

НАУЧЕН ОТЧЕТ

ЗА ПЪРВИЯ ЕТАП ПО ДОГОВОР ДН 18/1 от 10.12.2017 г.

Тема: Симетрии на фундаменталните закони на Природата

През отчетния период са публикувани или предстоят да бъдат публикувани общо **31** научни труда [1-31] на участниците в Договор ДН 18/1 с Националния Фонд "Научни изследвания" съгласно работната програма. Трудовете се разпределят както следва:

- (а) **7** публикации в международни издания с импакт фактор;
- (б) **11** публикации в международни издания с импакт ранг;
- (б) **2** публикации в международни издания без импакт фактор/импакт ранг;
- (в) **10** електронни препринти на интернет-сайт <https://arXiv.org> предстоящи за публикуване (1 глава в книга);
- (г) **1** дисертация за научната и образователна степен „доктор“, предстояща за защита.

Отчетът е построен последователно по секции, всяка съответстваща на един от 3-те работни пакета. Приложен е, така също и като отделен документ, пълен списък на всички трудове от първия етап на Договора подредени според работните пакети.

А. Работен пакет 1 „Разширени гравитационни теории и квантова космология“

I. Дейност 1.1 от работната програма за първия етап: „Разширени теории на гравитацията – тъмна енергия и тъмна материя“

Нашата изследователска програма, като част от усилията на световната научна общност на експертите по гравитация и физика на пространство-времето, има за цел да преразгледа и разшири теорията на гравитационните взаимодействия, за да преодолее недостатъците на класическата теория на относителността на Айнщайн в квантови и космологични мащаби. Експерименталното търсене на директни доказателства за “тъмна енергия“ и

„тъмна материя“ кандидати, основаващо се на допускането за пълната валидност на класическата обща теория на относителността на Айнщайн не води до убедителни резултати. Следователно, има смисъл да се търсят алтернативи извън стандартната Айнщайнова гравитация, за да се обяснят съвременните астрофизични наблюдения и феноменология.

Сърцевината на нашите основни резултати по дейност 1.1, отразени в трудовете [1] – [8], е построяването на нови модели на единно самосъгласувано описание на еволюцията както на „ранната“, така и на „късната“ (днешната) Вселена на основата на въведения от нас в разширените гравитационни теории нов формализъм на неримановите форми на обем върху физическото пространствено-времево многообразие.

Нашите модели предлагат нови механизми на „гравитационно-подтикнато“ (gravity-assisted) динамично пораждање на спонтанното нарушение на калибровъчната симетрия на електрослабите взаимодействия (т.н. ефект на Хигс), 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 „раждање“ на Вселената след „големия взрив“.

Заедно с това нашата теория предлага: (а) ново единно самосъгласувано описание на основните материални блокове на Вселената - „тъмната енергия“ и „тъмната материя“ като проявление на едно единствено поле на материята – скаларен „даркон“; (б) нови алтернативни модели на „раждање“ на Вселената без сингулярности (без „голям взрив“) още на класическо ниво без отчитане на квантови ефекти – т.н. „emergent universe“; (в) 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 – принос към по-задълбоченото разбиране на природата на компактните обекти в космологията и астрофизиката.

Резултатите по тази дейност, отразени в публикации [1]-[8], са докладвани на следните международни конференции:

- 1) Annual Workshop of COST Action “QSPACE”, Sofia, 2018
- 2) Xth Congress of Balkan Physical Union, Sofia, 2018
- 3) MPHYS9 – Int, Mathematical Physics Meeting, Belgrade, 2018

4) XIII Int. Workshop “Lie Theory and Its Applications in Physics”, Varna, 2019

II. Дейност 1.2 от работната програма за първия етап: „Разширени теории на гравитацията и квантова космология - уравнение на Уилър-Де Вит за вълновата функция на Вселената“

