sistem deoarece parametrii geodezicelor sunt complet determinate de aceste marimi.

Rezultate pe spatii-timp de Sitter

In spatii-timp dS am obtinut transformari lorentziene atat in harta conforma cat si in cea cu coordonate de Sitter-Painleve pe care o dam mai jos

$$\begin{aligned} t(t', x') &= \frac{1}{\omega} \ln \left(e^{\omega t'} + \frac{\omega}{m} x' \cdot \mathbf{P} + \frac{E-m}{m} \omega \Theta' \right) \\ x(t', x') &= x' + \frac{\mathbf{P}}{m} \left(\frac{x' \cdot \mathbf{P}}{E+m} + \Theta' \right), \quad \Theta' = \frac{1}{2\omega} [e^{\omega t'} - e^{-\omega t'} (1 - \omega^2 x'^2)]. \end{aligned}$$

Pe baza acestei transformari am putut calcula o serie de alicatii tipice relativitatii dintre care cea mai remarcabila este calculul campului electromagnetic produs de o sarcina care cade liber pe spatiul-timp de Sitter pe o geodezica de impuls P . Forma potentialelor

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{e^{\omega t} E - \omega (E-m) \Theta}{m e^{\omega t} - \omega x \cdot \mathbf{P} + \omega (E-m) \Theta} \frac{q}{R}, \\ A_i &= \frac{-P^i + \omega x^i (E-m) e^{-\omega t}}{m e^{\omega t} - \omega x \cdot \mathbf{P} + \omega (E-m) \Theta} \frac{q}{R}. \end{aligned}$$

unde am notat

$$R = |x'(t, x)| = \left[\frac{1}{m^2} (E \Theta - x \cdot \mathbf{P})^2 + x^2 - \Theta^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

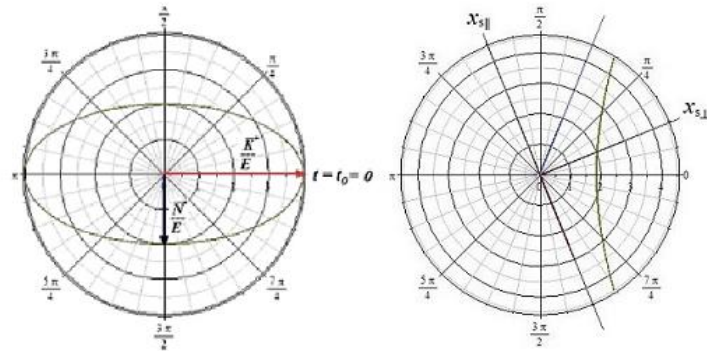
Permite calcului campului

$$\begin{aligned} F_{\mu\nu} &= A_{\mu,\nu} - A_{\nu,\mu} = -\frac{1}{R^2} (A_\mu R \partial_\nu R - A_\nu R \partial_\mu R) \\ R \partial_t R &= \frac{1}{m^2} (\mathbf{P}^2 \Theta - E \mathbf{P} \cdot \mathbf{x}) (e^{\omega t} - \omega \Theta), \\ R \partial_i R &= \frac{1}{m^2} (E \Theta - \mathbf{P} \cdot \mathbf{x}) (E e^{-\omega t} \omega x^i - P^i) + x^i - \omega x^i \Theta e^{-\omega t} \end{aligned}$$

Alt rezultat important este calculul traiectoriilor in fisiunea binara asa cum rezulta din conservarea impulsului.

Simetria de Sitter/anti-de Sitter

Construcția teoriei relativității pe spațiile-timp dS și AdS ne-a permis să punem în evidență efectele simetriei cunoscute între cele două geometrii. Am arătat că pe fiecare spațiu-timp există câte o hartă statică în care geodezicele AdS sunt elipse iar cele dS sunt hiperbole, ca în figura de mai jos.



Mai mult, toate marimile conservate într-o geometrie au un corespondent în cealaltă așa cum se sintetizează în următorul tabel.

dS [9]	$\omega \rightarrow i\omega$	AdS [11]
E	$\rightarrow$	E
L	$\rightarrow$	L
K	$\rightarrow$	K
R	$\rightarrow$	iN
$P = -\omega(K+R)$	$\rightarrow$	$\omega(N-iK)$
$Q = \omega(K-R)$	$\rightarrow$	$\omega(N+iK)$

Care explică de ce în geometria AdS nu există impuls conservat ca mărime fizică cu valori reale.

Activități realizate de Partenerul P1 (UCV)

Tematica principală pe care cercetătorii de la UCV au abordat-o în perioada aceasta a fost în principal cuprinsă în pachetul de lucru WP2 și s-a referit la următoarele sarcini:

- **Task 2.1:** *Nonlinear dynamics generated by gravitational models* (în colaborare cu Universitatea de Vest din Timisoara – CO);
- **Task 2.2:** *Analytical and computational investigation of nonlinear equations describing turbulent phenomena including solar wind* (în colaborare cu Universitatea “Babes-Bolyai” Cluj-Napoca – P2);
- **Task 2.3:** *Design, software implementation and validation of reduced-order multiple observers for Takagi-Sugeno nonlinear systems with/without unknown inputs.*

Principalele obiective ale pachetului de lucru WP 2 sunt:

- 1) Proiectarea unor instrumente matematice noi pentru investigarea fenomenelor neliniare;
- 2) Proiectarea și implementarea software a observerelor multiple cu aplicații la zborul vehiculelor spațiale.

