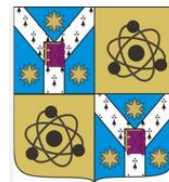


**UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” IAȘI**  
**FACULTATEA DE FIZICĂ**  
**SPECIALIZAREA FIZICĂ**



**UTILIZAREA RELATIVITĂȚII DE SCARĂ ÎN STUDIUL  
DINAMICILOR UNOR SISTEME FIZICE ȘI  
BIOLOGICE**

*- Rezumatul tezei de doctorat -*

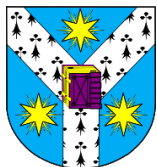
**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC**

**Prof. Univ. Dr. Maricel Agop**

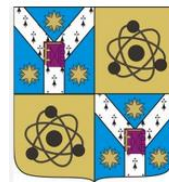
**DOCTORAND**

**Alexandra Iuliana Saviuc**

**IAȘI**  
**2023**



**UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” IAȘI**  
**FACULTATEA DE FIZICĂ**  
**SPECIALIZAREA FIZICĂ**



**UTILIZAREA RELATIVITĂȚII DE SCARĂ ÎN STUDIUL  
DINAMICILOR UNOR SISTEME FIZICE ȘI  
BIOLOGICE**

*- Rezumatul tezei de doctorat -*

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC**

**Prof. Univ. Dr. Maricel Agop**

**DOCTORAND**

**Alexandra Iuliana Saviuc**

**IAȘI**  
**2023**

UNIVERSITATEA “ ALEXANDRU IOAN CUZA” IAȘI

FACULTATEA DE FIZICĂ

La data de....., ora ....., în sala ..... dna. **SAVIUC ALEXANDRA IULIANA** va susține, în ședință publică, teza de doctorat cu titlul **UTILIZAREA RELATIVITĂȚII DE SCARĂ ÎN STUDIUL DINAMICILOR UNOR SISTEME FIZICE ȘI BIOLOGICE** în vederea obținerii titlului științific de doctor în domeniul **ȘTIINȚE EXACTE- FIZICĂ**.

**Președinte:**

**Prof. univ. dr. Diana Mardare**

Universitatea “ Alexandru Ioan Cuza” Iași

**Conducător științific:**

**Prof. univ. dr. Maricel Agop**

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” Iași

**Referenți:**

**Prof. univ. dr. Cipriana Ștefănescu**

Universitatea de Medicină și Farmacie "Grigore T. Popa" Iași

**Prof. univ. dr. habil Dan-Gheorghe Dimitriu**

Universitatea “ Alexandru Ioan Cuza” Iași

**Prof. univ. dr. Gheorghe Cata-Danil**

Universitatea Politehnică București

## Cuprins

<b>Introducere.....</b>	<b>1</b>
<b>Capitolul 1. Universalități și specificități ale dinamicilor de tip Keplerian. Către o teorie fractală a mișcării.....</b>	<b>4</b>
<b>1.0 Scop.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Universuri de tip Keplerian prin transformări de tip Mariwalla.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Geometrii absolute și problema condițiilor inițiale în mișcarea kepleriană .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Posibile corespondențe între mișcarea kepleriană și relativitatea generală .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Inerția ca o problemă de tip keplerian .....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 Concluzii preliminare.....</b>	<b>23</b>
<b>Referințe.....</b>	<b>25</b>
<b>Capitolul 2. Comportamente neliniare în dinamica plasmelor tranzitorii într-o paradigmă multifractală.....</b>	<b>27</b>
<b>2.0. Scop.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Generalități.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Modelul matematic.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Ecuații de mișcare.....</b>	<b>32</b>
<b>2.4. Dinamica plasmelor tranzitorii prin „regimuri” Schrödinger de tip multifractal...36</b>	
<b>2.5 „Moduri de sincronizare” prin etalonări Riccati de tip multifractal în dinamica plasmei tranzitorii.....</b>	<b>40</b>
<b>2.6. Aplicații ale modelului teoretic în cazul dinamicii plasmelor de ablație.....</b>	<b>52</b>
<b>2.7 Concluzii parțiale.....</b>	<b>59</b>
<b>Referințe:.....</b>	<b>60</b>
<b>Capitolul 3. „Implementări holografice” în dinamica fluidelor complexe printr-o paradigmă fractală.....</b>	<b>63</b>
<b>3.0 Scop.....</b>	<b>63</b>
<b>3.1 Generalități.....</b>	<b>63</b>

<b>3.2 Modelul matematic.....</b>	<b>65</b>
<b>3.3 Dinamica fluidelor complexe prin „regimuri” fractale de tip hidrodinamic.....</b>	<b>66</b>
<b>3.4 Dinamica fluidelor complexe prin „regimuri fractale” de tip Schrödinger.....</b>	<b>76</b>
<b>3.5 Concluzii preliminare.....</b>	<b>85</b>
<b>Referințe.....</b>	<b>86</b>
<b>Capitolul 4. “Amprente”de fractalitate în dinamicile unor sisteme complexe.....</b>	<b>88</b>
<b>4.0. Scop.....</b>	<b>88</b>
<b>4.1. Acțiunea omografică unidimensională.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2. Legi de conservare de tip fractal. Fractalizare prin stocasticizare.....</b>	<b>91</b>
<b>4.3. Dinamica oscilatorului amortizat de tip fractal.....</b>	<b>94</b>
<b>4.4 “Amprente” de fractalitate în dinamica sângelui.....</b>	<b>103</b>
<b>4.5. “Amprente” de fractalitate în dinamica atmosferică.....</b>	<b>109</b>
<b>4.6. “Amprente” de fractalitate în dinamica nucleară.....</b>	<b>116</b>
<b>4.7. Comportamente dozimetrice ale diferitelor materiale echivalent țesutului. Un studiu simulat Monte Carlo.....</b>	<b>119</b>
<b>4.8 Concluzii preliminare.....</b>	<b>138</b>
<b>Referințe.....</b>	<b>140</b>
<b>Concluzii.....</b>	<b>144</b>
<b>Bibliografie.....</b>	<b>148</b>
<b>Lista de lucrări.....</b>	<b>157</b>

## Introducere

Modelele utilizate în descrierea dinamicilor sistemelor fizice și biologice sunt construite printr-o combinație de teorii fizice fundamentale și simulări numerice. În timp ce descrierea dinamicilor sistemelor fizice și biologice implică simulări computaționale bazate pe algoritmi specifici, dezvoltările teoretice implică diverse clase de modele fizice. Acestea pot fi modele diferentiabile și modele nediferentiabile bazate pe entități fractale. De curând, o nouă clasă de modele a început să capete consistență în descrierea de dinamici, acestea fiind bazate pe teorii dependente de rezoluție de scară ( de exemplu, Teoria Relativității de Scară). În sensul acestei teorii, presupunând că sistemele fizice și biologice sunt asimilate structural și funcțional obiectelor fractale, dinamicile acestora pot fi descrise prin mișcarea entităților pe curbe continue dar nediferentiabile (curbe fractale/ curbe multifractale). Atunci, orice variabilă ( câmpuri de densitate, câmpuri de viteză, etc.) utilizată în descrierea de dinamici va depinde atât de coordonate spațiale și coordonata temporală cât și de rezoluție de scară. Mai precis, în loc de a opera cu variabile descrise prin funcții matematice strict nediferentiabile, este posibil să operăm cu aproximații ale acestor funcții, obținute prin medierea acestora la diverse rezoluții de scară. În consecință, orice variabilă va funcționa ca limita unei familii de funcții matematice, acestea fiind nediferentiabile pentru rezoluții de scară nule și diferentiabile pentru rezoluții de scară nenule. Scopul prezentei lucrări este de a utiliza Teoria Relativității de Scară în analiza și caracterizarea dinamicilor unor sisteme fizice și biologice. Aceasta este structurată în patru capitole.