Формализмът на Уилър-Де Вит за квантуване на космологични модели в т.н. мини-суперпространство е от първостепенна важност за разбиране на природата на квантовата вълнова функция на Вселената. В публикация [1] е проведена систематична процедура на квантуване по Уилър-Де Вит на разширен извън Айнщайновата обща теория на относителността гравитационен модел с явно единно описание на „тъмната енергия“ и „тъмната материя“, със следните главни резултати: (а) показано е, че полето-агент на „тъмната материя“ (т.н. „даркон“) играе роля на космологично време в епохата на късната вселена; (б) в епохата на ранната вселена квантово-механичното уравнение на Уилър-Де Вит се свежда до уравнение на Шрьодингер за инвертиран хармоничен осцилатор (осцилатор с чисто имагинерна честота) и е показано отсъствието на космологични пространствено-времеви сингулярности.

Резултатите по тази дейност, отразени в публикация [1], са докладвани на следните международни конференции:

- 1) XII Int. Workshop “Lie Theory and Its Applications in Physics”, Varna, 2018
- 2) Annual Workshop of COST Action “QSPACE”, Sofia, 2018

III. Дейност 1.3 от работната програма за първия етап: „Космологични решения в модели на разширена гравитация с модифициран обемен елемент“

Тематиката на тази дейност е тясно свързана с тематиката на дейност 1.1. Резултатите по тази дейност са отразени в трудове [9,10,11].

Изследван е числено мултимерния модел с две скаларни полета, (даркон и инфлатон), който при определени стойности на параметрите, успява да опише гладко историята на Вселената през различните епохи – големия взрив, началната инфлация, доминирането на материята и настоящето ускорено разширение на Вселената. Числените резултати показват, че е възможно качествено получаване на описаните етапи с различни конфигурации на

параметрите, но са отбелязани и трудности при получаване на точните времеви периоди. Тъй като задачата е с 12 параметъра, остава отворен въпрос дали получаването на изключително кратката като време начална инфлация, в която Вселената се разширява e^{60} пъти, е възможна в рамките на теорията.

Получено е също така, че моделът предполага съществуването на ненулево скаларно поле в настоящата вселена и една от възможните интерпретации е, че то е свързано с вакумното хигсово поле. Допълнително е изследван ефективният потенциал на теорията, който се счита за приблизителен и е сравнен с числено получения точен такъв. Вижда се, че ефективният потенциал описва системата много добре, с изключение на кратък период в началото, в който той се отличава съществено от числения резултат. Основно следствие от тези работи е, че потенциалът от който се получават физически интересни резултати не е тип две (полу-)безкрайни равнини свързани с остър склон, а всъщност е само склон на който се генерира еволюцията на вселената, завършващ с плато, отговарящо на период, в който инфлатонното скаларно поле вече не се променя и еволюцията на Вселената се определя от дарконното скаларно поле, т.е. от тъмната енергия. Това обяснява и наблюдаваното в началния период "катерене наобратно" на инфлатона - за кратък момент в началото на еволюцията, инфлатонното скаларно поле, вместо да се „търкаля“ надолу по ефективния потенциал, се катери нагоре. В истинския, а не "ефективен" потенциал, инфлатонът през цялото време се търкаля надолу, но този феномен позволява удължаване и засилване на началната инфлация.

Резултатите по тази дейност, отразени в публикации [9]-[11], са докладвани на следните международни конференции и акад. семинари:

- 1) Annual Workshop of COST Action "QSPACE", Sofia, 2018
- 2) Annual Workshop of COST Action "QSPACE", Bratislava, 2019
- 3) Seminar talk at INRNE, Sofia, 15.11.2018

IV. Дейност 1.4 от работната програма за първия етап: „Изследване на статични и бавновъртящи се компактни звезди в модела на минимална дилатонна гравитация”

Изследванията по тази дейност са част от работата по дисертацията [32] и нейната предстояща защита на члена на колектива докторант К. Маринов.

Минималната дилатонна гравитация е модел обобщаващ обща теория на относителността на Айнщайн използвайки едно допълнително дилатонно поле и предлагащ едновременно обяснение на ефекти свързани с тъмна материя и тъмна енергия.

