

Симетрии на фундаменталните закони на Природата

- Договор ДН-18/1 от 10.12.2017, срок 36 месеца (2 етапа), финансиране – 120 000 лв
- Първи етап: 10.12.2017 – 10.06.2019, финансиране – 60 000 лв
- Базова организация: Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика (ИЯИЯЕ), Българска Академия на Науките (БАН)
- Партньорска организация: Физически Факултет , Софийски Университет „Св. Климент Охридски“
- Ръководител: член-кор. на БАН, проф. дфн Емил Нисимов
- Интернет-сайт: http://theo2.inrne.bas.bg/elpart/DN_18-1_index.html

Научен колектив:

член-кор. проф. дфн Емил Нисимов (ръков., ИЯИЯЕ-БАН)

- Член-кор. проф. дфн Валентина Петкова – ИЯИЯЕ-БАН**
- Проф. дфн Владимир Добрев – ИЯИЯЕ-БАН**
- Проф. дфн Светлана Пачева – ИЯИЯЕ-БАН**
- Доц. дфн Недялка Стоилова – ИЯИЯЕ-БАН**
- Гл.ас. д-р Деница Стайкова – ИЯИЯЕ-БАН**
- Докт. Калин Маринов – ИЯИЯЕ-БАН**
- Проф. дфн Радослав Рашков – Физ. ф-тет, СУ „св.Кл. Охридски“**
- Докт. Стефан Младенов – Физ. ф-тет, СУ „св.Кл. Охридски“**
- Акад. Иван Тодоров – ИЯИЯЕ-БАН**

ПУБЛИКАЦИИ: Общо 31 труда – 18 статии публ. в международни издания с импакт-фактор или импакт-ранг; 3 статии (1 глава в книга) публ. в други международни и национални издания; 10 статии публ. в международния електронен ArXiv.org, изпратени/приети за печат.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ([1] – [5]):

- 1. I. Kostov, V.B. Petkova, D. Serban,
„Determinant formula for the octagon form factor in $N = 4$ SYM“,
Phys.Rev.Lett. 122, 231601 (2019), **IF 8.8, Q1**,
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.122.231601>
- 2. I. Kostov, V.B. Petkova, D. Serban, “The octagon as a determinant”,
arXiv:1905.11467, <https://arxiv.org/abs/1905.11467>
- 3. P. Furlan and V.B. Petkova, “On some Coulomb gas integrals in higher
dimensions”, arXiv:1806.03270, <https://arxiv.org/abs/1806.03270>
- 4. V.K. Dobrev, “Multiparameter Quantum Group and Quantum
Minkowski Space-Time”, Physics of Particles and Nuclei, **49**, No. 5,
(2018) 818–822. ISSN 1063-7796, **IF=0.786, Q4**,
<https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1063779618050180>
- 5. V.K. Dobrev, “Representations of Multiparameter Quantum Groups”,
Physics of Atomic Nuclei, **81**, No. 6, (2018) 826–831, ISSN 1063-7788,
IF=0.524, Q4,
<https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1063778818060121>

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ([6] – [10]):

- 6. V.K. Dobrev, “Multiplet Classification of Reducible Verma Modules over the G_2 Algebra”, J. Phys.: Conf. Ser. **1194** (2019) 012027. ISSN 17426588, **SJR=0.22, Q3**, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1194/1/012027/meta>
- 7. V.K. Dobrev, A. Marrani, “Jordan Algebraic Interpretation of Maximal Parabolic Subalgebras : Exceptional Lie Algebras”, arXiv:1905.00289 [math.RT]. <https://arxiv.org/abs/1905.00289>
- 8. E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Wheeler-DeWitt Quantization of Gravity Models of Unified Dark Energy and Dark Matter", Springer Proceedings in Mathematics and Statistics **v.255: Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and Its Applications in Physics**, vol.2, ed. V. Dobrev, pp.99-114 (Springer, Tokyo, Heidelberg) 2018, **SJR 0.161**, https://doi.org/10.1007/978-981-13-2179-5_7
- 9. E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Quintessence, Unified Dark Energy and Dark Matter, and Confinement/Deconfinement Mechanism", "Ninth Mathematical Physics Meeting", pp.237-252, B. Dragovic et.al. eds., **ISBN: 978-86-82441-48-9**, (Belgrade Inst. Phys. Press, 2018), <http://arxiv.org/abs/1801.09120>
- 10. E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Confinement/Deconfinement and Gravity-Assisted Emergent Higgs Mechanism in Quintessential Cosmological Model", "**Jacob Bekenstein Memorial Volume**" (World Scientific, 2019), <http://arxiv.org/abs/1804.07925>, <https://doi.org/10.1142/11373>

