

гл.ас. д-р Стоименов Стоимен Тодоров ИЯИЯЕ-БАН
 ас. д-р Донева Даниела Донева ИЯИЯЕ-БАН
 докторант Недановски Димитър Трайко ИЯИЯЕ-БАН
 проф. д-р мат. науки Иванов Стефан Петров ФМИ, СУ „св. Кл.Охридски“
 доц. д-р Василев Димитър Николов ФМИ, СУ „св. Кл.Охридски“
 доц. д-р Замковой Симеон Петров ФМИ, СУ „св. Кл.Охридски“
 гл.ас. д-р Минчев Иван Минчев ФМИ, СУ „св. Кл.Охридски“
 докторант Петков Александър Владимиров ФМИ, СУ „св. Кл.Охридски“
 проф. д-р физ. науки Рашков Радослав Христов Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 проф. д-р физ. науки Язаджиев Стойчо Стоянов Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 доц. д-р Димов Христо Димов Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 д-р Арnaudов Димо Любомиров Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 д-р Недкова Петя Георгиева Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 докторант Вецов Цветан Иванов Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 студент Стайков Калин Вилиянов Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 гл.ас. д-р Гюлчев Галин Николаев Мед. ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 гл.ас. д-р Стефанов Иван Желязков Технически Университет, София
 акад., проф. д-р физ. науки Тодоров Иван Тодоров, консултант ИЯИЯЕ-БАН
 акад., проф. д-р физ. науки Палев Чавдар Димитров, консултант ИЯИЯЕ-БАН
 Досева Вирджиния Иванова, техн. секретар ИЯИЯЕ-БАН
 студент Цанов Кръстан Василев, Физ.ф-тет, СУ „св. Кл.Охридски“
 инж. Пунчева Елена Пламенова, ИТ специалист, консултант ИЯИЯЕ-БАН

Участие на членове от колектива в други проекти на ФНИ (вписват се всички договори, финансирани по предишни конкурси)

| № | (фамилия, име, ръководител/член на колектив) | (Договор №) | (завършен) (текущ) | |
|----|--|--------------------------|--------------------|---|
| 1 | Георгиев Лъчезар Стоянов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 2 | Бакалов Димитър Димитров, ръководител | ДО 02- 288/18.12.2008 | ● | ○ |
| 3 | Нисимов Емил Рафаелов, зам. ръководител | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 4 | Пачева Светлана Йорданова, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 5 | Петкова Валентина Борисова, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 6 | Христова Екатерина Христова, член | ДО 02- 288/18.12.2008 | ● | ○ |
| 7 | Божилков Пламен Любенов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 8 | Ганчев Александър Христов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 9 | Николов Николай Митов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 10 | Стаменов Димитър Борисов, член | ДО 02- 288/18.12.2008 | ● | ○ |
| 11 | Станишков Мариан Станиславов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 12 | Стоилов Михаил Николов, член | ДО 02- 288/18.12.2008 | ● | ○ |
| 13 | Хаджииванов Людмил Кирилов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 14 | Попов Тодор Владиленов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 15 | Стоименов Стоимен Тодоров, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 16 | Донева Даниела Донева, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 17 | Недановски Димитър Трайко, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 18 | Иванов Стефан Петров, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 19 | Иванов Стефан Петров, ръководител | ДИД 02-39 | ○ | ● |
| 20 | Замковой Симеон Петров, член | ДИД 02-39 | ○ | ● |
| 21 | Замковой Симеон Петров, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 22 | Минчев Иван Минчев, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 23 | Минчев Иван Минчев, член | ДИД 02-39 | ○ | ● |
| 24 | Василев Димитър Николов, член | ДИД 02-39 | ○ | ● |
| 25 | Василев Димитър Николов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 26 | Петков Александър Владимиров, член | ДИД 02-39 | ○ | ● |
| 27 | Рашков Радослав Христов, член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |

| | | | | |
|----|--|--------------------------|---|---|
| 28 | Язаджиев Стойчо Стоянов , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 29 | Димов Христо Димов , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 30 | Арnaudов Димо Любомиров , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 31 | Недкова Петя Георгиева , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 32 | Недкова Петя Георгиева , член | DMU-03/6 | ○ | ● |
| 33 | Гюлчев Галин Николаев , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 34 | Стефанов Иван Желязков , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 35 | Стефанов Иван Желязков , член | МУФ04/05 | ● | ○ |
| 36 | Стефанов Иван Желязков , ръководител | DMU-03/6 | ○ | ● |
| 37 | Тодоров Иван Тодоров , ръководител | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 38 | Палев Чавдар Димитров , член | ДО 02- 257/18.12.2008 | ● | ○ |
| 39 | Гюлчев Галин Николаев , член | МУФ04/05 | ● | ○ |
| 40 | Гюлчев Галин Николаев , член | ВУФ201/06 | ● | ○ |
| 41 | Хаджииванов Людмил Кирилов , ръководител | Ф-1406 | ● | ○ |
| 42 | Хаджииванов Людмил Кирилов , член | Ф-11 | ● | ○ |
| 43 | Хаджииванов Людмил Кирилов , член | Ф-404 | ● | ○ |
| 44 | Хаджииванов Людмил Кирилов , член | Ф-828 | ● | ○ |
| 45 | Божилев Пламен Любенов , член | Ф-1412 | ● | ○ |
| 46 | Божилев Пламен Любенов , член | ВУ-Ф-201/2006 | ● | ○ |
| 47 | Нисимов Емил Рафаелов , ръководител | Ф-904 | ● | ○ |
| 48 | Нисимов Емил Рафаелов , ръководител | Ф-1412 | ● | ○ |
| 49 | Пачева Светлана Йорданова , член | Ф-1412 | ● | ○ |
| 50 | Пачева Светлана Йорданова , член | Ф-904 | ● | ○ |
| 51 | Тодоров Иван Тодоров , член | Ф-1406 | ● | ○ |
| 52 | Ганчев Александър Христов , член | Ф-1406 | ● | ○ |
| 53 | Георгиев Лъчезар Стоянов , член | Ф-1406 | ● | ○ |
| 54 | Стаменов Димитър Борисов , член | Ф-1010 | ● | ○ |

Отбележете вярното:

Предлаганият проект е продължение на Договор № _____ на ФНИ

Предлаганият проект е нов

Участие на проекта в международни програми и проекти:

1. Спогодба за академичен обмен (ЕБР) между БАН и Университет „Бен-Гурион“ (Израел) 2. Колаборацията CLAS12, Jefferson Laboratory, New Port News, USA 3. Двустранен договор на ИИЯИЕ с ОИЯИ-Дубна "Прецизионна спектроскопия лекких екзотических атомов"

Забележка: Подписите на консултантите не са задължителни.

*При неверни данни относно предходно финансиране на проекта или съфинансиране от друг източник, проектът се декласира.

АНОТАЦИЯ

Ръководител на проекта (Академично звание, научна степен, фамилия, име, презиме)

доцент, доктор, Георгиев Лъчезар Стоянов

Наименование на проекта

Квантова теория на полето и гравитация - фундаменти на релативистката квантова информация и изучаването на структурата на ядрената материя

Анотация (до 1800 знака) изследователски цели, използвани методи, очаквани резултати

Настоящият проект е мотивиран от бурното развитие на струнната теория в качеството ѝ на единна теория на фундаменталните сили в Природата и структурата на материята – както на равнището на елементарните частици, така и в космологичен мащаб (произход, структура и еволюция на Вселената). База на струнната теория са квантовата теория на полето и релативистката гравитация (Айнщайновата теория на относителността и съвременните ѝ обобщения) в синергетична симбиоза със съвременните клонове на чистата и приложна математика. Проектът е ориентиран към две приоритетни области: (а) фундаментални научни изследвания с приложения в педагогическата област, с ударение върху съвременните аспекти в квантовата теория на полето и релативистката гравитация в контекста на струнната теория, основа на съвременната теория на релативистката квантова информация; (б) фундаментални научни изследвания във физиката на елементарните частици при високи енергии и структурата им, като основа за

постигане на управляем ядрен синтез в направление „енергия и енергийна ефективност“. Целите на настоящия проект са: (i) да се придобият нови знания за структурата и поведението на материята на ултрамикроскопични и на галактически разстояния; (ii) да даде съществен принос към подготовката на висококвалифицирани специалисти за професионална им реализация в такива важни иновативни области на науката и технологиите като "релятивистка квантова информатика" и "нови енергийни източници, базирани на субядрени процеси". Проектът е интердисциплинарен, междуйнституционален, свързан е с редица авторитетни международни проекти, включва значителен брой млади специалисти (докторанти и студенти), и определя следните основни задачи на няколко работни групи в тясно взаимодействие:

(1) Гравитация – термодинамика, ентропия и квантово сплитане във физиката на черните дупки и пространствено-времени портали ("wormholes"); (2) Дуалност между калибровъчни квантови теории на полето и гравитацията; (3) Квантова теория на полето и квантови компютри; (4) Математически аспекти – групово-теоретични и геометрични подходи в квантовата теория на полето и струнната теория; (5) Структура на нуклона.