Числено са изследвани моделите на статични неутронни звезди, използвайки различни реалистични уравнения на състоянието, подбрани в съответствие със съвременните наблюдателни данни. По задълбочено е обърнато внимание на ефектите свързани с тъмна материя и тъмна енергия във вътрешността на звездата и техния ефект върху структурата ѝ.

Пресметнати са различни променливи във вътрешността на звездите, и е изследвано тяхното поведение от центъра до повърхността на звездата, като е направено сравнение с теорията на Айнщайн. Получени са резултати за масите и радиусите на неутронни звезди с няколко уравнения на състоянието. Съществен принос е наличието на дилатонна сфера, около неутронните звезди, наречена диласфера. Тя е масивна и съставлява съществена част от масата на обекта, като е основна причина за по-големите маси на неутронни звезди в минималната дилатонна гравитация в сравнение с общата теория на относителността.

Дилатонното налягане и космологичното налягане в модела отговарят на ефекти свързани с тъмна материя и тъмна енергия съответно. Те са по-внимателно изследвани, като е оценен техния принос към структурата на звездите. Тяхното влияние върху началните условия на задачата, както и връзката им с уравненията на състоянието са описани.

Дейности по Работен пакет 1, които се предвиждат за следващ етап

Планираните дейности са както следва:

Дейност 1.1 „Гравитационни вълни от светоподобни пространствено-времеви „портали“ (wormholes)“ – без изменения от първоначално запланувата в проектното предложение.

Дейност 1.2. „Космологични модели в разширени гравитационни теории базирани на формализма на нериманови форми на обема“.

Контекстът на разширените гравитационни теории отвъд стандартната обща теория на относителността на Айнщайн остава както в първоначално заплануваната дейност 1.2 от проектното предложение, но акцентът се измества от изследване на ефекти на нелинейни калибровъчни полета към придобиващите напоследък все по-голяма актуалност изследвания на процесите в космологичната еволюция на вселената.

Дейност 1.3 „Изследване на ефектите свързани с тъмна материя и тъмна енергия при статични и бавновъртящи се компактни звезди в модела на минимална дилатонна гравитация“ – без изменения спрямо първоначалнопланираната в проектното предложение.

Б. Работен пакет 2 „Теория на струните и гравитационно – калибровъчно-полева дуалност“

I. Дейност 2.1 от работната програма за първия етап: „Холографско съответствие: намиране на интегрируеми структури в холографски модели и изследване на тяхната роля. Класически и квантови аспекти“

По тази дейност са извършени научни изследвания в пълен обем с очаквани резултати - публикации в международни списания с импакт фактор и в материали на международни конференции.

Постигнати са следните основни резултати:

- Намерени са разлагания на т.н. ентропияна сплитане (entanglement entropy) в двумерно пространство по проективни инварианти и представяне чрез тау-функции на бездисперсионна интегрируема йерархия на Тода;
- Намерени за нови представяния на висши проективни инварианти и тяхната връзка с холографски характеристики;
- Намерена е връзка между холографски Уилсънови линии, тау-функциите и ентропията на сплитане на холографски състояния.

Резултатите по тази дейност са отразени в публикации [12], [14], [16] и са докладвани на следните конференции:

- I. Iliev and S. Mladenov, “Supersymmetric Localization and Exact Partition Functions & Localization on Hopf Surfaces”, invited talk, Nis, Serbia, 4 December 2018,

- T. Vetsov, H. Dimov, S. Mladenov, and R. Rashkov, “Notes on Fisher Information Metric in Higher Derivative Theories and String Theory”, III. Annual Workshop: Quantum Spacetime '18, 19 - 23 February 2018, Sofia, Bulgaria.

- R. C. Rashkov, “Remarks on some integrable structures in low-dimensional holography”, talk at “[Correlation Functions in Solvable Models](#)”, 6 June 2018, NORDITA, Stockholm.