СРЕД СВЕТОВНО ИЗВЕСТНИ СЪАВТОРИ, ВКЛ. НОБЕЛОВ ЛАУРЕАТ



Jacob Bekenstein Memorial Volume

The Conservative Revolutionary

<https://doi.org/10.1142/11373> | November 2019

Pages: 300

Edited By: Lars Brink (*Chalmers University of Technology, Sweden*), Viatcheslav Mukhanov (*Ludwig-Maximilians-Universität of München, Germany*), Eliezer Rabinovici (*Hebrew University of Jerusalem, Israel*) and K K Phua (*Nanyang Technological University, Singapore*)

Contents:

- Entropy from Carnot to Bekenstein (*Ted Jacobson*)
- Developments in Black Hole Entropy (*Juan Maldacena*)
- Black Hole Microstates (*Gerard 't Hooft*)
- Bekenstein, I, and the Quantum of Black-Hole Surface Area (*Shahar Hod*)
- Black Hole Information Revisited (*Andrew Strominger*)
- Remarks on Black Hole Entropy (*Valeri P Frolov*)
- Quantum Black Holes (*Viatcheslav Mukhanov*)
- Jacob Bekenstein and the Development of Black Hole Thermodynamics (*Robert M Wald*)
- Remembering Jacob (*G W Gibbons*)
- On the Microscopic Interpretation of the Bekenstein-Hawking Entropy (*James M Bardeen*)
- Jacob Bekenstein's Universe: From Black Holes to Modified Gravity (*Ofer Lahav*)
- Entropy, Gravity and Galactic Dynamics (*Erik P Verlinde*)
- Black Hole Entropy and the Bekenstein Bound (*Raphael Bousso*)
- Cosmological Implications of the Bekenstein Bound (*Tom Banks & Willy Fischler*)
- Bekenstein's Entropy Bound and Variations Thereof (*Gabriele Veneziano*)
- The Bekenstein Bound (*Don N Page*)
- MOND From A Brane-World Picture (*Mordehai Milgrom*)
- ★ Confinement/Deconfinement and Gravity-Assisted Emergent Higgs Mechanism in Quintessential Cosmological Model (*Eduardo Guendelman, Emil Nissimov and Svetlana Pacheva*)
- The Driving of Binary Black Holes in View of LIGO and Virgo Observations (*Tsvi Piran & Kenta Hotekezaka*)
- Turbulence and Random Geometry (*Yaron Oz*)
- Sakharov's Induced Gravity and the Poincaré Gauge Theory (*Masud Chaichian, Markku Oksanen and Anca Tureanu*)

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ([11] - [15]):

- 11. E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Modified Gravity and Inflaton Assisted Dynamical Generation of Charge Confinement and Electroweak Symmetry Breaking in Cosmology", AIP Conference Proceedings 2075, 090030 (2019), **SJR 0.18**, <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5091244>
- 12. E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Gauss-Bonnet Gravity in D=4 Without Gauss-Bonnet Coupling to Matter - Cosmological Implications", Modern Physics Letters A34 (2019) 1950051, **Q2**, <https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S0217732319500512>
- 13. E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Four-Dimensional Gauss-Bonnet Gravity Without Gauss-Bonnet Coupling to Matter – Spherically Symmetric Solutions, Domain Walls and Spacetime Singularities", in Proceedings of 2018 Bahamas Advanced Study Institute's Conference (BASIC 2018), Bulgarian Journal of Physics 46 (2019) #3, <https://arxiv.org/abs/1811.04487>
- 14. D. Benisty, E.I. Guendelman, A. Kaganovich, E. Nissimov and S. Pacheva, "Modified Gravity Theories Based on the Non-Canonical Volume-Form Formalism", to appear in the Proceedings of Internat. Workshop "Lie Theory and Its Applications in Physics XIII", Springer Proceedings in Mathematics and Statistics, **SJR 0.161**, <https://arxiv.org/abs/1905.09933>
- 15. D. Benisty, E.I. Guendelman, E. Nissimov and S. Pacheva, "Dynamically Generated Inflation from Non-Riemannian Volume Forms", Submitted to European Physical Journal C, Q1, <https://arxiv.org/abs/1906.06691>