Pe direcția task-urilor 2.1 și 2.2, s-au obținut următoarele rezultate științifice:

Lucrarea R. Cimpoeșu, *Generalized conditional symmetries, related solutions and conservation laws of the Grad-Shafranov equation with arbitrary flow*, J. Nonlinear Math. Phys, 2017, 24 (4), 531-544. (Revistă ISI, ISSN:1402-9251). <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14029251.2017.1375689>

Din perspectiva proiectului COMASS, lucrarea aduce contribuții la problematica asumată de sarcina de lucru 2.1. Este studiată o ecuație importantă din fizica plasmei, ecuația Grad-Shafranov generalizată (GGSE):

$$\Delta^* u + \frac{1}{2} \frac{d}{du} \left[\frac{X^2}{1-M_p^2} \right] + R^2 \frac{dP_s}{du} + \frac{R^4}{2} \frac{d}{du} \left[\rho \left(\frac{d\Phi}{du} \right)^2 \right] = 0,$$

care extinde problematica de confinare magnetică a plasmei la plasmă confinate cu fluxuri incompresibile de direcții arbitrare.

S-au investigat condițiile pentru care GGSE admite o clasă specială de simetrii condiționale generalizate de ordinul 2. Trei forme de operatori de simetrie precum și familiile asociate de soluții invariante au fost evidențiate. Pentru a conferi mai multă înțelegere fizică au fost reprezentate grafic configurațiile de echilibru ale plasmelor asociate soluțiilor. Soluțiile multi-parametrice obținute sunt interesante pentru plasmă aflate la echilibru, dar pot să fie transferate la fenomene de transport mai generale și pentru studiul stabilității magnetohidrodinamice.

Deasemenea s-a realizat un studiu al legilor de conservare, esențiale în dezvoltarea metodelor numerice de integrare pentru modelele dinamice neliniare, pentru investigarea stabilității soluțiilor acestora. Prin utilizarea metodei multiplicatorilor 3 legi de conservare care implică funcții arbitrare au fost puse în evidență. Soluții particulare pentru GGSE au fost generate, impunând forme particulare ale legilor de conservare.

Lucrarea R. Constantinescu, *New solutions of Dodd-Bullough-Mikhailov equation by using an improved tanh-method* a fost acceptată și a apărut pentru moment în format on-line în Romanian Reports in Physics, vol 69 (3) 2017, Article no. 112 (revista ISI, factor de impact 1,467). În lucrare se propune o variantă îmbunătățită a metodei *tanh* de determinare a soluțiilor de tip soliton pentru ecuațiile diferențiale cu derivate parțiale. Metoda respectivă este aplicată la ecuația Dodd-Bullough-Mikhailov, ecuație care are relevanță în cosmologie.

Lucrarea R. Cimpoiu, *On new traveling wave solutions and conserved densities for the 2D Ricci flow model* se află în formă revizuită (impusă prin recenzie) la Revista Analysis and Mathematical Physics (revistă ISI, ISSN:1664-235X). S-a pus problema investigării unor noi tipuri de soluții și legi de conservare pentru un model provenit din teoria gravitației, modelul fluxului Ricci:

$$u_t = \frac{u_{xy}}{u} - \frac{u_x u_y}{u^2}.$$

Realizând trecerea la variabila de undă, $\xi = kx + my - wt$, au fost evidențiate noi soluții prin două metode. Prima constă în dezvoltarea soluțiilor fluxului Ricci ca polinoame în $(\frac{G'}{G})$, unde G verifică o ecuație auxiliară liniară de ordinul 2. S-au generat astfel soluții exprimate prin funcții hiperbolice și de tip rațional pentru ecuația Ricci. A doua metodă bazată pe o ecuație auxiliară puternic neliniară de ordinul 1, a generat soluții de tip undă solitară.

Au fost deasemenea construite legile de conservare asociate ecuației de undă Ricci prin 3 metode care nu impun existența unei structuri variaționale pentru modelul studiat. Una dintre metode generează noi densități conservative. Din perspectiva proiectului COMASS, lucrarea se înscrie în obiectivele propuse de sarcina de lucru 2.2.

Pe direcția task-ului 2.3, în etapa I (2017), activitatea desfășurată de membrii echipei UCV a vizat:

- 1) liniarizarea dinamicii neliniare a vehiculelor spațiale;
- 2) interpolarea modelelor liniare rezultate, alegerea funcțiilor de activare și obținerea modelului multiplu;
- 3) stabilirea condițiilor de existență a noilor observări multiple cu ordin redus asociate sistemelor neliniare de tip Takagi-Sugeno cu și fără intrări necunoscute.