Ключови думи:

черни дупки, пространствено-времени портали ("wormholes"), допълнителни пространствено-времени измерения, p-мерни мембрани, термодинамика и ентропия, квантово сплитане ("entanglement"), холографска дуалност гравитация/калибровъчни полевни теории, конформна симетрия, суперсиметрия, интегрируемост, квантов ефект на Хол, квантови компютри, квантови групи, вертексни алгебри, нестандартни квантови статистики, (супер)-алгебри на Ли, деформирани алгебри, кватернионни многообразия, Коши-Риман многообразия, проблем на Ямабе, суб-Риманови геометрии, пара-комплексни и контактни структури, структурни функции на нуклона, партонни разпределения, функции на фрагментация, форм фактори, прецизна спектроскопия, екзотични атоми

КАНДИДАТСТВАЩА ОРГАНИЗАЦИЯ

Кандидатстваща организация

Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН

Адрес гр. София 1784

ул. бул. Цариградско шосе **№** 72

тел.: 029795500 **Факс:** 029753619

Моб. тел.: 0888615212 **e-mail:** inrne@inrne.bas.bg (печат)

Представявана от:

1. Тонев Димитър Василев, директор
(фамилия, име, презиме, длъжност на МОЛ, представляващ организацията) 1. _____
(подпис)

2. Павлова Люба Димитрова, главен счетоводител
(фамилия, име, презиме, главен счетоводител, представляващ организацията) 2. _____
(подпис)

Банкова сметка на кандидатстващата организация: (IBAN)

IBAN BG75 RZBB 9155 3120 0429 10 BGN

Банка, клон:

Райфайзенбанк (България) ЕАД, Офис София 21

Банков код: (BIC)

BIC RZBBBGSF

Конкретни действия от страна на кандидатстващата организация за подпомагане изпълнението на проект на тема:

Институтът за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) при БАН е основан през 1972 г. Той е водещият научен институт в България в областта на фундаменталните и приложни изследвания във физиката на елементарните частици, ядрената физика, физиката на високите енергии, ядрената енергетика, радиохимията, радиоекологията, мониторинга на околната среда, ядреното приборостроене и редица други направления, свързани с приложенията на ядрената физика и нейните методи. В института работят около 270 души, от които 135 са научни работници, работещи в 7 научни направления, обединени в 16 лаборатории, 2 научно-експериментални бази и 8 общоинститутски отдела.

Колективи от сътрудници на ИЯИЯЕ работят съвместно с учени от водещи научни центрове като ЦЕРН, ОИЯИ-Дубна, Обединеният изследователски център на Европейската комисия, лаборатории и университети от цял свят. Участвали са в проекти по Пета, Шеста и в момента по Седма рамкова програма. ИЯИЯЕ е търсен и уважаван партньор в големи проекти, финансирани от Европейската комисия. По броя на сключените и действащи европейски проекти Институтът се нарежда на едно от първите места в БАН. Успешното интегриране на учените от ИЯИЯЕ в международното изследователско пространство се дължи както на тяхната компетентност, така и на адекватната

поддръжка от страна на института.

Съществува бърза интернет връзка, както и добри възможности за числени пресмятания – наред с модерните персонални компютри, осигурен е достъп до компютърен кластер и до мрежата GRID. Институтът има и необходимия административен капацитет да обслужва множество местни и международни изследователски проекти.

Голяма част от учените, които ще работят по предлагания проект, са сътрудници на Лаборатория „Теория на елементарните частици“ в ИЯИЯЕ. Тя е безспорен лидер в България в теоретичните изследвания в областта на физиката на елементарните частици при високи и свръхвисоки енергии. Интелектуалният капацитет на Лабораторията и инфраструктурата на ИЯИЯЕ са гаранция за успешното изпълнение на работната програма по предлагания проект.