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ([16] - [20]):

- 16. N.I. Stoilova and J. Van der Jeugt, The $Z_2 \times Z_2$ -graded Lie superalgebra $psl(2m+1|2n)$ and new parastatistics representations, J. Phys. A: Math. Theor. **51**, (2018) 135201 (17pp) (2018): <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8121/aaae9a>, IF=1.963, **Q1**
- 17. N.I. Stoilova, J. Thierry-Mieg and J. Van der Jeugt, On characters and superdimensions of some infinite-dimensional irreducible representations of $OSP(m|n)$, Phys. Atom. Nucl. **81**, № 6, (2018) 905-910: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1063778818060285>, IF= 0.524, **Q4**
- 18. N.I. Stoilova, J. Thierry-Mieg and J. Van der Jeugt, On superdimensions of some infinite-dimensional irreducible representations of $osp(m|n)$, Springer Proceedings in Mathematics and Statistics **263** (2018), 165-176: ISBN 978-981-13-2714-8; **SJR 0.161**, <https://www.springer.com/gp/book/9789811327148>
- 19. N.I. Stoilova and J. Van der Jeugt, Clebsch-Gordan Coefficients for Covariant Representations of the Lie Superalgebra $gl(n|n)$ in Odd Gelfand-Zetlin Basis, AIP Conference Proceedings **2075**, (2019) 090022: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5091236>, **SJR 0.18**, <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=26916&tip=sid&clean=0>
- 20. N.I. Stoilova and J. Van der Jeugt, Parabosons, parafermions and representations of $Z_2 \times Z_2$ -graded Lie superalgebras, J. Phys.: Conf. Ser. **1194**, (2019) 012102 (9pp): <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1194/1/012102>, ISSN 17426588, **SJP 0.22**: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=130053&tip=sid&clean=0>

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ([21] - [26]):

- 21. R. C. Rashkov, “Integrable structures in low-dimensional holography and cosmologies”, Int. J. Mod. Phys. A **34**, 1845008 (2018), **Q2**;
<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217751X18450082>
- 22. H. Dimov, M. Radomirov, R. C. Rashkov and T. Vetsov, “On Pulsating Strings in Schroedinger Backgrounds”, Arxiv: 1903.07444 [hep-th]; <https://arxiv.org/abs/1903.07444>
- 23. R. C. Rashkov, “On some (integrable) structures in low-dimensional holography”, ArXiv:1905.07190, <https://arxiv.org/abs/1905.07190>
- 24. Veselin G. Filev, R. C. Rashkov, “Critical point in a holographic defect field theory”, Arxiv: 1905.06472 ; <https://arxiv.org/abs/1905.06472>
- 25. H. Dimov, S. Mladenov, R. Rashkov and T. Vetsov, “Higher-Derivative Oscillators in Ad S 5 × S 5 T-Dual Penrose Limits” ,”Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and Its Applications in Physics Volume 1, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics **263**, V. Dobrev (ed.), Springer (2018), **SJR 0.161**, https://doi.org/10.1007/978-981-13-2715-5_22
- 26. H. Dimov, S. Mladenov, R. Rashkov and T. Vetsov, “Information Geometry of Strings on Plane Wave Background”, ”Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and Its Applications in Physics Volume 2, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics **255**, V. Dobrev (ed.), Springer (2018), **SJR 0.161**, https://doi.org/10.1007/978-981-13-2179-5_15

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ([27] - [31])