Deoarece majoritatea sistemelor sunt neliniare și este dificil de sintetizat un observator pentru astfel de sisteme, sistemele neliniare au fost reprezentate prin intermediul unor modele multiple. Ideea modelului multiplu se leagă de necesitatea înțelegerii comportamentului sistemelor prin intermediul unor modele locale liniare, fiecare model local caracterizând comportamentul unui sistem într-o anumită regiune de funcționare. Un model multiplu poate fi obținut prin identificare, liniarizare în jurul diverselor puncte de funcționare sau prin intermediul transformărilor convexe politopice; în cazul obținerii modelului multiplu prin liniarizare în jurul unor puncte de funcționare, fiecare model local este un sistem liniar, afin și invariant în timp ca urmare a prezenței constantelor de liniarizare. Modelul multiplu este obținut prin interpolarea câtorva modele liniare:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = \sum_{i=1}^M \mu_i(\xi(t)) [A_i x(t) + B_i u(t) + d_i], \\ y(t) = Cx(t), \end{cases}$$

unde $x(t) \in \mathcal{M}^{n \times 1}$ este vectorul de stare al sistemului, $u(t) \in \mathcal{M}^{m \times 1}$ – vectorul intrărilor, $y(t) \in \mathcal{M}^{p \times 1}$ – vectorul de ieșire, iar $C \in \mathcal{M}^{p \times n}$ este matricea de ieșire a sistemului. Pentru modelul local „i”, $A_i \in \mathcal{M}^{n \times n}$ este matricea asociată stării, $B_i \in \mathcal{M}^{n \times m}$ – matricea de intrare, iar $d_i \in \mathcal{M}^{n \times 1}$ – vectori constanți. Funcțiile de activare $\mu_i(\xi(t))$, $i = \overline{1, M}$, au proprietățile următoare:

$$\sum_{i=1}^M \mu_i(\xi(t)) = 1, 0 \leq \mu_i(\xi(t)) \leq 1, (\forall) i = \overline{1, M};$$

vectorul $\xi(t)$ se numește vector de decizie și depinde de intrări și/sau variabilele măsurabile. Numărul modelelor locale (M) depinde de precizia cu care se face modelarea, de complexitatea sistemului neliniar aproximat prin modelul multiplu, precum și de structura funcțiilor de activare.

De asemenea, au fost demarate și activitățile legate de proiectarea și implementarea software a unor observere multiple cu ordin redus pentru sisteme Takagi-Sugeno fara/cu intrari necunoscute. In acest sens, au fost elaborate și trimise spre recenzie/publicare cateva articole la reviste ISI și conferințe indexate ISI.

- Lungu, M. „Reduced-Order Multiple Observer for Takagi-Sugeno Systems with Unknown Inputs”. ISA Transactions (ISI Journal), ISSN: 0019-0578; in recenzie.

Lucrarea se concentrează pe o problema de nisa – proiectarea observerelor multiple cu ordin redus (ROMO) pentru sisteme Takagi-Sugeno (T-S) cu intrari necunoscute. In acesta lucrare este proiectat un ROMO prin combinarea a doua observere clasice cu ordin redus pentru sisteme liniare multivariabile și intrari necunoscute cu un observer multiplu cu ordin intreg (FOMO) pentru sisteme T-S. Principala idee inovatoare este legata de impartirea modelului multiplu in doua subsisteme: un subsistem ce nu depinde de intrarile necunoscute și un subsistem ce depinde de acestea. Subsistemul ce nu contine intrari necunoscute este adus la forma standard a modelelor multiple și, in caest caz, orice FOMO poate fi utilizat pentru estimarea starii. Algoritmul obtinut este implementat software pentru validare.

- Lungu, M. „Design of Reduced-Order Multiple Observers for Uncertain Systems with Unknown Inputs”. Complexity Journal (ISI Journal), ISSN: 1076-2787; in recenzie.

Lucrare prezintă proiectarea unui nou ROMO pentru estimarea stării asociate sistemelor T-S cu intrari necunoscute, acesta fiind doar al doilea astfel de observer proiectat vreodata. Observerul este o combinatie a unui observer tipic cu ordin redus pentru sistemele liniare multivariabile cu intrari necunoscute și un FOMO pentru sistemele neliniare de tip T-S. Condițiile de stabilitate sunt obtinute utilizand teoria Lyapunov pentru proiectarea observerului, iar pentru anulara efectului negativ al incertitudinilor și intrarilor necunoscute se proiectează o metoda inovativa ce creștere a robusteții. Algoritmul obtinut este implementat software pentru validare.

- Lungu, M. „State Estimation of the Controlled Generic Reentry Vehicles by using a Reduced-Order Multiple Observer”. 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling, February 21-23, 2018, Vienna, Austria; in recenzie.

Lucrarea prezintă proiectarea unui nou ROMO pentru estimarea stării asociate sistemelor T-S cu intrari necunoscute. Observerul este o combinatie a unui observer tipic cu ordin redus pentru sistemele liniare multivariabile cu intrari necunoscute și un FOMO pentru sistemele neliniare de tip T-S. Elementele de noutate ale lucrării, in afara de structura noului ROMO, le reprezintă un ciclu „while” inclus in algoritmul asociat observerului, schimbarea de coordonate și descompunerea QR prin care observerul obtinut nu are condiții de existență. Algoritmul obtinut este implementat software pentru validare utilizand dinamica unui vehicul spatial și trei cazuri speciale asociate zborului acestuia: 1) zbor subsonic; 2) zbor transonic; 3) zbor hipersonic.