- R. C. Rashkov, “Aspects of entanglement of excited 2d holographic states and higher spin theories”, Int. Schroedinger Institute for Math. Physics”, 28 March 2019, Vienna,

II. Дейност 2.2 от работната програма за първия етап: „Холографско съответствие: конструкция на основни характеристики на холографски модели в ниски размерности чрез интегрируеми структури. Класически и квантови свойства“

По тази дейност са извършени научни изследвания по пълен обем с очаквани резултати: публикации в международни списания с импакт фактор и в материали на еждународни конференции.

Постигнати са следните основни резултати:

- Конструирани са т. н. нерелевантни деформации на холографски модели с висши спинове запазващи интегрируемостта на теорията;

- Предложен е механизъм за такива деформации за теории с висши спинове на класическо и квантово ниво; Предложено е действие за холографски теории с висши спинове което е обобщение на т. нар. двоен Шварциан получаващ се от модела на Сахдев-Ие-Китаев (SYK).

- Изследвани са основни характеристики с използване на мощните методи на термодинамичната информационна геометрия. Поради универсалността на нашите резултати, част от изследванията са валидни за пространства с

произволна размерност. Изследвани са системи с висши производни свързани с холографски модели;

Резултати по задачата са отразени в публикации [18], [12], [15], [16-17] и са докладвани на следните международни конференции:

- T. Vetsov, H. Dimov, S. Mladenov, and R. Rashkov, “Notes on Fisher Information Metric in Higher Derivative Theories and String Theory”, III. Annual Workshop: Quantum Spacetime '18, 19 - 23 February 2018, Sofia, Bulgaria.

- R. C. Rashkov, “Remarks on some integrable structures in low-dimensional holography”, talk at “[Correlation Functions in Solvable Models](#)”, 6 June 2018, NORDITA, Stockholm.

- R. C. Rashkov, “Aspects of entanglement of excited 2d holographic states and higher spin theories”, Int. Schroedinger Institute for Math. Physics”, 28 March 2019, Vienna,

III. Дейност 2.3 от работната програма за първия етап: „Холографско съответствие: деформирани холографски модели и тяхната точна решаемост. Модел на Шрьодингер“

Научни изследвания по тази дейност за извършени в пълен обем с очаквани резултати: публикации в международни списания с импакт фактор и в материали на международни конференции.

Получени са следните основни резултати:

- Изследвани са TsT деформации на анти-де-Ситерово пространство реализиращи пространства на Шрьодингер;

- Намерени са решения за пулсиращи струни пространства на Шрьодингер;

- Намерени са поправките към енергията в струнната теория в обемащото пространство задаващи аномалните размерности в нерелативистката квантово-полева теория.

Резултатите са отразени в публикация [13].

Дейности по Работен пакет 2, които се предвиждат за следващ етап

За втория етап на проекта съществени промени в работната програма на РП2 не се предвиждат.

Планираните дейности са както следва:

2.1 Холографско съответствие: класически аспекти на реконструкцията на теорията в обемните пространства

2.2 Холографско съответствие: деформирани холографски модели – класически и квантови свойства.

2.3 Холографско съответствие: струнни реализации на холографски модели.

Поради силната конкурентност в тази област минимални промени биха могли да възникнат в зависимост от напредъка както на нашата група така и на водещи конкурентни групи в света

В. Работен пакет 3 „Математически аспекти на фундаменталните симетрии“

I. Дейност 3.1 от работната програма за първия етап: „Конструиране на оператори, които са инвариантни спрямо многопараметрични квантово-групови деформации“

Всички планирани задачи по тази дейност са изпълнени. Освен основната научна дейност с публикации [22,23,24,25] са изнесени доклади на следните международни научни конференции:

--- Invited talk at the XXXII Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics, Prague, 9-13.7.2018.

--- Invited talk at Saclay Conference "Conformal Invariance and Harmonic Analysis", Saclay, 5-7.12.2018.