- 27. D. Staicova, M. Stoilov “Cosmological solutions from models with unified dark energy and dark matter and with inflaton field“ , Springer Proceedings in Mathematics and Statistics **v.255**: Quantum Theory and Symmetries with Lie Theory and Its Applications in Physics, vol.2, ed. V. Dobrev, pp.251-260 (Springer, Tokyo, Heidelberg) 2018, **SJR 0.161**, DOI: 10.1007/978-981-13-2179-5_19, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-2179-5_19
- 28. D. Staicova, M. Stoilov “Cosmological solutions from multi-measure model with inflaton field”, ArXiv:1806.08199, <https://arxiv.org/abs/1806.08199>
- 29. D. Staicova „The multi-measure cosmological model and its peculiar effective potential“, AIP Conference Proceedings **2075**, 100003 (2019), **SJR 0.18**, <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5091247>
- 30. I.T. Todorov, “The Lure of Conformal Symmetry”, Bulg. J. Phys. 46, 117-133 (2019), <https://www.bjp-bg.com/paper.php?id=1177>
- 31. H. Dimov, R. C. Rashkov and T. Vetsov, “Thermodynamic Information Geometry and Complexity Growth of Warped AdS Black Hole and the WAdS3/CFT2 Correspondence” - accepted in Physical Review D, **Q1**, Arxiv:1902.02433 , <https://arxiv.org/abs/1902.02433>

Физика и Симетрия

- Симетрията във физиката означава принцип на инвариантност. Принципите на симетрията играят фундаментална роля по отношение на законите на природата. Те са квинтесенция на същността на законите, независимо от спецификата на динамиката. Така принципите на инвариантност осигуряват структура и съгласуваност на законите на природата.
- Всички взаимодействия между основните градивни елементи във Вселената се управляват от четири фундаментални сили: силни и слаби ядрени сили на ниво елементарни частици и атомни ядра, гравитация на астрофизични и космологични мащаби (произход, структура и еволюция на Вселената) и електромагнетизмът на всички междинни мащаби.
- Най-основното обединяващо свойство на всички фундаментални сили е принципът на калибровъчна инвариантност, който е въплъщение на мощната синергична симбиоза на съвременната теоретична физика с най-модерните клонове на чистата и приложна математика, особено теорията на групите.

Гравитация и геометрия

- Гравитацията претендира за централна роля във физиката. По същество всички предизвикателства в астрофизиката, космологията и фундаменталната физика включват гравитацията като основен компонент, което я прави обект на съществена интердисциплинарност.
- От друга страна, (некомутативната) геометрия е в сърцевината на квантовата физика, и нейните многообразни аспекти и развития оказват всеобхватно влияние както върху физиката, така и върху математиката. По-специално, (некомутативната) геометрия е тясно свързана с квантовата теория на гравитацията и предлага една възможна единна гледна точка за същността на основните сили на природата.
- Синтезът на резултатите от всеобхватните изследвания в съвременните теории за гравитацията и космологията, разширявайки и обобщавайки далеч класическата обща теория относителността на Айнщайн, както и напредъкът в съвременната фундаментална математика, предлагат вълнуващи възможности и научни перспективи, които да отговорят на някои от най-належащи проблеми в разбирането ни за космоса и законите на природата.
- Разширени гравитационни теории – преодолява съществени ограничения и недостатъци на Айнщайновата обща теория на относителността при твърде малки и твърде големи разстояния или енергийни мащаби, при свръхсилни гравитационни полета.

Работни пакети

- Проектът е интердисциплинарен (теоретична физика и съвременна математика) и е тематично свързан с редица престижни международни проекти, вкл. няколко от тях с европейско финансиране (**проекти по COST**).
- Проектът включва млади специалисти и има за цел да допринесе за подготовката на висококвалифицирани специалисти за професионална реализация в такива важни иновативни области на науката като изследвания на гравитационните вълни и нововъзникващата радикално нова научна област - гравитационна астрономия.
- Работната програма е основана на три работни пакета:
 - (1) Разширени гравитационни теории и квантова космология;
 - (2) Теория на струните и гравитационно – калибровъчно-полева дуалност;
 - (3) Математически аспекти на фундаменталните симетрии - групови теоретични, алгебрични и геометрични подходи към квантова теория на полето и квантово-механични аспекти на обобщените гравитационни теории.