În primul capitol intitulat **Universalități și specificități ale dinamicilor de tip Keplerian. Către o teorie fractală a mișcării** sunt analizate și caracterizate dinamicile sistemelor fizice supuse câmpurilor de forțe de tip central: am avut în vedere atât câmpurile de tip newtonian (câmpul gravitațional și câmpul electrostatic) cât și câmpul de forțe logaritmice ( câmpul asociat de Sciama inerției). Astfel de analize ne-au permis, spre exemplu, introducerea conceptului de scară de interacție (asimilată rezoluției de scară din Teoria Relativității de Scară) prin universurile de tip Keplerian pe baza transformărilor Mariwalla, operarea cu geometrii absolute în problema condițiilor inițiale ale mișcării kepleriene, corespondențe între mișcarea Kepleriană

și Relativitatea Generală pe baza mapărilor armonice de la spațiul euclidian la cel hiperbolic precum și explicitarea unei cinematici asociate extensiei spațiale a materiei pe baza geodezicelor unui spațiu Lorentz tridimensional.

În capitolul doi intitulat **Comportamente neliniare în dinamica plasmelor tranzitorii într-o paradigmă multifractală**, sunt prezentate comportamente neliniare în dinamica plasmelor tranzitorii utilizând paradigma multifractală a mișcării sub forma Teoriei Relativității de Scară. Un astfel de tratament ne-a permis construcția operatorului de mișcare, și de aici explicitarea geodezicelor sub forma celor două scenarii (cel de tip Schrödinger multifractal și cel de tip Madelung multifractal). În scenariul de tip Schrödinger multifractal staționar s-a determinat, pe baza unei simetrii “ascunse”, grupul de sincronizare al entităților plasmelor tranzitorii, în timp ce pe baza unei etalonări de tip Riccati modulurile de sincronizare ale entităților aceleiași plasmă. În final, modelul teoretic a fost validat pe baza datelor experimentale explicitate prin dinamica plasmelor de ablație.

În al treilea capitol intitulat **Implementări holografice” în dinamica fluidelor complexe printr-o paradigmă fractală**, asimilând fluidul complex cu un fractal sunt analizate comportamente nediferențiabile în dinamica acestuia. Astfel, dinamica fluidelor complexe sub formă de regimuri fractale de tip hidrodinamic implică „implementări holografice” prin câmpuri de viteză la rezoluție de scală nediferențiabilă, câmpuri de viteze explicitate prin solitoni fractali, mixturi de tipul solitoni fractali– kink-uri fractale și vortexuri minimale fractale. Dinamica fluidelor complexe sub forma regimurilor fractale de tip Schrödinger implică „implementări holografice”, pe baza unui grup de transformări omografice, ceea ce se implică descrieri diferențiale prin matrici  $2 \times 2$  cu elemente reale: co-vectori prin 1-forme diferențiale, metrici Killing-Cartan ale algebrelor  $SL(2R)$ , principiul mapării armonice, coerențe în fază etc. În acest fel, poate fi mimat un posibil scenariu spre haos (prin dublare de perioadă), fără a se intra în haos (haos nemanifest).

În capitolul 4 intitulat **“Amprente”de fractalitate în dinamicile unor sisteme complexe**, sunt analizate dinamici ale unor sisteme complexe ce pot explicita “amprente” de fractalitate atât pe baza Teoriei Relativității de Scară (TRS) cât și al unor proceduri operaționale speciale (invariante de grup, geometrii diferențiale, principii variaționale, mapări armonice, etc.) compatibile cu formalismul matematic al TRS-ului. Astfel acțiunea omografică unidimensională

implică prin etalonări de tip Riccati (ecuații de tip Riccati) legi de conservare și, respectiv, căi de fractalizare prin anumite tipuri de stocasticizări. Definierea acțiunii pentru oscilatorul amortizat ca arie în planul fazelor este reductibilă la o ecuație de tip Riccati a cărei soluții specifică un proces de automodulare în frecvență prezentând similitudini cu funcția de distribuție pe un ansamblu statistic de tip oscilatori locali. Într-un astfel de context “amprente” de fractalitate în dinamica unor sisteme complexe sunt “controlate” fie prin autosimilaritatea și interferențiabilitatea câmpului de viteze prin soluții de tip Kirchhoff ( ca în cazul sângelui), fie prin bistabilitate dependentă de rezoluția de scară ( ca în cazul structurilor atmosferice), fie prin tunelare dependentă de rezoluția de scară ( ca în cazul proceselor de dezintegrare a nucleului). În final comportamente dozimetrice ale diferitelor materiale echivalente țesutului pot fi asimilate unor “amprente” fractale ale dinamicii nucleare.



## Capitolul 1. Universalități și specificități ale dinamicilor de tip Keplerian. Către o teorie fractală a mișcării

În prezentul capitol sunt analizate și caracterizate dinamicile sistemelor fizice supuse câmpurilor de forțe de tip central: am avut în vedere atât câmpurile de tip newtonian (câmpul gravitațional și câmpul electrostatic) cât și câmpul de forțe logaritmice (câmpul asociat de Sciama inerției). Astfel de analize ne-au permis, spre exemplu, introducerea conceptului de scară de interacție (asimilată rezoluției de scară din Teoria Relativității de Scară- TRS) prin universurile de tip Keplerian pe baza transformărilor Mariwalla, operarea cu geometrii absolute în problema condițiilor inițiale ale mișcării kepleriene, corespondențe între mișcarea Kepleriană și Relativitatea Generală pe baza mapărilor armonice de la spațiul euclidian la cel hiperbolic precum și explicitarea unei cinematici asociate extensiei spațiale a materiei pe baza geodezicelor unui spațiu Lorentz tridimensional. Rezultatele originale din acest capitol au fost publicate în [1,2]. Mai general, sunt prezentate și analizate atât universalități cât și specificități ale unor dinamici de tip Keplerian.