Забележка Тази страница се попълва за всяка от кандидатстващите по проекта организации. Общият размер на текста не трябва да надвишава 1800 знака.
В случай на промяна на банковите данни в периода между кандидатстването и обявяването на резултатите от класирането незабавно уведомете Фонд "Научни изследвания".

КАНДИДАТСТВАЩА ОРГАНИЗАЦИЯ

Кандидатстваща организация

Софийски Университет "Св. Климент Охридски"

Адрес гр. София 1504

ул. Бул. "Цар Освободител" № 15

тел.: 029308200 **Факс:** 029460255

Моб. тел.: 0878754207 **e-mail:** rectorsoffice@admin.uni-sofia.bg (печат)

Представявана от:

- | | |
|---|----------------------|
| 1. ДИМИТРОВ ИВАН ИЛЧЕВ - РЕКТОР (фамилия, име, презиме, длъжност на МОЛ, представляващ организацията) | 1. _____ (подпис) |
| 2. МАРИНЧЕВ АДРИАН АЛЕКСАНДРОВ - ГЛАВЕН СЧЕТОВОДИТЕЛ (фамилия, име, презиме, главен счетоводител, представляващ организацията) | 2. _____ (подпис) |

Банкова сметка на кандидатстващата организация: (IBAN) B G 6 8 B N B G 9 6 6 1 3 1 0 0 1 7 4 4 0 1

Банка, клон: БЪЛГАРСКА НАРОДНА БАНКА, ЦЕНТРАЛНО УПРАВЛЕНИЕ

Банков код: (BIC) B N B G B G S D

Конкретни действия от страна на кандидатстващата организация за подпомагане изпълнението на проект на тема:

Софийският университет "Св. Климент Охридски" е първото българско висше училище. Днес Софийският университет е най-големият и престижен образователен и научен център в страната. Университетът обучава студенти в трите образователни степени и извършва научно-изследователска дейност в областта на природо-математическите, обществените и хуманитарни науки. В структурата му са включени 16 Факултета, 3 Департамента, както и многобройни научни центрове и лаборатории. В Софийския университет работят голяма част от най-добрите български специалисти във всички области на природо-математическите и хуманитарните науки. По брой преподаватели и студенти, научно-теоретични и практически постижения, национално влияние, международни контакти, библиотечно-информационно обслужване, материално-техническа база и възможности, както и по реализация на абсолвентите си той е сравним с най-добрите университети в Европа и се явява един от водещите в Югоизточна Европа. Интелектуалният потенциал на хората от катедра „Теоретична физика“ и инфраструктурата на Физическия факултет са достатъчна гаранция за изпълнението на програмата по този проект.

Забележка Тази страница се попълва за всяка от кандидатстващите по проекта организации. Общият размер на текста не трябва да надвишава 1800 знака.
В случай на промяна на банковите данни в периода между кандидатстването и обявяването на резултатите от класирането незабавно уведомете Фонд "Научни изследвания".

ОПИСАНИЕ НА ПРОЕКТА И НАУЧНАТА ПРОГРАМА

Състояние на научните изследвания по темата на проекта в България и чужбина и актуалност на научната проблематика:

Основната мотивация на настоящия интердисциплинарен и междуинституционален проект идва от съвременната струнна теория като единна теория на фундаменталните взаимодействия между елементарните частици при свръхвисоки енергии. Двата основни „кита“, на които се крепи струнната теория са квантовата теория на полето и релативистката гравитация (Айнщайновата