1. Разширени гравитационни теории

- Построени са нови модели на единно самосъгласувано описание на еволюцията както на „ранната“, така и на „късната“ (днешната) Вселена, със значителни предимства пред досега съществуващите в световната литература.
- Нашите модели предлагат нови механизми на „гравитационно-подтикнато“ (**gravity-assisted**) динамично пораждане на спонтанното нарушение на калибровъчната симетрия на електрослабите взаимодействия (т.н. ефект на Хиггс), и на „гравитационно-подтикнато“ „удържане“ (**gravity-assisted confinement**) на кварките в квантовата хромодинамика в слединфлационната епоха, от една страна, и от друга страна - обяснение на липсата на тези ефекти в началната фаза на „раждане“ на Вселената след „големия взрив“.
- Заедно с това нашата теория предлага още: (а) ново единно самосъгласувано описание на основните материални блокове на Вселената - „**тъмната енергия**“ и „**тъмната материя**“ като проявление на едно единствено поле на материята; (б) **нови алтернативни модели на „раждане“ на Вселената без сингулярности** (без „голям взрив“) още на класическо ниво без отчитане на квантови ефекти; (в) проведена е процедура на **квантуване по Уилър-Де Вит**, където полето-агент на „тъмната материя“ играе роля на космологично време и е показано отсъствието на космологични пространствено-времеви сингулярности; (г) изследван е ефектът на топологичния инвариант на Гаус-Боне върху еволюцията на вселената и приносът му към **качествено нови точни решения за черни дупки, „wormholes“, и гравитационни доменни стени.**

2. Теория на струните и гравитационно –калибровъчнополева дуалност

- При ниски енергии четирите фундаментални взаимодействия в Природата се разграничават рязко по силата си на свързване. При много високи енергии силата на фундаменталните взаимодействия придобиват еднаква големина. Това води до хипотезата за обединение на фундаменталните взаимодействия и единното третиране на явленията във Вселената.
- В този контекст по-рано е предложена основополагащата в днешните изследвания концепция за холографска дуалност между калибровъчните квантовополеви теории и теорията на струните базирана на идеята, че явленията в пространство-времето са като „холограма“ на едно обемащо пространство с повече измерения.
- От гледна точка на единното описание на явленията важна е универсалността на резултатите както при слабо, така и при много силно взаимодействие. За целта е необходимо да имаме не приближени, а точни решения на задачите. Методите които сме развили за целите на холографското съответствие се базират на т.нар. интегрируеми йерархии от системи еволюционни (диференциални) уравнения, първоначално появяващи се при описание на нелинейни локализирани вълнови процеси (солитони). По-общо това е съвременна област от предния фронт на математиката третираща въпросите с точната решаемост на динамични системи. В нашият случай системите са квантови и изискват съществени и нетривиални обобщения.
- Сред най-основните резултати: развит е нов метод за пресмятане на холографските квантови характеристики базиран на точна решаемост на квантово ниво; развит е метод за построяване на геометрията на квантовите информационни пространства.

3. Математически аспекти на фундаменталните симетрии.

- Физиката при високи енергии води до непертурбативни ефекти на малки разстояния, от порядъка на дължината на Планк. В тези режими е естествено да се предположи, че пространство-времето на Минковски става некомутативно.
- Един естествен математически апарат за описание на тази некомутативност е чрез разглеждане на квантово-групови деформации на пространство-времето на Минковски. Нов резултат тук е квантова деформация зависеща от повече от един параметър. Следващата стъпка е разглеждане на представянията на многопараметричната квантова група. Друг резултат е свързан с дългогодишна програма за описание на диференциални уравнения, които са инвариантни по отношения на определени алгебри на Ли. Тук за пръв е разгледана изключителната алгебра G_2 .
- В по-общ контекст, представянията на изключителни алгебри на Ли намират основополагащо приложение за построяване на нов единен самосъгласуван от математическа гледна точка модел за описание и класификация на всички обекти от стандартния модел на елементарните частици създаден главно от консултанта на проекта акад. Иван Тодоров – пионер и световен лидер в областта на прилагане на фундаменталните структури в теорията на групите и алгебрите на Ли към физиката на елементарните частици.