- Lungu, M., Lungu, R. „Design of Full-order Multiple Observers by using the Bass-Gura Formula”. 9th Vienna

International Conference on Mathematical Modelling, February 21-23, 2018, Vienna, Austria; *in recenzie*.

Lucrarea prezinta proiectarea unui nou observer multiplu cu ordin intreg pentru estimarea starii asociate sistemelor T-S cu intrari necunoscute. Pentru calcularea matricelor observerului, se foloseste formula Bass-Gura. Observerul este deci proiectat prin adaptarea formulei Bass-Gura la procesul de proiectare a observerelor multiple cu ordin intreg. Formula Bass-Gura este o alternativa la tehnica pozitionarii polilor. Algoritmul obtinut contine 6 pasi si este implementat software pentru validare, dinamica unui Boeing 747 fiind utilizata in acest scop.

In afara de lucrarile mentionate, care au fost sau urmeaza sa fie publicate in reviste cu factor de impact, o parte dintre rezultatele obtinute de cercetatorii de la UCV implicati in proiectul COMASS au fost valorificate prin lucrari prezentate la conferinte internationale. Astfel, Radu Constantinescu, Carmen Ionescu si Alina Streche au fost coautori la doua lucrari:

Activitati realizate de Partenerul P2 (UBB)

Procese fizice care duc la instalarea instabilităților în plasma solara

În prima parte a acestui raport, prezentăm rezultatele obținute în legătură cu ceea ce înseamnă procese fizice care duc la instalarea instabilităților în plasma solara și în special mecanisme și parametri care influențează valorile de prag, urmând ca apoi, pe modele simple să testăm efectele introducerii parametrilor stohastici în ecuațiile ce descriu dinamicitatea unor astfel de sisteme și stabilirea ecuațiilor de dispersie care ne vor da informații legate de condițiile de instalare a instabilităților de tip Kelvin-Helmholtz.

Primele studii au în vedere instabilitatea disipativă care apare într-un slab de plasmă parțial ionizată compresibilă imersat într-un câmp magnetic omogen, stare plasmatică specifică proeminențelor solare. În plasmă parțial ionizată, fenomenul disipativ dominant este rezistivitatea Cowling. Regiunile din afara slabului (modelare Coroană solară) sunt complet ionizate iar mecanismul principal de disipare este vâscozitatea. Principalul aspect studiat este cel al instabilității disipative asociate undelor de energie negativă, "backward propagating waves" care sunt amplificate în timpul propagării lor în plasma parțial ionizată a proeminențelor solare înconjurată de atmosfera coronală complet ionizată și vâscoasă.

S-a obținut ecuația de dispersie pentru modurile compressive sausage

$$F_S(\omega, k) = F_{S0}(\omega, k) + iF_{S1}(\omega, k) = 0,$$

ecuație puternic transcendențială. Frecvența modurilor s-a aproximat utilizând metoda perturbațiilor în limita slabului îngust, rezultând o soluție corespunzătoare unui mod ce se propagă cu viteză de fază egală cu cea sonică externă și o soluție corespunzătoare unui mod care evoluează cu viteză de fază egală cu viteza tubulară C_{T0} .

$$\omega_0 \approx \pm k c_{se} \left\{ 1 + \frac{\rho_e^2 c_{se}^2 (v_{Ae}^2 - c_{se}^2) [(c_{se} - u_0)^2 - c_{s0}^2]^2}{\rho_0^2 2 (c_{s0}^2 + v_{A0}^2)^2 [(c_{se} - u_0)^2 - c_{T0}^2]^2} (k z_0)^2 \right\}$$

$$\omega_0 \approx u_0 k \pm k c_{T0} \left\{ 1 + \frac{\rho_e}{\rho_0} \frac{[v_{Ae}^2 - (\pm c_{T0} + u_0)^2] (c_{s0}^2 - c_{T0}^2)}{\hat{M}_e (c_{s0}^2 + v_{A0}^2) c_{T0}^2} k z_0 \right\}$$

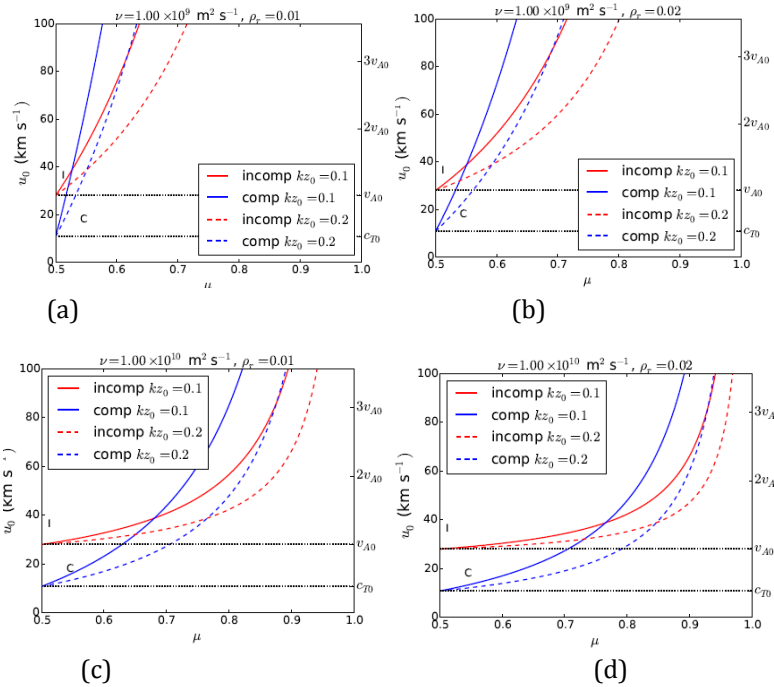
unde

$$\hat{M}_e^2 = - \frac{[(\pm c_{T0} + u_0)^2 - c_{se}^2] [(\pm c_{T0} + u_0)^2 - v_{Ae}^2]}{(c_{se}^2 + v_{Ae}^2) [(\pm c_{T0} + u_0)^2 - c_{Te}^2]}$$