Principalele concluzii ale prezentului capitol pot fi sintetizate astfel:

- a) Pentru dinamici determinate de forța invers proporțională cu pătratul distanței există, prin etalonări de tip Mariwalla, universuri multiple de tip Newtonian, separate doar de scara de interacție, și care intervin în măsurarea coordonatelor și timpului. Se statuează astfel universalitatea acestei forțe și deci tranzitivitatea problemei Kepler în raport cu scara de interacție. Atunci problemele Kepler în macrocosmos și microcosmos nu sunt echivalente ci identice pentru diverse scări de interacție ( de spațiu și timp). Într-un asemenea context implementările de tip holografic ( partea reflectă întregul și întregul reflectă partea) în descrierile de dinamici pe baza modelelor fractale pot deveni funcționale, situații în care scara de interacție se substituie cu rezoluția de scară;
- b) Într-un sistem de coordonate carteziene, traiectoria dinamicii de tip Kepler este o conică cu centrul diferit de cel al câmpului de forțe. Mulțimea conicelor poate fi însă organizată ca spațiu cayleyan pentru care absolutul este un cerc în planul vitezelor inițiale ale mișcării Kepleriene;

- c) Întrucât centrul forței este diferit de centrul traiectoriei, iar măsura acestei diferențe este vectorul excentricitate ce depinde de condițiile inițiale ale mișcării, rezultă deci că geometria vectorilor de excentricitate, deci implicit a condițiilor inițiale, este geometria planului Lobacevsky. Atunci are sens să vorbim de o fizică a condițiilor inițiale ale mișcării Kepleriene, careia îi corespunde o geometrie Lobacevsky, prin principiul de metrizare Cayley-Klein. Prin aceasta, structura algebrică asociată acestei fizici devine izomorfă cu structura algebrică relevată de principiul variațional Matzner- Misner pentru câmpul gravitațional de vid.
- d) Invariant comun al câmpului gravitațional și al câmpului inerțial obținut prin formalismul lui Stoka face ca mișcarea planetară percepută și descrisă clasic să devină pur și simplu manifestarea locală a câmpului gravitațional al relativității generale;
- e) Pornind de la o descriere cinetică a roiiurilor materiale în spiritul teoriei clasice a gazului perfect, se introduce câmpul de forțe logaritmice ( forțe de tip Sciama) ca responsabile pentru inerția câmpului. Analiza de dinamici în acest câmp de forțe este reductibilă la o ecuație de tip oscilator armonic, ce prezintă o simetrie ascunsă de tip  $SL(2R)$ .
- f) Geometria asociată grupului  $SL(2R)$  este intrinsec legată de teoria tensiunilor și deformațiilor și de introducerea radiației de zero.

## Referințe

1. N. Mazilu, **A. Saviuc**, V. Ghizdovat- *Atomic nucleus and harmonic maps*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 65 (69), numarul 1, pg. 45-53 (2019)
2. **A. Saviuc**, E. Birleanu, M. Frasilă- *On the Maldacena type conjecture in relation with the scale relativity theory*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, pg. 125-147 (2022)
3. K.H. Mariwalla, Integrals and symmetries: the Bernoulli- Laplace- Lenz vector, Journal of Physics: A mathematical and general, vol. 15, pg. 467-471 (1982)
4. L. Mittag, M.J. Stephen, Conformal Transformations and the Application of Complex Variables in Mechanics and Quantum Mechanics, American Journal of Physics, 60, 207-211 (1992). G. Evrard, Minimal Information in Velocity Space, Physics Letters A, 201, pg. 95-102 (1995).
5. V.A. Fock , The Theory of Space, Time and Gravitation, Macmillan Company, New York (1964).

6. J. Milnor, On the geometry of the Kepler Problem, *The American Mathematical Monthly*, vol. 90, nr. 6, pg. 353-365 (1983)
7. A. Cayley, A Sixth Memoir Upon Quantics, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 149, pg. 61-90 (1859).
8. F. Klein, Sur la geometrie dite non euclidienne, *Annales de la Faculte des sciences de Toulouse pour les sciences mathematiques et les sciences physiques, serie 1*, vol. 11, pg. G1-G62 (1897), traducere în lb. Franceză a originalului din *Mathematische Annalen*, vol. 4, pg. 573-625 (1871)
9. H. Poincare, *Lecons sur les Hypotheses Cosmogoniques*, Hermann & Fils, Paris (1911)
10. M. I. Stoka, *Geometrie Integrală*, Ed. Academiei București (1967)
11. N. Mazilu, M. Agop, *La rascrucea teoriilor. Intre Newton si Einstein*. Universur Barbilian, ed. *Ars Longa Iasi* (2010)
12. N. Mazilu, M. Agop, *Skyrmions – a Great Finishing Touch to Classical Newtonian Philosophy*, Nova Publishers, New York (2012).
13. C.W. Misner, Harmonic Maps as Models for Physical Theories, *Physical Review D*, 18, pg. 4510-4524 (1978)
14. W. Israel, G.A. Wilson, A class of Stationary Electromagnetic Vacuum Fields, *Journal of Mathematical Physics*, vol 13, pg. 865-867 (1972)
15. A. Einstein, *Teoria Relativitatii*, Editura Tehnica Bucuresti (1957)
16. L. Eorvos, On the Gravitation Produced by Earth on Different Substances, *The Abraham Zelmanov Journal*, vol 1. pg. 6-9 (2008)
17. C.W. Misner, J.A. Wheeler, K. Thorne, *Gravitation*, Mir Moscow (1977)
18. F.J. Ernst, New formulation of the Axially Symmetric Gravitation Field Problem I, *Physical Review*, vol. 167, pg. 1175 (1968)
19. F.J. Ernst, New formulation of the Axially Symmetric Gravitation Field Problem II, - *Physical Review*, vol. 168, pg. 1415 (1968)
20. J.H. Jeans, On the Kinetic Theory of Star Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 74, pg. 109-112 (1913)
21. J.H. Jeans, On the Theory of Star Streaming and the Structure of the Univers I, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 76, pg. 70-84 (1915)

22. J.H. Jeans, On the Theory of Star Streaming and the Structure of the Univers II, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 76, pg. 552-572 (1916)
23. D.W. Sciama, The Physical Foundations of General Relativity, Doubleday, New York (1969)
24. I. Newton, The Principia, Prometheus Book Amherst, New York (1995)
25. I. Newton, Principiile Matematice ale Filozofiei Naturale, traducere de Victor Marian, Ed. Academiei Bucuresti (1956)
26. K.S. Govinder, C. Athorne, P.G. Leach, The algebraic structure of generalized Ermakov systems in three dimensions, Journal of Physics A: Mathematical and General, vol 26, pg. 4035-4046 (1993)
27. I.S. Gradshtein, I.M. Ryzhik, Table of Integrals, Series and Products, Fifth Edition, A. Jeffrey Editor, Academic Press (1994)
28. E.G. Reyes, On generalized Bäcklund transformations for equations describing pseudo-spherical surfaces, Journal of Geometry and Physics, vol. 45, pg. 368-392 (2003)
29. H. Hertz, The Principles of Mechanics, Dover Publication, New York (2003)

## Capitolul 2. Comportamente neliniare în dinamica plasmelor tranzitorii într-o paradigmă multifractală

În prezentul capitol sunt prezentate comportamente neliniare în dinamica plasmelor tranzitorii utilizând paradigma multifractală a mișcării sub forma Teoriei Relativității de Scară. Un astfel de tratament ne-a permis construcția operatorului de mișcare, și de aici explicitarea geodezicelor sub forma celor două scenarii ( cel de tip Schrödinger multifractal și cel de tip Madelung multifractal). În scenariul de tip Schrödinger multifractal staționar s-a determinat, pe baza unei simetrii “ascunse”, grupul de sincronizare al entităților plasmelor tranzitorii, în timp ce pe baza unei etalonări de tip Riccati, modurile de sincronizare ale entităților aceleiași plasmă. În final modelul teoretic a fost validat pe baza comportamentelor plasmelor produse cu laser. Rezultatele originale din această lucrare au fost publicate în [1].