теория на относителността и нейните съвременни обобщения), които от своя страна са тясно взаимоотноверзани с изследванията на предния фронт на почти всички клонове на съвременната математика (алгебрична и диференциална геометрия, топология, функционален анализ, теория на групите, теория на числата и др.). Синергетичната интеграция на тези 3 фундаментални области на знанието е централното свързващо ядро на планираните широкопрофилни изследвания. Най-значителното явление в развитието на струнната теория през последните 15 години е концепцията/хипотезата за „холографска“ дуалност между гравитация и калибровъчни полеве теории (gravity/gauge duality). В този контекст струнната теория при силна връзка се оказва дуално еквивалентна на слабо свързана теоретико-полева теория и обратно, което означава, че гравитационно/калибровъчно-полевата „холография“ е изключително важен инструмент за разбиране на физиката на квантовите калибровъчни системи при силна константа на връзка. Особено забележителни са новите развития - дълбоката връзка на струнната динамика с интегрируемите системи (солитони), приложенията ѝ за изучаване на Квантовата хромодинамика (силно свързани кварки, стълкновения на тежки йони, кварк-глюонна плазма), релятивистката хидродинамика (динамика на флуиди като динамика на хоризонти) и физиката на кондензираните среди („холографски“ свръхпроводници, квантов ефект на Хол). Математическите аспекти са една важна спойка на настоящия интердисциплинарен колектив. Това отразява световната тенденция на използване на най-съвременните достижения на математиката в квантовата теория на полето и особено в струнната теория. Обратно, развитието на модерните клонове на математиката непрекъснато получава свежи идеи от развитието на струнната теория. Тази световна тенденция е налице у нас отдавна; налице е и в момента чрез участниците в проекта – физици и математици. Последните развития в квантовата теория на полето и, особено, в струнната теория доведоха до разкритието на неподозирани дълбоки връзки със съвременната теория на информацията, което превърна последната в кардинално нова фундаментална научна област, наречена „релятивистка квантова информация“, с огромен потенциал за физиката и технологиите на бъдещето. Един от основните обекти, който възниква при изследванията на квантовата теория в постмодерния ѝ период и отразяващ присъщите ѝ нелокалности, е така нареченото сплитане (entanglement) на квантовите състояния. Такива състояния се наблюдават в много широк спектър от физични модели, възникващи в най-разнообразни области на физиката. Изследването на възможни релятивистки ефекти, касаещи сплетените състояния могат да имат потенциални приложения в най-различни области на физиката, включващи физиката на кондензираните среди, високоенергетичните процеси в атомната и ядрената физика, във физиката на елементарните частици, гравитацията и космологията. Сплетените състояния биха могли да служат като естествено обяснение на мистериозния факт, че пространствено-времеви многообразия с хоризонти притежават физическа ентропия. Към такива пространствено-времеви многообразия принадлежат черните дупки. Наред с тези авангардни изследвания, квантовата теория е и апаратът за изучаване на актуални проблеми на физиката на елементарните частици, като вътрешната спинова структура на нуклона при високи енергии. Старшите членове от колектива на настоящия проект са водещи български учени с международно признание в областта на теоретичната физика, и математиката, с повече от 1500 публикации и с над 12000 цитирания. Те имат съществен принос в няколко активно развивани в световен мащаб научни направления като конформни квантови полеве теории, в изучаването на непертурбативните свойства на струнната теория – гравитационно/калибровъчно-полевата дуалност и интегрируеми структури, следствията на последната в космологията и астрофизиката, алгебричните аспекти и геометричната структура на интегрируемите динамични системи, и в изучаването на вътрешната спинова и електромагнитната структура на нуклона.

Цели на проекта:

Настоящият проект е замислен като широкообхватен и многопрофилен, предлагащ фундаментални научни изследвания в широк диапазон в съвременните области на теоретичната физика и математиката. Проектът е ориентиран главно към приоритетна област „Научни изследвания с приложения в педагогическата сфера“ и частично към „Енергия, енергийна ефективност“.

Няколко са главните му цели:

(А) Съществено разширение на досегашните познания за характера на фундаменталните сили в природата, както в света на елементарните частици, така и в галактически мащаби, чието строго научно описание се крепи на съвременните квантова теория на полето, релятивистката гравитация и редица клонове на предния фронт на математиката. Целият широк спектър от резултати в тези области е от кардинално значение за развитието на радикално новата фундаментална научна област „релятивистка квантова информатика“, както и за изследванията на структурата на ядрената материя с прицел към овладяване на високоенергетичните процеси там.

(Б) Освен чисто научните, основна цел е развитието на млади специалисти. Проектът е достатъчно фокусиран да действа като плодотворна образователна база за млади учени. Основната цел е да бъдат привлечени млади учени и студенти, които ще бъдат обучени в СУ и ИИЯЕ-БАН. Именно поради тази цел освен 5-те млади учени (доктори) в колектива на проекта са привлечени още трима докторанти и двама студенти, които в хода на работата ще придобият ценен опит и знания.