--- Talk at the XI International Symposium "Quantum Theory and Symmetries", Montreal, 1-5.7.2019.

Прилагат се заглавните страници на докладите заедно с линкове към съответните конференции.

Заедно с това изпълнителят на дейност 3.1 В. Добрев участва като председател на организационните комитети на годишен уъркшоп на COST акция MP-1405 (София, февруари 2018) и на 13-th International Workshop "Lie Theory and Its Applications in Physics" (Варна, юни 2019).

На 11-th International Symposium "Quantum Theory and Symmetries" (1-5.7.2019) В. Добрев взе участие като Председател на Постоянния комитет (QTS Conference Board) на тази серия симпозиуми.

Основните очаквани резултати от дейност 3.1 са в областта на конструкцията на оператори инвариантни спрямо много-параметрични квантово-групови деформации. За това е нужно най-напред изследване на тези деформации и на представяния в/у тях. По-нататък се предвижда изследване приводимите такива представяния и на квантово-групови деформации на диференциални оператори в/у тях.

Постигнати са оригинални научни резултати, които са публикувани в 2 публикации в списания с ИФ – статии [22] и [23], една публикация в издание с импакт ранк [24], и една работа в предварителен вариант в електронния arXiv [25].

Първите 2 публикации са посветени на многопараметрични деформации на квантови групи. Построили сме представяния на многопараметричните квантови алгебри $U_{q,q}(gl(n))$ and $U_{q,q}(sl(n))$ използвайки тяхната дуалност с многопараметричните матрични квантови групи $GL_{q,q}(n)$, $SL_{q,q}(n)$, съответно. Тези обекти зависят от $n(n-1)/2+1$ деформационни параметри q, q_{ij} ($1 \leq i < j \leq n$), което е максималното възможно за случая на $GL(n)$. Самите представяния се индексират с $n-1$ комплексни числа g_i , а пространството на представянията са пространства от формални степенни редове на $n(n-1)/2$ некомутиращи променливи. Тези непроменливи генерират квантови флагове на $GL_{q,q}(n)$, $SL_{q,q}(n)$. Случаят $n=3$ е разгледан най-подробно в статия [23]

Резултатите описани по-горе са приложени за случая $n=4$. Този случай съдържа след подходящо избрано спрягане много-параметрична деформация на пространството на Минковски (статия [22]).

Горните резултати са нужни за явни конструкции на деформации на диференциални оператори инвариантно действащи в тези пространства.

Работа [24] е с по-далечен прицел, която не бе планирана първоначално. Тук се изследват алгебрата G_2 и нейната реална форма $G_2(2)$. Направена е класификация на приводимите модули на Верма и на съответните сингулярни вектори. Последните пораждат инвариантни диференциални оператори.

Работа [25] също не бе планирана първоначално. Тук се дава интерпретация чрез алгебри на Йордан на максималните параболични подалгебри на изключителните некомпактни алгебри на Ли.

Макар и непланирани първоначално, работи [24] и [25] са в общото русло на развивания подход и са естествени като постижения.

II. Дейност 3.2 от работната програма за първия етап: „Нови примери на 3-точкови функции в конформни Тода теории“

В съответствие с първоначално планираните задачи по тази дейност в проектното предложение са получени следните основни резултати отразени в работа [19]. Намерени са 3-точковите функции в 4-мерен конформен модел, обобщаващ 2-мерния модел на Лиувил, който допуска и обобщение за 4-мерни модели - аналози на 2-мерните Тода теории; в тях има скрита 2-мерна такава симетрия. По този проблем още се работи и затова статията, излязла като електронен препринт, все още не е изпращана за публикуване в списание. По тази работа В. Петкова е изнесла поканен доклад на международната конференция : "Conformal Invariance and Harmonic Analysis", Saclay, 5-7.12.2018.

Конформни корелатори в 4-мерни теории се разглеждат и в работи [20, 21].