Principalele concluzii ale prezentului capitol pot fi sintetizate astfel:

- a) Considerând că plasma tranzitorie poate fi asimilată unui multifractal, s-au descris dinamicile entităților ei pe baza Teoriei Relativității de Scară utilizând curbele continue și nediferențiabile ( curbe multifractale);
- b) Utilizând Teoria Relativității de Scară s-a construit mai întâi un operator de mișcare și apoi, pe baza unui principiu al convarianței de scară s-au explicitat geodezicele sub forma a două scenarii: cel de tip Schrödinger multifractal și cel de tip Madelung multifractal;
- c) Utilizând o simetrie “ascunsă” de tip  $SL(2R)$  prin scenariu de tip Schrödinger multifractal s-a determinat grupul de sincronizare al entităților plasmelor tranzitorii;
- d) Utilizând o etalonare de tip Riccati în scenariu de tip Schrödinger multifractal s-au determinat moduri de sincronizare privite ca comportamente neliniare: dublare de perioadă, oscilații amortizate, cvasiperiodicitate, intermitențe. În acest mod pot fi mimate scenarii de tranziție spre haos, fără a se intra însă în haos ( haos nemanifest);
- e) Modelul teoretic a fost validat pe baza comportamentelor plasmelor tranzitorii generate de ablația UV-ns-laser al probelor de Ni și Mg.

## Referințe:

1. S.A.Irimiciuc, **A. Saviuc**, F. Tudose-Sandu-Ville, S. Toma, F. Nedeff, C.M. Rusu, M. Agop- Non-Linear Behaviors of Transient Periodic Plasma Dynamics in a Multifractal Paradigm, *Symmetry*, vol. 12, pg. 1356 (august 2020)
2. G. Luis, *Complex Fluids* (Springer, Barcelona, 1993).
3. R. Badii, *Complexity: Hierarchical Structures and Scaling in Physics*, Cambridge University Press, Cambridge, (1997).
4. M. Mitchell, *Complexity: A Guided Tour* (Oxford University Press, New York, 2009).
5. Y. Idomura, Erratum: “Self-organization in electron temperature gradient driven turbulence”, *Phys. Plasmas* vol. 13, 080701 (2006).
6. T. Sato, Complexity in plasma: From self-organization to geodynamo *Phys. Plasmas* vol. 3, issue 5, pg. 2135-2142 (1996).
7. M. H. Qaisrani, Z.W. Xia and D. Zou, Statistical properties of three-dimensional two-fluid plasma model, *Phys. Plasma* vol. 22, issue 9, 092303 (2015).
8. D. R. Welch, C. L. Olson and T. W. L. Sanford, High-frequency, amplitude modulation of a submillimeter wave, medium power gyrotron *Phys. Plasmas* vol. 1, issue 13, pg. 764-773 (1994).
9. Y. Bar – Yam, *Dynamics of Complex Systems* (Taylor and Francis, New York, 1999).
10. M. Deville, B. T. Gatski, *Mathematical Modeling for Complex Fluids and Flows* (Springer, Berlin, 2012).
11. B. B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature* (W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1982).
12. L. Nottale, *Scale Relativity and Fractal Space-Time: A New Approach to Unifying Relativity and Quantum Mechanics* (Imperial College Press, London, 2011).
13. I. Merches, M. Agop, *Differentiability and fractality in dynamics of physical systems*, World Scientific, New Jersey (2016).
14. M. Agop, V.P. Paun, *On the new perspectives of fractal theory. Fundaments and applications* (Romanian Academy Publishing House, Bucharest, 2017).
15. E. A. Jackson, *Perspectives of Nonlinear Dynamics* (Cambridge University Press, New York, 1993).

16. C. P. Cristescu, Nonlinear dynamics and chaos. Theoretical fundamentals and applications (Romanian Academy Publishing House, Bucharest, 2008).
17. J. Cresson, F.B. Adda, Quantum derivatives and the Schrödinger equation, Chaos Solitons Fract. Vol. 19, issue 5, pg. 1323 – 1334 (2004).
18. N. Mihăileanu, Complements of Projective and Differential Analytical Geometry (Didactical and Pedagogical Publishing House, Bucharest, 1971).
19. I. Postnikov, Groupes et Algèbres de Lie (Édition Mir, Moscow, 1985).
20. B. Simon, Representations of Finite and Compact Groups. American Mathematical Society, Providence, RI, USA, (1996).
21. N. Mazilu, M. Agop, At the Crossroads of Theories. Between Newton and Einstein – The Barbilian Universe (ArsLonga Publishing House, Iasi, 2010).
22. N. Mazilu, Agop, M., Skyrmions. A Great Finishing Touch to Classical Newtonian Philosophy (World Philosophy Series, Nova Science Publishers, New York, 2012).
23. M. Agop, I. Merches, Operational Procedures Describing Physical Systems (CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida, 2019).
24. E. Cartan, La Théorie des Groupes Finis et Continus et la Géométrie Différentielle Traitées par la Méthode du Repère Mobile (Gauthier – Villars, Paris, 1951).
25. M. Fels, P.J. Oliver, "Moving Coframes: I. A Practical Algorithm, Acta Appl. Math. 51, pg. 161 – 213 (1998).
26. M. Fels, P.J. Oliver, "Moving Coframes: II. Regularization and Theoretical Foundations", Acta Appl. Math. 55, pg. 127 – 208 (1999).
27. S. A. Irimiciuc, I. Mihaila, M. Agop, Experimental and theoretical aspects of a laser produced plasma, Phys. Plasmas vol. 21, issue 9, 93509 (2014).
28. S.A. Irimiciuc, S. Gurlui, M. Agop, Particle distribution in transient plasmas generated by ns-laser ablation on ternary metallic alloys, Appl. Phys. B vol. 125, pg. 1-11 (2019).
29. A. Ojeda-G-P, C. W. Schneider, M. Döbeli, T. Lippert and A. Wokaun, Plasma plume dynamics, rebound, and recoating of the ablation target in pulsed laser deposition, J. Appl. Phys. Vol. 121, issue 13, (2017).
30. S. Irimiciuc, G. Bulai, M. Agop, S. Gurlui, Influence of laser-produced plasma parameters on the deposition process: In situ space-and time-resolved optical emission

- spectroscopy and fractal modeling approach, *Appl. Phys. A Mater.* Vol. 124, pg. 1-14 (2018).
31. J. N. Leboeuf, K. R. Chen, J. M. Donato, D. B. Geohegan, C. L. Liu, A. A. Puretzky and R. F. Wood, Dynamical Modeling of Laser Ablation Processes, *Phys. Plasmas* vol. 3, pg. 2203 (1996).
  32. J. G. Quiñones-Galván, Enrique Camps, S. Muhl, M. Flores and E. Campos-González, Influence of plasma density on the chemical composition and structural properties of pulsed laser deposited TiAlN thin films, *Phys. Plasmas* 21, issue 5, 053509 (2014).
  33. C. Ursu, O. G. Pompilian, S. Gurlui, P. Nica, M. Agop, M. Dudeck, C. Focsa, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics under high-fluence irradiation: plasma plume dynamics through space- and time-resolved optical emission spectroscopy, *Appl. Phys. A Mater.* Vol. 101, pg. 153-159 (2010).
  34. S.C. Singh, C. Fallon, P. Hayden, M. Mujawar, P. Yeates, J.T. Costello, Ion flux enhancements and oscillations in spatially confined laser produced aluminum plasmas, *Phys. Plasmas* 21, issue 9, 093113 (2014).
  35. S. Irimiciuc, F. Enescu, A. Agop, M. Agop, Lorenz Type Behaviors in the Dynamics of Laser Produced Plasma, *Symmetry-Bassel* vol. 11(9):1135, pg. 1–13 (2019).
  36. S.S. Harilal, C. V. Bindhu, V.P.N. Nampoory, C.P.G. Vallabhan, Influence of ambient gas on the temperature and density of laser produced carbon plasma, *Appl. Phys. Lett.* 72, pg. 167-169(1998).