(В) Особено важна цел е подготовката на висококвалифицирани специалисти за тяхната бъдеща професионална реализация в споменатите в т.(А) изключително важни области на науката и технологиите на бъдещето. Това включва подготовка на учебни материали и курсове лекции на достъпно ниво, даващи възможност на студенти, докторанти и млади научни работници успешно да навлязат и започнат работа по научни задачи от областта.

(Г) Ударението в проекта е върху интердисциплинарност, междуинституционално сътрудничество и синергетика на експертите.

Описание на изпълнението на проекта:

- **Научни задачи;**
- **Методология;**
- **Видове дейности;**

• Роля на участниците и участващите организации в изпълнението на проекта;

А. Научни задачи

Поради широкопрофилния характер на планираните изследвания се предвижда тяхното изпълнение да бъде организирано в пет работни групи, функциониращи в тясно взаимодействие и обмен на експертиза.

(1) Работна група „Физика на черните дупки и пространствено-времевите портали - термодинамика, ентропия и квантово сплитане“

През последните години теорията на черните дупки претърпява бързо развитие и достигна неочаквани резултати. Конструират се многомерни решения (фонови геометрии), притежаващи хоризонт на събитията, които проявяват качествено нови свойства в сравнение с известните черни дупки в обичайното 4-мерно пространство-време. В пет измерения се наблюдава възможност за разнообразна топология на хоризонта и се променя представата за достатъчен набор от физически данни, които определят напълно даден черен обект.

Основната идея тук е да се изследват квантови полета в присъствие на хоризонти и космологични хоризонти, за да се намери матрицата на плътността и от там да се изчисли ентропията на сплетените състояния, като се сравни с ентропията, пресметната чрез методите на квази-квантовата гравитация.

Други не по-малко важни гравитационни обекти са т.н. пространствено-времеви портали ("wormholes") свързващи „накъсо“ две или повече вселени с различна пространствено-времева геометрия или пък свързващи „накъсо“ две много разделени области на една и съща вселена с нетривиална топология. В някои решения тип "wormholes" пространство-времето съдържа затворени времениподобни криви, което означава „пътуване назад във времето“ – един от най-грандиозните неразрешени до днес парадокси в историята на науката. От теоретико-информационна гледна точка съществуването на затворени времениподобни криви би довело до нарушение на тезиса на Чърч-Тюринг.

В настоящия проект ще разглеждаме един широк клас от физически интересни пространствено-времеви портали - т.н. "thin-shell wormholes", чиито „гърла“ (или „тунели“) между различните вселени се реализират от специален вид материя, наречена „светоподобни мембрани“. Тук е съществено да се отбележи, че за всеки статичен наблюдател в една определена вселена в глобалното пространствено-времево многообразие с един или повече светоподобни мембранни портали, съответният портал към съседната вселена изглежда точно като хоризонт на черна дупка. Това дава основание да се приложат аналогични на споменатите по-горе подходи за изследване на термодинамичните свойства, ентропията и квантовото сплитане в случая на светоподобни "thin-shell wormholes".

Съществува възможност теоретичните разглеждания да бъдат подкрепени и от експериментални данни в близко бъдеще, тъй като сред задачите на големия адронен колайдер (LHC) в ЦЕРН се включва както откриването на допълнителни измерения в пространство-времето, така и наблюдаването на микроскопични черни дупки и пространствено-времеви портали.

Основните научни задачи на първата работна група могат компактно да се формулират така:

- Аналитично конструиране на решения, описващи черни лещи, а така също изследване на техните свойства, излъчване на Хокинг и термодинамика.
- Получаване спектъра на квазинормални моди на различни физически важни и интересни решения описващи черни дупки и на базата на получените резултати да бъдат направени изводи за стабилността на изучаваните обекти. Изучаване на връзката на квазинормалните моди с квантовите свойства на пространство-времето.
- Изучаване на сплетени квантови състояния, появяващи се при квантова динамика на скалярни, векторни, спинорни и полета на Янг-Милс в нетривиално пространство-време – в околност на черни дупки, в космологични модели и във време-пространства със светоподобни мембранни портали.
- Изследване на потенциалните приложения на светоподобната мембранна материя към съвременните космологични сценарии от тип "мембранни вселени".