S-a constatat că pentru acest ultim caz viteza de fază a "backward propagating waves" își schimbă direcția atunci când viteza de curgere internă este aproximativ

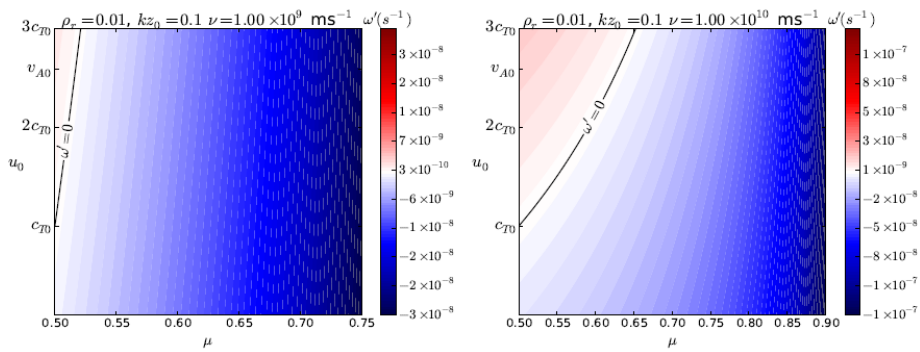
Egală cu C_{T0} demonstrând un puternic cuplaj între aceste moduri. Fizic, curgerea servește ca sursă de energie pentru amplificarea undei, rata de amplificare fiind proportională cu valoarea coeficienților

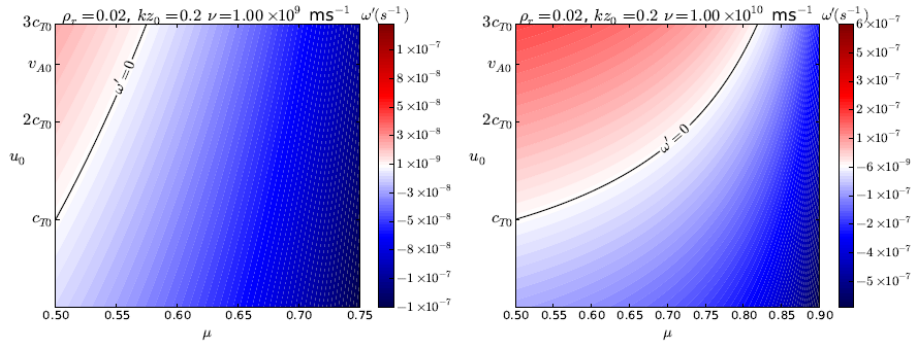
disipativi. Astfel instabilitatea va avea loc numai pentru viteze de curgere mai mari decât C_{T0} , prag ce va crește cu creșterea numărului de neutrii în sistem și prin contrast, viteza critică va fi invers proporțional cu coeficientul de vâscozitate al coronei complet ionizate. În plus viteza critică crește cu creșterea lungimii de undă, rezultat important deoarece demonstrează că modurile ce se propagă în lungul prominenței pot deveni instabile pentru curgeri care sunt în domeniul observabil (în contrast cu instabilitatea K-H care necesită viteze supersonice de curgere).



The variation of the critical flow speed with respect to ionisation degree, μ , for the compressible case (blue lines), and the incompressible case (red lines).

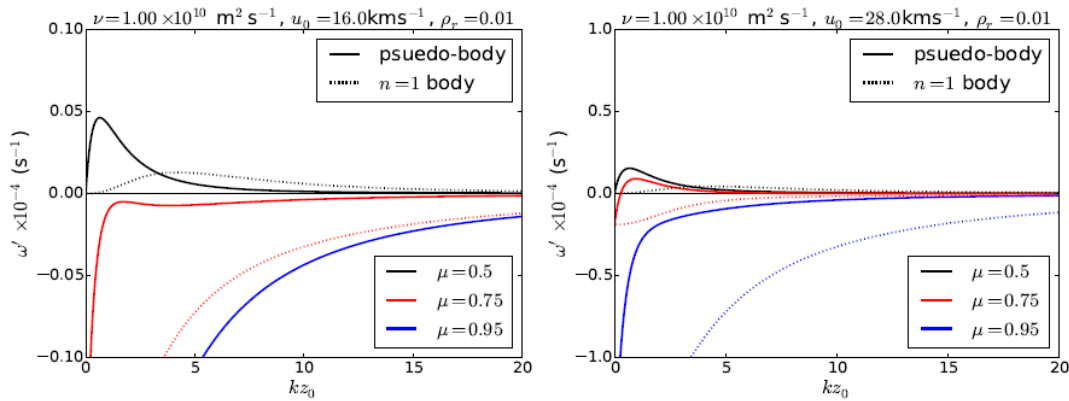
Comparând aceste rezultate cu cele obținute în cazul incompresibilității de Ballai et al. (2017) în limita lungimilor de undă mari se poate obține informația legată de efectul compresibilității. Astfel valoarea critică de prag a curgerii obținută în acest caz este în concordanță cu valoarea obținută de Ballai pentru modurile sausage, ambele fiind supra Alfvénice. Pentru o plasma compresibilă, valoarea critică este sub Alfvénică, ceea ce este mult mai realist ținând cont de curgerile de echilibru observate în prominențele solare. Aplicând același formalism la o singură interfață, valoarea de curgere determinate este mult mai mică decât valoarea critică determinate de Ballai (2015) pentru o singură interfață, ceea ce înseamnă că undele ghidate au nevoie de o viteză de curgere mai mică pentru a deveni instabile.