### Capitolul 3. „Implementări holografice” în dinamica fluidelor complexe printr-o paradigmă fractală

În acest capitol asimilând fluidul complex cu un fractal sunt analizate comportamente nediferențiabile în dinamica acestuia. Astfel, dinamica fluidelor complexe sub formă de regimuri fractale de tip hidrodinamic implică „implementări holografice” prin câmpuri de viteză la rezoluție de scală nediferențiabilă, câmpuri de viteze explicitate prin solitoni fractali – kink-uri fractale și vortexuri minimale fractale. Dinamica fluidelor complexe sub forma regimurilor fractale de tip Schrödinger implică „implementări holografice”, printr-un grup de transformări omografice, ceea ce se dovedește reductibil la descrieri diferențiale prin matrici  $2 \times 2$  cu elemente reale: co-vectori prin 1-forme diferențiale, metrici Killing-Cartan ale algebrelor  $SL(2R)$ , principiul măpării armonice, coerențe în fază etc. În acest fel, poate fi mimat un posibil scenariu spre haos (prin dublare de perioadă), fără a se intra în haos (haos nemanifest). Rezultatele originale din acest capitol au fost publicate în [1-3].

Asimilând fluidul complex cu un fractal, sunt analizate dinamici la diferite rezoluții de scară. Prin urmare, următoarele concluzii sunt evidente:

- a. Dinamica fluidelor complexe sub formă de regimuri fractale de tip hidrodinamic, specifică câmpuri de viteză la rezoluție la scară nediferențiabilă, sub formă de solitoni fractali, solitoni fractali – kink-uri fractale și vortexuri minime fractale;
- b. Vortexurile fractale pot fi legate de surse de turbulență în dinamica fluidelor complexe la rezoluții de scară nediferențiabile. Atâta timp cât ele nu sunt supuse niciunei constrângerii externe, vortexurile fractale sunt virtuale și ne-manifeste. Totuși, prezența constrângerilor externe modifică radical dinamica fluidelor complexe, în sensul că vortexurile se vor manifesta ca surse de turbulențe. Deoarece dinamica entităților fluidelor complexe este descrisă de curbe continue, dar nediferențiabile (care prezintă proprietatea de autosimilaritate în fiecare dintre punctele lor), acestea pot fi privite ca un mecanism holografic (partea reflectă întregul și viceversa) în descrierea dinamicii fluidelor complexe;
- c. Folosind un grup de transformări omografice a ecuației de tip fractal Schrödinger, se evidențiază descrierea diferențială a dinamicii fluidelor complexe prin intermediul matricilor  $2 \times 2$  cu elemente reale. Concret, sunt utilizate diverse metode matematice induse de geometria diferențială a acestor matrici: covectori de bază prin 1-forme diferențiale externe, metrica Killing-Cartan a algebrei  $SL(2R)$ , principiul aplicațiilor armonice, coerențe în fază etc. Coerența în fază permite măpării armonice de la

spațiul obișnuit la cel hiperbolic, situație în care pot fi generate diverse tipare. Astfel de tipare reflectă, fie comportamente dinamice de tip digital, ceea ce ar fi apropiate funcționalităților de tip corpuscular, fie comportamentelor dinamice de tip analogic, ceea ce ar fi asociate funcționalităților de tip ondulatoriu.

## Referințe

1. **A. Saviuc**, M. Gîrțu, L. Topliceanu, T.C. Petrescu, M. Agop, “Holographic Implementations” in the Complex Fluid Dynamics through a Fractal Paradigm, *Mathematics*, vol. 9, nr. 18, pg. 2273, (septembrie 2021)
2. **A. Saviuc**, T.C. Petrescu, M. Frăsilă, C.M. Rusu, V. Bahrin, M. Botez, M. Lungu, Dynamics at non-differentiable scale in the multifractal theory of motion, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 4*, pg. 29-39 (2020)
3. L. Dobreci, **A. Saviuc**, T.C. Petrescu, M.A. Paun, M. Frasila, F. Nedeff, V.A. Paun, C. Dumitrascu, V. Puiu Paun, M. Agop, Towards interactions through differentiable-non-differentiable scale transitions in scale relativity theory, *Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics*, vol. 83, Iss. 2, pg. 239-252 (2021)
4. G. Luis, *Complex Fluids*, Springer, Volume 415, (1993)
5. T.Y. Hou, C. Liu, J.G. Liu, *Multi-scale Phenomena in Complex Fluids: Modeling, Analysis and Numerical Simulations*, World Scientific Publishing Company, Singapore, (2009)
6. M.T. Deville, B. Gatski, *Mathematical Modeling for Complex Fluids and Flows*, Springer, (2012)
7. D. Băceanu, K. Diethelm, E. Scalas, H. Trujillo, *Fractional Calculus, Models and Numerical Methods*. Singapore, World Scientific, (2016)
8. M.D. Ortiguera, *Fractional Calculus for Scientists and Engineers*, Springer, (2011)
9. B.B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, (1982)
10. L. Nottale, *Scale Relativity and Fractal Space-Time: A New Approach to Unifying Relativity and Quantum Mechanics*, Imperial College Press, London, (2011)
11. I. Merches, M. Agop, *Differentiability and fractality in dynamics of physical systems*, World Scientific, New Jersey, (2016)

12. M. Agop, V.P. Paun, On the new perspectives of fractal theory. Fundaments and applications, Romanian Academy Publishing House, Bucharest, (2017)
13. E.A. Jackson, Perspectives of Nonlinear Dynamics, Vol. 1, Cambridge University Press, New York, (1993)
14. C.P. Cristescu, Nonlinear dynamics and chaos. Theoretical fundaments and applications. Romanian Academy Publishing House, (2008)
15. N. Mazilu, M. Agop, Skyrmions. A great finishing touch to classical Newtonian philosophy. New York, Ny Nova Science Publishers C, (2012)
16. N. Mazilu, M. Agop, I. Merches, Scale Transitions as Foundations of Physics, World Scientific, (2021)
17. Y. Xi, Geometry of harmonics Maps, Springer New York (2018)
18. T.H. Angheluta, Curs de Teoria Functiilor de Variabila Complexa, Ed. Tehnica (1957)

## Capitolul 4. “Amprente” de fractalitate în dinamicile unor sisteme complexe

În prezentul capitol sunt analizate dinamici ale unor sisteme complexe ce pot explica “amprente” de fractalitate atât pe baza Teoriei Relativității de Scară (TRS) cât și al unor proceduri operaționale speciale (invarianțe de grup, geometrii diferențiale, principii variaționale, mapări armonice, etc.) compatibile cu formalismul matematic al TRS-ului. Astfel acțiunea omografică unidimensională implică prin etalonări de tip Riccati (ecuații de tip Riccati) legi de conservare și, respectiv, căi de fractalizare prin anumite tipuri de stocasticizări. Definierea acțiunii pentru oscilatorul amortizat ca arie în planul fazelor este reductibilă la o ecuație de tip Riccati a cărei soluție specifică un proces de automodulare în frecvență prezentând similitudini cu funcția de distribuție pe un ansamblu statistic de tip oscilatori locali. Într-un astfel de context “amprente” de fractalitate în dinamicile unor sisteme complexe sunt “controlate” fie prin autosimilaritatea și interferențiabilitatea câmpului de viteze prin soluții de tip Kirchhoff (ca în cazul sângelui), fie prin bistabilitate dependentă de rezoluția de scară (ca în cazul structurilor atmosferice), fie prin tunelare dependentă de rezoluția de scară (ca în cazul procesului de dezintegrare a nucleului). În final comportamente dozimetrice ale diferitelor materiale echivalente țesutului pot fi asimilate unor “amprente” fractale ale dinamicii nucleului. Rezultatele originale din acest capitol au fost publicate în [1-9].