В тях в допълнение към първоначално заплануваните задачи са извършени изследвания по особено актуални понастоящем проблеми в контекста на гравитационно-калибровъчнополевата дуалност.

Суперсиметричният $N=4$ калибровъчен модел в 4-мерно-пространство-време е важен пример за решаем по принцип модел в реалистична размерност на пространство-времето. Съчетанието на супер-конформна симетрия и интегрируемост на модела позволи да се опише спектъра на взаимодействащи полета. Следващата, по-трудна задача е да се изследват корелационните функции. Така наречените BPS оператори запазват каноничните си размерности при взаимодействие, обаче операторните им произведения включват оператори с аномални размерности, зависещи от константата на връзка. В две статии [20,21] в съавторство с известните френски учени Иван Костов и Дидина Сербан се решава задача за описание

на клас 4-точкови функции на такива оператори. В неотдавнашна статия на Коронадо беше показано, че при подходяща поляризация и високи стойности на размерностите 4-точковите функции се свеждат до сума от произведения на специфични амплитуди, т.н. "октагонни" формфактори. В работите октагонът е представен първо като пфафиан на Фредхолм, което позволи ефективно да се пресметнат многократните интеграли във всеки член от безкрайният ред дефиниращ октагона като полиноми от следите на полу-безкрайна матрица.

По същество развитият подход позволи задачата за пресмятане на многократни интеграли да се сведе до пресмятане на прост интеграл. Резултатът е явен израз валиден за произволна стойност на константата на връзка. При ниски стойности на константата на връзка всеки коефициент в разложението на по константата на връзка се задава с полином от функции, известни като пресмятащи т.н. стълбични интеграли в теорията, изразяващи се чрез полилогаритми. Показано е, че тези корелатори се изразяват със средните на вертексни оператори в ефективна 2-мерна теория.

По резултатите от работи [20,21] авторката В. Петкова има 3 поканени доклада на международни конференции, първият от които беше пленарен доклад изнесен на 8 юли на конференцията „XXVI International Conference on Integrable Systems and Quantum Symmetries“, Prague, 8 - 12 July 2019.

III. Дейност 3.3 от работната програма за първия етап: „Изясняване Ли (супер)алгебричната структура зад смесена система от парафермиони и парабозони с относителни паразонни релации“

Дейност 3.4 от работната програма за първия етап: „Построяване пространството на Фок за смесена система от m парафермиони и n парабозони с относителни паразонни релации“

Дейност 3.5 от работната програма за първия етап: „Пресмятане на коефициентите на Клебш-Гордан за ковариантните представяния на $gl(n|n)$ модулите“

Планираните задачи по всичките три дейности 3.3, 3.4 и 3.5 са изпълнени изцяло. Резултатите са отразени в публикации [26]-[29].

Алгебричната структура зад смесени системи от парабозони и парафермиони е градуирана супералгебра на Ли, а именно –градуираната ортосимплектична супералгебра на Ли. За класа от представяния на тези алгебри, съответстващи на Фоковите пространства на системи от парабозони

и парафермиони, са намерени характерите, пресметнати са супер размерностите им и тези представяния са построени в явен вид, т.е. въведен е базис и е намерено действието на парабозоните и парафермионите върху базисните вектори. Решените проблеми са актуални, поради факта, че парабозоните и парафермионите с порядък на статистиката $p=2$ са кандидати за частици на тъмната материя в съвременните гравитационни теории.