Contour plots showing the variation of ω'' with respect to the internal background flow speed, u_i , and the ionisation degree μ . Red indicates a positive value of ω'' (amplification) and blue indicates a negative value of ω'' (damping). The color bar shows the numerical value of ω'' and the contour labelled $\omega'' = 0$ indicates the transition between amplification and damping of the wave.

Partea imaginară a frecvenței variază cu viteza de curgere și gradul de ionizare, iar cazurile studiate indică faptul că aceste instabilități par a fi lente (scalele temporale în limita lungimilor de undă mari sunt de ordinul 10^7 s). Analiza numerică pentru un spectru larg de parametri demonstrează că rata de amplificare poate crește valorile la $10^{-5}\text{s}^{-1} \equiv$ instabilitățile au timpul caracteristic de 10^5 s. Pentru a avea o imagine clară a stabilității structurilor plasmatiche s-a rezolvat numeric ecuația de dispersie și s-a stabilit ponderea efectelor dissipative asupra părții imaginare a frecvenței.



Variation of the imaginary part of the frequency (ω'') for pseudo-body (—) and $n = 1$ and body mode with respect to dimensionless wave-number, k_{z0} .

Pentru modurile pseudo-volumice, cea mai mare rată de amplificare s-a obținut pentru o viteză de curgere de 28Km/s.

Pentru modurile de volum ($n=1$) prezența unui număr mare de neutrii atenuează unda făcând-o mai puțin pretabilă unui comportament instabil. S-a putut stabili că pentru un raport al densităților și o viteză de curgere date, includerea neutrilor în sistem duce la stabilizarea plasmei deoarece coliziunile ion-ineutri vor distribui energia înmagazinată în unde (aspect ce nu poate fi pus în evidență de o teorie unifiuid). Creșterea valorii vitezei de curgere implică creșterea dampingului/ratei de amplificare a modurilor determinând instabilitatea modurilor stabile, ceea ce înseamnă că, curgerea are efect destabilizator (instabilitatea disipativă și implicit undele de energie negative folosesc curgerea de echilibru de fond ca sursă de energie).

Dissipative instabilities in a partially ionized prominence plasma slab: II. The effect of compressibility., J. F. Mather, I. Ballai, and R. Erdélyi (acceptată spre publicare în Astronomy & Astrophysics 2018)

O altă contribuție la clarificarea proceselor care duc la instalarea instabilităților în sistemele plasmatiche specifice atmosferei solare, se referă la studiul naturii instabilității Rayleigh-Taylor magnetice, instabilitate care apare datorită unei discontinuități tangențiale într-o plasmă parțial ionizată atunci când se ia în considerare efectul câmpului magnetic de forfecare. Parțiala ionizare a plasmei este descrisă de

difuzia ambipolară în ecuația inducției. Dinamica plasmei este investigată în aproximația unifluid. După obținerea soluțiilor pe ambele părți ale interfeței se poate determina relația de dispersie urmând apoi studiul părții imaginare a valorilor proprii, folosind metode analitice pentru cazurile particulare ale parametrilor și metode numerice pentru o gamă largă de parametri.

Rezultatele arată că instabilitatea Rayleigh-Taylor devine sensibilă în raport cu gradul de ionizare din plasmă dar numai pentru plasmă cu valori mici ale parametrului beta și pentru o stare foarte slab ionizată. Perturbațiile sunt instabile doar pentru acele numere de undă care sunt sub o valoare de cut-off.

Rayleigh-Taylor instabilities with sheared magnetic fields in partially ionised plasmas, M. S. Ruderman, I. Ballai, E. Khomenko, and M. Collados (Lucrare acceptată spre publicare în Astronomy & Astrophysics în 2018)

Contextul fizic specific temei de cercetare din proiect: Fie un tub de flux plasmatic magnetizat, subțire, imersat într-un mediu extern magnetizat. Acest model teoretic este cel folosit în literatură pentru a modela dinamica formațiunilor plasmatică coronale, de exemplu buclele coronale. În urma perturbării tubului de flux, acesta va vibra. Prin analiza de moduri normale se poate determina frecvența de vibrație la care sistemul devine instabil, rata de creștere a instabilității, etc. De interes în cazul buclelor coronale sunt efectul câmpului magnetic local, al frecvenței de ciocnire intra și inter specii (atomi, ioni, electroni) și al forțelor stohastice asupra pragului de instabilitate.