(2) Работна група „Дуалност между калибровъчни квантови теории на полето и гравитацията“

Концептуално новите идеи на гравитационно/калибровъчно-полевата дуалност водят до следните въпроси, които са в центъра на внимание на научната общност: Щом две принципно различни теории са дефинирани в пространства с различни измерения как квантовата информация е кодирана в различните пространства и какви са начините за нейното получаване? Как основните характеристики на теориите в двете пространства са свързани? Как можем да получим информация за калибровъчните теории при силна константа на връзката от струнната теория при положение, че няма известни методи за нейното получаване в рамките на самата калибровъчна теория? В по-конкретен план, може ли да опишем качествено и количествено Стандартния модел в тези сектори където няма други известни методи? Може ли да опишем кварк-глюонна плазма чрез холографско съответствие? Отговорът на тези въпроси изисква задълбочени изследвания и дори осмисляне, дефиниране и пресмятане на основни характеристики от холографска гледна точка (например т.н. "холографска ентропия на сплитане").

Двумерните конформни теории на полета (КТП) са сред основния апарат на струнните теории. Въпреки това остава открит въпросът за реалната приложимост на тези теории, основани на теория на представянията на безкрайномерни алгебри, към детайлното описание на струни върху изкривени пространства като AdS₅ (5-мерно пространство на анти-де Ситер). В тази връзка е важно развитието на КТП за алгебри от по-висок ранг, както и техните суперсиметрични аналози.

Изброените по-горе важни въпроси мотивират няколко основни цели в тази работна група:

- Да се намерят и изследват струнни решения холографски дуални на калибровъчни оператори. Изследването включва намиране на аномални размерности и корелационни функции на дуални теории в 4, 3 и 2 измерения. За провеждането му ще бъдат развити някои нови методи и подходи за пресмятане на холографските характеристики на теориите;
- Изследване на холографски дуални теории в които калибровъчната теория притежава граница.
- Качествено и количествено изследване на т.нар. S-дуалност свързваща теории с обратнопропорционални константи на връзката посредством двумерни конформни теории, т. нар. мембранно инженерство и струнна теория.

От тук следват следните конкретни изследователски задачи:

- 1) Пресмятане на корелационни функции в калибровъчни теории при силна константа на връзката посредством холографското съответствие
- 2) Развиване на метод(и) за пресмятане на холографски характеристики като аномални размерности и корелационни функции базирани на интегрируеми модели и редукции на Полмайер и др.
- 3) Изследване на холографската дуалност за случаите на калибровъчни теории с граница, вкл. пресмятане на холографската ентропия на заплетени състояния, изследване на закодиране на информацията за теорията в пространството с по-висока размерност в теорията с по-ниска размерност.
- 4) Изучаване на дуалността в 4-мерна теория на Янг-Милс от гледна точка на двумерните конформни теории.
- 5) Развитие и приложение на (супер)конформни теории към описание на вертексни оператори и техните корелатори.
- 6) Изследване на връзката между модулраната инвариантност на двумерните теории и преобразованието силна/слаба константа на връзката в производящия функционал на Некрасов.
- 7) Подготовка на уводни материали и курсове позволяващи навлизане в областта на студенти и докторанти на работно ниво.

Струнната теория е замислена като всеобемаща теория, ("theory of everything"), и затова включва в себе си елементи и на нерелативистичната квантова механика. Така естествено възникна направлението "нерелативистка холография", в което симетрията е групата на Шрьодингер - максималната група на симетрия на уравнението на Шрьодингер. Ролята на групата на Шрьодингер в нерелативистката холография има и естествен математически смисъл - или като контракция на конформната група в групата на Шрьодингер, или като влагане на групата на Шрьодингер в конформната група в по-висока размерност. Последният подход дава и пряка връзка на нерелативистката холография с теорията на Айнщайн, тъй като свойствата на групата на Шрьодингер се кодират в метриката на съответното изкривено пространство. Това се използва за връзка на черни дупки на Кер-AdS с нерелативистичната квантова механика, за разглеждане на нерелативистка конформна теория на полето, на съответствие "AdS/студени атоми", развити са суперсиметрични варианти на IIB струна с Шрьодингер-симетрия, разгледани са суперсиметрични нерелативистки геометрии в M-теорията, и др.

(3) Работна група „Квантова теория на полето и квантови компютри“

Изследванията ще бъдат концентрирани в изучаването на различни (пространство-времеви и вътрешни) симетрии и статистики, естествено възникващи в съвременната квантова теория на полето и на общи теоретични проблеми като квантуване и пренормировки. Тази област отваря интересни възможности за практически приложения, например в (топологичните) квантови компютри. Подобни структури възникват и в подхода на Кон и Краймер към теорията на пренормировките.