Principalele concluzii ale prezentului capitol pot fi sintetizate astfel:

- a) Au fost analizate dinamici ale unor sisteme complexe precum sângele, structuri atmosferice, nuclee, țesuturi umane, utilizând atât TRS-ul cât și proceduri operaționale speciale (invarianțe de grup, geometrii diferențiale, principii variaționale, mapări armonice, etc.) compatibile cu formalismul matematic al TRS-ului;
- b) Acțiunea omografică unidimensională ce se dovedește reductibilă la o ecuație de tip Riccati implică trei 1-forme diferențiale, cu rol de coreper în orice punct al spațiului absolut, și o 2-formă diferențială cu rol de metrică. Acest concept ne permite să traducem proprietăți geometrice ale spațiului absolut în proprietăți algebrice legate de ecuația diferențială Riccati. Cele mai simple proprietăți se referă la mișcarea pe geodezice ale metricii. Într-un astfel de context se obțin atât legi de conservare cât și tipul de fractalizare prin stocasticizare având în vedere că ecuațiile Riccati caracterizează familii de distribuții exponențiale de medie dată cu varianța ce depinde pătratic de medie;
- c) Definierea acțiunii pentru oscilatorul amortizat ca arie în planul fazelor este reductibilă la o ecuație de tip Riccati a cărei soluție specifică un proces de automodulare în frecvență

prezentând similitudini cu funcția de distribuție pe un ansamblu statistic de tip oscilatori locali;

- d) Într-un astfel de context “amprente” de fractalitate în dinamicile unor sisteme complexe sunt “controlate” fie prin autosimilaritatea și interferențiabilitatea câmpului de viteze prin soluții de tip Kirchhoff (ca în cazul sângelui), fie prin bistabilitate dependent de rezoluția de scară (ca în cazul studiilor atmosferice), fie prin tunelare dependent de rezoluția de scară (ca în cazul proceselor de dezintegrare ale nucleului). În final, comportamentele dozimetrice ale diferitelor materiale echivalente țesutului, pot fi assimilate unor “amprente” fractale ale dinamicii nucleului.

## Referințe

1. V. Ghizdovat, C. Stefanescu, Catalin Borcia, C. Stolniceanu, **A. Saviuc**, I. Butuc, I. Grierosu, J. Wael, M. Agop- *A comparative simulated study of dosimetric behaviors for tissue-equivalent materials*, The 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering- EHB (2019)
2. V. Ghizdovăț, C. Ștefănescu, I. Cristina Grierosu, D. Dimitriu, **A. I. Saviuc**, M. Frăsilă, Ș.A. Irimiciuc, R. Iacob, M. Agop, *A statistical interpretation of the classical action with implications in the dynamics of non-linear growth biostructures*, The 8<sup>th</sup> IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering- EHB (2020)
3. N. Mazilu1, C. Cocea, T.C. Petrescu, **A. Saviuc**, C.M. Rusu- *On a distinct invariance in the multifractal theory of motion*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 4, pg. 29-40 (2020)
4. N.D. Tesloianu , V.Ghizdovăț, C.M. Rusu, **A. Saviuc**- *Hallmarks of fractality in blood dynamics*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 2, pg 47-57 (2020)
5. **A. Saviuc** , C.M. Rusu , M. Lungu, V. Ghizdovăț- *Dosimetric behaviors of different tissue-equivalent materials. A Monte Carlo simulated study*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 3, pg. 61-76 (2020)
6. **A. Saviuc**, M. Frasila, S.A. Irimiciuc, M.- *On a “Holographic implementation” in the dynamics of physical systems*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy pg. 59-79 (2021)

7. **A. Saviuc**, V. Paleu, A. Lapusteanu, T.C. Petrescu, *Non-linear friction-type behaviors in liquid crystals in a multifractal paradigm of motion*, *Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy* pg. 161-180 (2022)
8. D. Vasincu, **A. Saviuc**, V. Ghizdovăț- *The atom of the physical “reality” or the essentiality of the vacuum*, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 67 (71), numarul 1*, pg.19-26 (2021)
9. I.A. Rosu, M.A. Paun, M. Barhalescu, **A. Saviuc**, M. Jarcau, C. Dumitras, C. Placinta, V.A. Paun, M. Agop , V. Puiu Paun, *Bistable-type interactions of complex systems in a fractal paradigm of motion*, *Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics*, vol. 84, Iss. 3, pg. 167-176 (2022)
10. M. Fels, P.J. Oliver, *Moving Coframes I*, *Acta Applicandae Mathematics*, vol 51,pg. 161-213 (1999)
11. N. Mazilu, M. Agop, *La răscrucea teoriilor. Între Newton și Einstein. Universul Barbilian*, *Ars. Longa* (2010)
12. C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler, *Gravitation*, WH Freeman and Company, San Francisco CA (1973)
13. C.N. Morris, *Natural Exponential Families with Quadratic Variance Functions*, *The Annals of Statistics*, vol. 10, pg. 65-80 (1982)
14. M.I. Zelikin, *Control Theory and Optimization*, *Encyclopaedia of Mathematical Science*, vol. 86, Springer, Berlin (2000)
15. H.H. Demnan, *Time-Translation Invariance for Certain Dissipative Classical Systems*, *American Journal of Physics*, vol. 36, pg. 516 (1968)
16. T.S. Chihara, *An Introduction to Orthogonal Polynomials*, Gordon and Breach, New York (1978)
17. L.D. Landau, E.M. Lifschitz, *Mecanique*, Mir Editions, Moscow (1966)
18. M.I. Stoka, *Geometrie Integrală*, Ed. Academiei București (1967)
19. J.F. Carinena, *Integrability of Riccati equation from a group theoretical viewpoint*, <https://arxiv.org/abs/math-ph/9810005> (1998)
20. D. Stoler, *Generalized Coherent States*, *Physical Review D*, p. 2309 (1971)
21. N.D. Tesloianu, *PAD and COPD in Smokers*, Iași, *Ars Longa*, (2014)