Понякога и Айнщайн греши!

- През 1935 г. Айнщайн и Розен публикуват оригиналната статия за знаменития „Мост на Айнщайн-Розен“ между две идентични вселени разделени с „хоризонт“ – това е исторически първи пример за „проходим пространствено-времеви портал“ (wormhole).
- В последствие, във всички канонични книги по обща теория на относителността се излага конструкцията на сроден обект „Schwarzschild wormhole“, неправилно начерен също „мост на Айнщайн-Розен“ – обърквашо, тъй като е физически различен НЕпроходим “wormhole”!
- Още през 2009 г. в предишна наша публикация във Physics Letters B (финансирана по ФНИ договор ДО 02-257/18.12.2008) ние не само обърнахме внимание на гореспоменатото объркване, но и открихме съществен пропуск в самата оригинална статия от 1935 г. Айнщайн и Розен представят своя „мост“ като решение на вакуумните (т.е. БЕЗ материя) уравнения на Айнщайн, **което обаче НЕ е вярно тъй като те пропускат да забележат, че вакуумните уравнения не се удовлетворяват върху „хоризонта“ между двете вселени.**
- Ние открихме, че **математически коректната формулировка на „моста на Айнщайн-Розен“ изисква на „хоризонта“ между двете вселени да е разположена светоподобна мембранна материя**, чието систематично описание и физически приложения в космологията и физиката на елементарните частици беше намерено също от нас в други трудове.

Мостът на Айнщайн-Розен и „пътуване във времето“

- Светоподобни космологични мембрани могат да се раждат в бурни астрофизически катаклизми като крайни експлозии в супернови или сблъсъци на неутронни звезди.
- В настоящия проект намерихме нови явни решения на обобщените уравнения на Айнщайн в присъствие на топологичния инвариант на Гаус-Боне, където мембрани естествено се появяват като гравитационни доменни стени, вкл. като доменна стена върху черна дупка на Schwarzschild-de Sitter.
- Светоподобните мембрани, чиито явни модели са намерени от нас и които служат като светоподобна материя разполагаща се върху „хоризонта“ на пространствено-времеви портали („wormholes“) обобщаващи „моста на Айнщайн-Розен“, имат един сериозен проблем от гледна точка на класическата физика – **тези мембрани имат отрицателна плътност на енергията.**
- Последното необезателно означава, че това е в противоречие с квантовата физика, където има легитимен пример на система от 2 много близки паралелни незаредени проводящи плочи във вакуум между които възниква привличане (т.н. ефект на Казимир) - отчитайки флуктуациите на вакуума (виртуалните електромагнитни моди) съответната плътност на енергията може да се окаже именно отрицателна.
- Все пак обаче в резултат на отрицателността на плътността на енергията на светоподобната мембранна материя върху „хоризонта“ между двете вселени в „моста на Айнщайн-Розен“ **ние намерихме в явен вид решение тип „пътуване във времето“, което е пример на една от най-грандиозните мистерии в съвременната физика.**

Значимост на резултатите

- Резултатите са принос към дългосрочната програма на международната общност от изследователи в областта на физика на частиците и физика при високи енергии, астрофизика и космология, търсещи отговори на такива важни концептуални научни проблеми като:
- Задълбочено разбиране чрез физически реалистични космологични модели на вътрешната единна природа на "тъмната енергия" и "тъмната материя“;
- Задълбочено разбиране на основната парадигма на границата между космологията и физиката на елементарните частици - дълбоката взаимовръзка между космологичната динамика (еволюцията на вселената) и механизмите на спонтанното нарушение на симетриите.
- Разбиране на смисъла на квантовата вълнова функция на Вселената, в частност квантови тунелни преходи в еволюцията на Вселената;
- Задълбочено изучаване на компактните обекти (черни дупки, неутронни звезди), топологични дефекти (гравитационни доменни стени), природа и детектиране на “wormholes”;
- Ролята на тези изследвания значително нараства в съвременната нова бурно развиваща се *multimessenger* астрофизика – нов прозорец към Вселената основан на детектирането на гравитационните вълни от сливане на бинарни системи от черни дупки и неутронни звезди (LIGO, Virgo)