Obiective atinse în etapa 2017

01. Detalierea calculului ecuației de dispersie pe un tub de flux subțire și evidențierea condițiilor de instabilitate Kevin-Helmholtz în abordarea acceptată în literatură:

$$\omega = k_z \frac{\rho_i U_i + \rho_e U_e}{\rho_i + \rho_e} \pm i k_z |U_i - U_e| \frac{\sqrt{\rho_i \rho_e}}{\rho_i + \rho_e}$$

02. Introducerea unui termen stohastic în ecuația de mișcare; analiza efectului acestui termen în toți pașii analitici intermediari

03. Evidențierea numerică a efectului termenului stohastic pentru cazul cel mai simplu, al unei plasme alcătuită din două fluide (un fluid format din componente neutre și unul din ioni), dar care nu interacționează între ele:

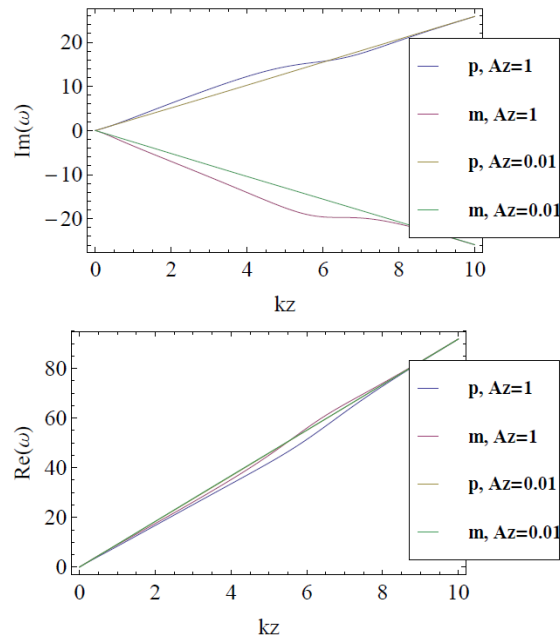
$$\omega = k_z \frac{\tilde{\rho}_i U_i + \tilde{\rho}_e U_e}{\tilde{\rho}_i + \tilde{\rho}_e} \pm i k_z |U_i - U_e| \frac{\sqrt{\tilde{\rho}_i \tilde{\rho}_e}}{\tilde{\rho}_i + \tilde{\rho}_e}$$

$$\tilde{\rho}_e = \frac{\rho_e}{m \left[\frac{C_1}{k_z a} - K_m(k_z a) \left(b_1 \frac{5m+3}{m^2-1} + i a A_z \frac{17m+30}{m^2-4} \right) \right]}$$

$$\tilde{\rho}_i = \frac{\rho_i}{\frac{C_1 m}{k_z a} - K_m(k_z a) \left(b_1 \frac{5m+3}{m^2-1} + 2 i a A_z \frac{17m+30}{m^2-4} \right)}$$

Termenii suplimentari care apar sunt termeni datorati introducerii zgomotului în ecuația de mișcare.

Abordarea numerică permite, cu un cost redus de timp, observarea consecințelor variațiilor tuturor parametrilor implicați în problemă, pe un spectru larg de valori. Mai jos prezentăm doar câteva cazuri:



Reprezentare grafică a părții imaginare (sus) și a părții reale (jos) a frecvenței de vibrație a unui tub de flux subțire, componenta neutră de fluid, având un termen stochastic în ecuația de mișcare, pentru parametrii indicați.

Generalizarea acestor rezultate, în acest an, ne va permite să trimitem spre publicare concluziile legate de efectul introducerii parametrilor stochastici în stabilirea condițiilor de instalare a HKI.

Efectul câmpului magnetic local, al frecvenței de ciocnire intra și inter specii (atomi, ioni, electroni) și al forțelor stohastice asupra pragului de instalare a instabilității Kelvin-Helmholtz, A.Marcu, G. Mocanu, B. Dănilă (lucrare în curs de redactare)

6.3. Descrierea activitatilor administrative-manageriale si de promovare

Activitatile administrative desfasurate conform pachetului de lucru WP 5 au fost urmatoarele:

- organizarea echipelor din cadrul celor 3 colective de cercetare
- elaborarea regulamentului de functionare al colectivelor si al comitetului executive (sterring commeetee)
- stabilirea membrilor comitetului executive
- numirea responsabililor stiintifici ai diferitelor teme din cadrul proiectului
- elaborarea web-site-ului aferent proiectului

In cadrul activitatilor de disemniare si promovare conform pachetului de lucru WP 4 au fost realizate:

- elaborarea si trimiterea spre publicare a mai multor lucrari stiintifice mentionate mai sus si in lista de lucrari anexata
- desfasurarea in cursul semestrului 1 2017-2018 a cursului transversal "Istoria universului si a cosmologiei" adresat tuturor studentilor din UVT
- pregatirea cursului transversal "cucerirea spatiului cosmic" la UVT pentru semestrul 2
- „Zilele Fizicii la Universitatea din Craiova” (concursul stiintific *Liviu Tatar*, o expozitie interactiva de experimente sub genericul „Noaptea alba a experimentului stiintific”, o sesiune de vizare a constelatiilor din emisfera nordica, desfasurata cu telescoapele din dotarea *Centrului AstroEd*)
- promovare a stiintelor spatiale a avut loc in zilele de 2-3 noiembrie si a constat intr-o intalnire a publicului larg cu cosmonautul Dumitru Prunariu, respectiv o sesiune de comunicari stiintifice cu lucrari realizate de profesori de fizica din preuniversitar. Activitatea a avut tema „Dialog despre Univers”