Резултатите за докладвани на следните международни форуми:

(а) 32-я Международен Колоквиум по Групово-Теоретични Методи във Физиката, проведен в Чешкия технически университет в Прага, Република Чехия 9-13 чли 2018. Линк към книгата с абстракти на докладите <http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~burdices/Group32/new-booklet.pdf>

На р. 70 е абстакта на доклада на Н. Стоилова

(б) 10та юбилейна конференция на Балканския физически съюз - **ВПУ-10, 26 – 30 август 2018, София.**

Линк към програмата (стр. 7 – постер Н. Стоилова) https://bpu10.balkanphysicalunion.com/wp-content/uploads/2018/07/BPU10_Detailed_Program_Tentative.pdf

Дейности по Работен пакет 3, които се предвиждат за следващ етап

3.1 Намиране на решения на квантови инвариантни уравнения за многопараметрични квантово-групови деформации

3.2 Намиране на сплитация оператор boundary-to-bulk за пространство на Минковски M_d за $d>3$

3.3 Конформни корелатори в 4-мерно пространство-време

3.4 Изясняване Ли (супер)алгебричната структура зад смесена система от парафермиони и парабозони с относителни напълно комутиращи и напълно антикомутиращи относителни релации. Пресмятане на коефициентите на Клебш-Гордан за ковариантните представяния на $gl(\infty|\infty)$ модулите. Построяване пространството на Фок за смесена система от безброй много парафермиона и парабозона с относителни паразонни релации.

Г. Организираны международны мероприятия

По време на първия етап група участници в колектива по Договора организира следните авторитетни международни форуми:

(1) 3rd Annual Workshop of COST Action MP1405 "QSPACE", София, 19-23.02.2018;

(2) Международен симпозиум в гр. Варна, 17-23.06.2019 год:

--- 13-th International Workshop "Lie Theory and Its Applications in Physics". В. Добрев (<http://theo2.inrne.bas.bg/~dobrev/LT-13.htm>) е председател на организационния комитет и е редактор на предстоящия за публикуване идната година том с трудовете на симпозиума в "*Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*".

Д. Развитие на международното сътрудничество

(1) Prof. Ivan Kostov & Prof. Didina Serban (Institut de Physique Theorique, C.E.A. – Saclay, Gif-sur-Yvette, France)

(2) Prof. Eduardo Guendelman (Dept. Physics, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel) – вече 63 съвместни публикации от началото на активното сътрудничество

(3) Prof. Joris van der Jeugt (Department of Applied Mathematics, Computer Science and Statistics, University of Ghent, Ghent, Belgium) – вече 40 съвместни публикации от началото на активното сътрудничество

(4) Prof. Paolo Furlan (Dipartimento di Fisica dell'Universit`a di Trieste, Trieste, Italy) – вече 30 съвместни публикации от началото на активното сътрудничество

(5) Dr. Alessio Marrani (Padova University, Italy)

(6) Dr. David Benisty (Dept. Physics, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel)

(7) Prof. Anastasios Petkou (Aristotle University, Thessaloniki, Greece)

(8) Dr. Igor Salom (Institute of Physics, Belgrade)

Брой докторанти в проекта	2
Брой млади учени	1
Брой научни публикации	31
От тях с импакт фактор	7
От тях с импакт ранг	11

Научна степен, акад. длъжност	Име	Месторабота	Млад учен	Подпис
1. Чл.-кор. проф. дфн	Емил Рафаелов Нисимов	ИЯИЯЕ-БАН		
2. Акад. проф. дфн	Иван Тодоров Тодоров	ИЯИЯЕ-БАН (асоц. член)		
3. Чл.-кор. проф. дфн	Валентина Борисова Петкова	ИЯИЯЕ-БАН (асоц. член)		
4. Проф. дфн	Радослав Христов Рашков	СУ, Физ, ф-тет		
5. Проф. дфн	Владимир Кръстев Добрев	ИЯИЯЕ-БАН (асоц. член)		
6. Проф. дфн	Светлана Йорданова Пачева	ИЯИЯЕ-БАН (пенсионер)		
7. Доц. дфн.	Недялка Илиева Стоилова	ИЯИЯЕ-БАН		
8. Гл. ас., д-р	Деница Руменова Стайкова	ИЯИЯЕ-БАН	МУ	
9. Физик	Калин Каменов Маринов	ИЯИЯЕ-БАН	ДО	
10. Докторант	Стефан Будьониев Младенов	СУ, Физ, ф-тет	ДО	