22. N.D. Tesloianu, V. Ghizdovăț, M. Agop, Flow Dynamics via Non-Differentiability and Cardiovascular Disease, Saarbrücken, Scholars' Press, (2015)
23. B.B. Mandelbrot, The Fractal Geometry of Nature (Updated and Augm. Ed.), New York, W.H. Freeman, (1983)
24. B. Audoly, S. Neukirch, Fragmentation of Rods by Cascading Cracks: Why Spaghetti Does Not Break in Half, Physical Review Letters, 95, 095505 (2005).
25. D.L. Aronstein, C.R. Strout, Fractional Wave-Function Revivals in the Infinite Square Well, Phys. Rev. A, 55, pg. 1050-1065 (1997).
26. M. Pricop, M. Răuț, Z. Borsos, A. Baciuc, M. Agop, Holographic-Type Gravitation via Non-Differentiability in Weyl-Dirac Theory, J. Mod. Phys., 4, pg. 165-171 (2013).
27. L. de Broglie, Le Thermodynamique de la particule isolee, Paris, Gauthier-Villars, 1964. Luis G., Complex Fluids, Berlin, Springer, 1993
28. O. Onicescu, Energie informationnelle, C. R. Acad. Sci. Paris A, 263, pg. 841-842 (1966).
29. L. Nottale, Fractals and the Quantum Theory of Spacetime, International Journal of Modern Physics A, 4, pg. 5047-5117 (1989).
30. I. Merches, M. Agop, *Differentiability and Fractality in Dynamics of Physical Systems*, World Scientific, (2015)
31. N. Mazilu, M. Agop, I. Merches, Scale Transitions as Foundations of Physics; World Scientific: Singapore, Singapore (2021)
32. C.P. Cristescu, Nonlinear dynamics and chaos. In Theoretical Fundamentals and Applications. Romanian Academy Publishing House: Bucharest, Romania (2008)
33. W. You, M. Henneberg, Cancer Incidence Increasing Globally: The Role of Relaxed Natural Selection, Evol. Appl. 11, pg. 209-212 (2018).
34. F. Bray, I. Soerjomataram, The Changing Global Burden of Cancer: Transitions in Human Development and Implications for Cancer Prevention and Control, in: Gelband H., Jha P., Sankaranarayanan R., Horton S., editors, Cancer: Disease Control Priorities, Third Edition, Vol. 3, Washington (DC), The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank (2015).
35. C.M. Washington, D.T. Leaver, M. Trad M, Washington & Leaver's Principles and Practice of Radiation Therapy, Maryland Heights, Mosby (2019).

36. L.L. Gunderson, J.E. Tepper, Clinical Radiation Oncology, 4th Ed., Philadelphia, Elsevier (2015).
37. O. Prakash Gurjar, S.P. Mishra, V. Bhandari, P. Pathak, P. Patel, G. Shrivastav, Radiation Dose Verification Using Real Tissue Phantom in Modern Radiotherapy Techniques, J. Med. Phys. 39, pg 44-49 (2014).
38. IAEA, Commissioning of Radiotherapy Treatment Planning Systems: Testing for Typical External Beam Treatment Techniques. Report of the Coordinated Research Project (CRP) on Development of Procedures for Quality Assurance of Dosimetry Calculations in Radiotherapy, IAEA-TECDOC-1583, Vienna, IAEA (2008).
39. G. Battistoni, J. Bauer, T.T. Boehlen et al., The FLUKA Code: An Accurate Simulation Tool for Particle Therapy, Front. Oncol. 6, pg. 116 (2016).

## Concluzii

Principalele concluzii ale prezentei lucrări sunt următoarele:

- a) Pentru dinamici determinate de forța invers proporțională cu pătratul distanței există, prin etalonări de tip Mariwalla, universuri multiple de tip Newtonian, separate doar de scara de interacție, și care intervin în măsurarea coordonatelor și timpului. Se statuează astfel universalitatea acestei forțe și deci tranzitivitatea problemei Kepler în raport cu scara de interacție. Atunci problemele Kepler în macrocosmos și microcosmos nu sunt echivalente ci identice pentru diverse scări de interacție ( de spațiu și timp). Într-un asemenea context implementările de tip holografic ( partea reflectă întregul și întregul reflectă partea) în descrierile de dinamici pe baza modelelor fractale pot deveni funcționale, situații în care scara de interacție se substituie cu rezoluția de scară;
- b) Utilizând o etalonare de tip Riccati în scenariu de tip Schrödinger multifractal s-au determinat moduri de sincronizare privite ca comportamente neliniare: dublare de perioadă, oscilații amortizate, quasiperiodicitate, intermitențe. În acest mod pot fi mimate scenarii de tranziție spre haos, fără a se intra însă în haos ( haos nemanifest);
- c) Vortexurile fractale pot fi legate de surse de turbulență în dinamica fluidelor complexe la rezoluții de scară nediferențiabile. Atâta timp cât ele nu sunt supuse niciunei constrângeri externe, vortexurile fractale sunt virtuale și ne-manifeste. Totuși, prezența



constrângerilor externe modifică radical dinamica fluidă complexă, în sensul că vortexurile se vor manifesta ca turbulențe. Deoarece dinamica entităților fluidelor complexe este descrisă de curbe continue, dar nediferențiabile (care prezintă proprietatea de autosimilaritate în fiecare dintre punctele lor), acestea pot fi privite ca un mecanism holografic (partea reflectă întregul și viceversa) în descrierea dinamicii fluidelor complexe;

- d) Folosind un grup de transformări omografice a ecuației de tip fractal Schrödinger, se evidențiază descrierea diferențială a dinamicii fluidelor complexe prin intermediul matricilor  $2 \times 2$  cu elemente reale. Concret, sunt utilizate diverse metode matematice induse de geometria diferențială a acestor matrici: co-vectori de bază prin 1-forme diferențiale externe, metrica Killing-Cartan a algebrei  $SL(2R)$ , principiul aplicațiilor armonice, coerențe în fază etc. Coerența în fază permite mapări armonice de la spațiul obișnuit la cel hiperbolic, situație în care pot fi generate diverse tipare. Astfel de tipare reflectă, fie comportamente dinamice de tip digital, ceea ce ar fi apropiate funcționalităților de tip corpuscular, fie comportamentelor dinamice de tip analogic, ceea ce ar fi asociate funcționalităților de tip ondulatoriu.
- e) Într-un astfel de context “amprente” de fractalitate în dinamicile unor sisteme complexe sunt “controlate” fie prin autosimilaritatea și interferențiabilitatea câmpului de viteze prin soluții de tip Kirchhoff (ca în cazul sângelui), fie prin bistabilitate dependent de rezoluția de scară (ca în cazul studiilor atmosferice), fie prin tunelare dependent de rezoluția de scară (ca în cazul proceselor de dezintegrare ale nucleului). În final, comportamentele dozimetrice ale diferitelor materiale echivalente țesutului, pot fi assimilate unor “amprente” fractale ale dinamicii nucleului.

Având în vedere faptul că prin TRS se propune o nouă metodă de analiză a dinamicilor unor sisteme fizice și biologice, mai precis analiza de tip holografic în descrierea de dinamici, și întrucât orice hologramă este echivalentă cu machine learning[G. Wen-Cong, S. Fu-Wen, Holography as deep learning, arXiv:1705.05750v2 [gr-qc], 27 mai 2017], practic prin aceasta se poate statua utilizarea inteligenței artificiale în orice analiză de dinamică.