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 COMASS 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 1/2017 și-au atins în întregime scopul și obiectivele propuse și se deschid perspective pozitive asupra desfășurării acestora în faza 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	-
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 entitatii pe etapa la bugetul total al proiectului)	CO: 35.22 % P1: 32.39 % P2: 32.39 %
11	nr. de cursuri de instruire/perfecționare organizate	1
12	nr. activități de diseminare organizate (workshopuri/seminarii/conferințe etc.)	3
13	nr. cereri brevete depuse national/international	-
14	nr. brevete înregistrate national/international	-

15	nr. articole publicate sau acceptate spre publicare ⁴	10
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 lucrărilor publicate:

Coordonator

1. Ciprian A. Sporea, "Scattering of massless fermions by Schwarzschild and Reissner-Nordstrom black holes", Chinese Physics C, Vol. **41**, no. 12 (2017) 123101.
2. C.A. Sporea, A. Borowiec and A. Wojnar, "Galaxy Rotation Curves via Conformal Factors", under review at EPJC. (arXiv:1705.04131).
3. Mihaela-Andreea Baloi, Cosmin Crucean, "Fermion production by a dependent of time electric field in de Sitter universe", trimisa spre publicare la Int. J. Mod. Phys. A.
4. I. I. Cotaescu, Phys. Rev. D 95 (2017) 104051
5. I. I. Cotaescu, Phys. Rev. D 96 (2017) 044046
6. I. I. Cotaescu, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 485
7. I. I. Cotaescu, arXiv:1705.07697
8. I. I. Cotaescu, arXiv:1708.06638
9. I. I. Cotaescu, arXiv:1709.00190.

Partener P1

1. R. Cimpoeas, *Generalized conditional symmetries, related solutions and conservation laws of the Grad-Shafranov equation with arbitrary flow*, J. Nonlinear Math. Phys, 2017, 24 (4), 531-544.
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14029251.2017.1375689>.
2. R. Constantinescu, *New solutions of Dodd-Bullough-Mikhailov equation by using an improved tanh-method* a fost acceptata si a aparut pentru moment in format on-line in Romanian Reports in Physics, vol 69 (3) 2017, Article no. 112.
3. R. Cimpoeas, *On new traveling wave solutions and conserved densities for the 2D Ricci flow model* se află în formă revizuită (impusă prin recenzie) la Revista Analysis and Mathematical Physics.
4. Lungu, M. „Reduced-Order Multiple Observer for Takagi-Sugeno Systems with Unknown Inputs”. ISA

Transactions (ISI Journal), ISSN: 0019-0578; in recenzie.

5. Lungu, M. „Design of Reduced-Order Multiple Observers for Uncertain Systems with Unknown Inputs”. Complexity Journal (ISI Journal), ISSN: 1076-2787; in recenzie.
6. Lungu, M. „State Estimation of the Controlled Generic Reentry Vehicles by using a Reduced-Order Multiple Observer”. 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling, February 21-23, 2018, Vienna, Austria; in recenzie.
7. Lungu, M., Lungu, R. „Design of Full-order Multiple Observers by using the Bass-Gura Formula”. 9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling, February 21-23, 2018, Vienna, Austria; in recenzie.
8. Radu Constantinescu, Carmen Ionescu si Alina Streche, “Mathematical Methods in Nonlinear Dynamics” prezentata la “The Turkish Physical Society 33rd International Physics Conference”, 6-10 sept. 2017 (<http://tfd33.turkfizikdernegei.org/en/>)
9. Radu Constantinescu, Carmen Ionescu si Alina Streche, “Power law method for finding soliton solutions of the 2+1 Ricci flow model”, prezentata la “The 9th Mathematical Physics Meeting: School and Conference in Modern Mathematical Physics” care s-a desfasurat intre 18-23 septembrie 2017 la Belgrad (<http://mphys9.ipb.ac.rs/index.php>)

Partener P2

1. Dissipative instabilities in a partially ionized prominence plasma slab: II. The effect of compressibility.,J. F. Mather, I. Ballai, and R. Erdélyi (acceptată spre publicare în Astronomy & Astrophysics 2018).
2. Dissipative instabilities in a partially ionized prominence plasma slab: II. The effect of compressibility.,J. F. Mather, I. Ballai, and R. Erdélyi (acceptată spre publicare în Astronomy & Astrophysics 2018).
3. Efectul câmpului magnetic local, al frecvenței de ciocnire intra și inter specii (atomi, ioni, electroni) și al forțelor stohastice asupra pragului de instalare a instabilității Kelvin-Helmholtz, A.Marcu, G. Mocanu, B. Dănilă (lucrare în curs de redactare).

Director proiect COMAS



Prof.univ.dr. Dumitru Vulcanov