## Lista de lucrări

### a) Lucrări indexate ISI

1. Iulian-Alin Rosu, Maria-Alexandra Paun, Mihaela Barhalescu, **Alexandra Iuliana Saviuc**, Mihaela Jarcau, Catalin Dumitras, Constantin Placinta, Vladimir-Alexandru Paun, Maricel Agop, Viorel-Puiu Paun, *Bistable-type interactions of complex systems in a fractal paradigm of motion*, Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 84, Iss. 3, 2022 (Revista indexata ISI, ISSN: 1223-7027, Factor de impact (FI) 0.619, Scor de influență absolut: 0.167)
2. **Alexandra Saviuc**, Manuela Girtu, Liliana Topliceanu, Tudor-Cristian Petrescu, Maricel Agop, “*Holographic Implementations*” in the complex Fluid Dynamics through a fractal paradigm, Mathematics, Volume 9, Issue 18, 2021 (Revista indexata ISI, ISSN: 2227-7390, Factor de impact (FI) 2.592, Scor de influență absolut: 0.409)
3. Lucian Dobreci, **Alexandra Saviuc**, Tudor-Cristian Petrescu, Maria-Alexandra Paun, Mihail Frasila, Florin Nedeff, Vladimir-Alexandru Paun, Catalin Dumitrascu, Viorel-Puiu Paun, Maricel Agop, *Towards interactions through differentiable-non-differentiable scale transitions in scale relativity theory*, Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, vol. 83, Iss. 2, 2021 (Revista indexata ISI, ISSN: 2227-7390, Factor de impact (FI) 0.619, Scor de influență absolut: 0.167)
4. Stefan-Andrei Irimiciuc, **Alexandra Saviuc**, Florin-Tudose-Sandu-Ville, Stefan Toma, Florin Nedeff, Cristina Marcela Rusu, Maricel Agio- *Non-linear behaviors of transient periodic plasma dynamics in a multifractal paradigm*, Symmetry 2020 (Revista indexata ISI, ISSN: 2073-8994, Factor de impact (FI): 2.940, Scor de influență absolut: 0.394)

Total scor de influență absolut: 1.137

### b) Lucrări indexate BDI B+

1. Gabriel Gavriluț, **Alexandra Saviuc**, Cristina-Marcela Rusu, Tudor Cristian Petrescu, Iuliana Oprea, *Types of Operational Mathematical Procedures in Dynamics Descriptions. A Short Note*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 68, numarul 3, pg. 39-42 (2022) ( publicat aprilie 2023) (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)

2. Stefana Agop, Gavril Stefan, Tudor-Cristian Petrescu, **Alexandra Saviuc**, Cristina-Marcela Rusu- *On the holographic type Dynamics in complexity economics*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 67 (71), numarul 2, 2021 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)
3. Decebal Vasincu, **Alexandra Iuliana Saviuc**, Vlad Ghizdovăț- *The atom of the physical “reality” or the essentiality of the vacuum*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 67 (71), numarul 1, 2021 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)
4. Nicolae Mazilu<sup>1</sup>, Costică Cocea, Tudor-Cristian Petrescu, **Alexandra Saviuc**, Cristina-Marcela Rusu- *On a distinct invariance in the multifractal theory of motion*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 4, 2020 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)
5. **Alexandra Saviuc** , Tudor-Cristian Petrescu, Mihail Frăsilă , Cristina-Marcela Rusu, Vasile Bahrin, Mihai Botez, Medeea Lungu- *Dynamics at non-differentiable scale in the multifractal theory of motion*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 4, 2020 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)
6. **Alexandra Saviuc** , Cristina-Marcela Rusu , Medeea Lungu, Vlad Ghizdovăț- *Dosimetric behaviors of different tissue-equivalent materials. A Monte Carlo simulated study*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 3, 2020 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)
7. Nicolae Dan Tesloianu , Vlad Ghizdovăț, Cristina-Marcela Rusu, **Alexandra Saviuc**- *Hallmarks of fractality in blood dynamics*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumul 66 (70), numarul 2, 2020 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)
8. Nicolae Mazilu, **Alexandra Saviuc**, Vlad Ghizdovăț- *Atomic nucleus and harmonic maps*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Volumu 65 (69), numarul 1, 2019 (ISSN:1223-7027, SJR 0.390, BDI B+)

c) Lucrări indexate BDI

1. **Alexandra Saviuc**, Emma Bîrleanu, Mihail Frasilă- *On the Maldacena type conjecture in relation with the scale relativity theory*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2022 (ISSN :2343-7049, BDI)
2. Elena Puiu, Cristian Ursu, Dorin Vaideanu, Ion Sococol, Tudor Cristian Petrescu,

**Alexandra Saviuc**- *3D printing of “Liquid Wood”*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2022 (ISSN :2343-7049, BDI)

3. **Alexandra Saviuc**, Viorel Paleu, Alexandru Lapusteanu, Tudor Cristian Petrescu, *Non-linear friction-type behaviors in liquid crystals in a multifractal paradigm of motion*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2022 (ISSN :2343-7049, BDI)
4. **Alexandra Saviuc**, Mihail Frasila, Stefan Andrei Irimiciuc, Maricel Agop- *On a “Holographic implementation” in the dynamics of physical systems*, Memoirs of the Scientific Section of the Romanian Academy, 2021 (ISSN :2343-7049, BDI)

d) Participări la conferințe

1. Laura Teodoriu, Daniela Chetan, Roxana Iacob, Șt. Bilha, **Alexandra Saviuc**, Stefana Bilha, *Metastaze multiple la o pacientă cu carcinoma tiroidian și carcinoma mamar cu o valoare scăzută a tiroglobulinei. Asocierea dintre cancerul tiroidian și cancerul de sân*, CONFER 23-26 Noiembrie 2022
2. **Alexandra Saviuc**, Claudia-Laura Teodoriu, Daniela Chetan, *Utilizarea Na I-131 în neoplaziile tiroidiene. Radioprotecția personalului medical expus profesional și a persoanelor din public*, CONFER 23-26 Noiembrie 2022
3. Simona Cruceanu, E. Marcovici, Simona Cojocariu, Crina Miron, **Alexandra Saviuc**, Mihaela Chisăliță, I. Tulbure, Daniela Stanciuc, Daniela Chetan, *Radioprotecția în Medicina Nucleară diagnostic și terapeutică: mit sau realitate*, CONFER 23-26 Noiembrie 2022
4. Vlad Ghizdovăț, Cipriana Ștefănescu, Irena Cristina Grierosu, Dan Dimitriu, **Alexandra Iuliana Saviuc**, Mihail Frăsilă, Ștefan Andrei Irimiciuc, Roxana Iacob, Maricel Agop, *A statistical interpretation of the classical action with implications in the dynamics of non-linear growth biostructures*, The 8<sup>th</sup> IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering- EHB 2020 (ISSN: 2575-5137, eISSN: 2575-5145)
5. Vlad Ghizdovăț, Cipriana Ștefănescu, Catalin Borcia, Cati Stolniceanu, **Alexandra Saviuc**, Irina Butuc, Irena Grierosu, Jalloul Wael, Maricel Agop- *A comparative simulated study of dosimetric behaviors for tissue-equivalent materials*, The 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering- EHB 2019 (ISSN: 2575-5137,

**eISSN:** 2575-5145)

6. **Alexandra Saviuc**, Vlad Ghizdovat, Maricel Agop- *Nanostructure dynamics means of a multifractal theory of motion-* 6<sup>th</sup> International Conference from Nanoparticles & Nanomaterials to Nanodevices & Nanosystems (2019) (ISBN 978-0-9898878-6-1)
7. **Alexandra Saviuc**, Vlad Ghizdovat, Catalin Borcia, Cipriana Stefanescu, Alexandru Gratian Naum- *Ionizing radiation exposure for professionally exposed workers in an imaging nuclear medicine laboratory- a retrospective dosimetry study*, 15<sup>th</sup> National Conference of Biophysics, 2018