Основните усилия ще бъдат насочени към окончателно определяне на брейд-статистиката на експериментално наблюдаваното Холово състояние с фактор на запълване, което е най-добрият кандидат за физическа реализация на топологичен квантов компютър. За целта ще бъдат използвани методите на конформната квантова теория на полето за определяне на проводимостта и коефициента на Зийбек (Seebeck) в режим на последователно тунелиращи електрони (sequential tunneling) в геометрия на едно-електронен транзистор. Изследванията ще покажат дали това Холово състояние се намира в класа на универсалност на Пфафовия модел, анти-Пфафовия модел или модела 331. Във втория етап ще бъдат използвани методите на квантовата теория на информацията за изследване на алгоритмите за корекция на грешки в топологичните квантови компютри, реализирани на базата на стабилизаторни кодове (stabilizer codes), торичен код на Китаев и повърхнинни кодове (surface codes) изобщо. Изследванията ще установят праговете за коригиране на грешки за абелеви аниони при наличие на загуба на информация (qubit losses). Задача: Да се пресметне зависимостта на коефициента на Зийбек за Холовото състояние с от температурата, потока на Ахаронов-Бом и потенциала на гейта на едно-електронен транзистор, формиран от два квантови точкови контакта.

Определени физични проблеми, свързани с обобщени статистики, водят до интересни алгебрични връзки между симетрични (квантово-групови) и комбинаторни обекти. При квантуването на $SU(n)_k$ модела на Вес-Зумино-Новиков-Уитен (WZNW) естествено възниква (асоциативната) алгебра на т.нар. нулеви моди, отговарящи за „вътрешната“ симетрия на модела, която е от квантово-групов тип. Когато параметърът на деформацията q не е корен от единицата, Фоковото представяне на тази алгебра задава модел (т.е. пряка сума от всички неприводими представяния, с единична кратност) на $U_q(\mathfrak{sl}_n)$. В случая на WZNW модела структурата на Фоковото представяне е сложна комбинаторна задача, която ще бъде атакувана.

Причинният подход на Епщайн и Глазер е най-строгий и концептуално завършен подход за построяване на пертурбативни модели на взаимодействиращи квантови полета. Доста известни модели, като конформно инвариантните суперсиметрични модели, не са формулирани в този подход. Ще разгледаме опростения безмасов модел на Вес-Зумино на самодействащо кирално суперсиметрично поле, а впоследствие - силно актуалния модел на $N=4$ суперсиметрични калибровъчни полета по метода на Епщайн-Глазер. На втория етап планираме да построим модели на Баталин-Вилковски в каузалния подход в съчетание с операторна реализация. Друг аспект са методите за изчисляване на Файманови диаграми в конфигурационно пространство за безмасови теории. Специален интерес в последните години играе пресмятането на ренормализационния инвариант на Файмановите диаграми, наречен резидуум. На първия етап ще бъдат развити методи за пресмятане на резидууми на примитивно разходящи диаграми. На втория етап в проекта ще работим върху методи за пресмятане на резидууми на непримитивно разходящите диаграми.

(4) Работна група „Математически аспекти - групово-теоретични и геометрични подходи в квантовата теория на полето и струнната теория“

В момента челният фронт на групово-теоретични подходи се изразява, както в развитие на теория на представянията на различните симетрични обекти, така и в непрекъснато разширяване на спектъра на тези обекти, които се разглеждат. В теория на представянията важни задачи са

явното описание на представянията на известните симетрични обекти, особено на супералгебрите и на квантовите групи, на операторите сплитачи тези представяния, на връзката на теория на представянията с проблемите на интегрируемостта, и т.н. Тези задачи са тясно свързани с приложения в теория на струните и могат да бъдат формулирани както следва:

i) Явно намиране на характеристиките на суперконформната алгебра, особено за случая на $N=4$, където се разглежда суперсиметричната калибровъчна теория на Янг-Милс, която е интегрируема;

ii) Описание на сплитачите диференциални оператори, особено в точките на холморфност на представянията на т.н. евклидови групи на Йордан, от които засега е изучена подробно само конформната група.

Естествената връзка на хамилтониана на една квантова система със супералгебрите на Ли обуславя важния факт, че пространството на състоянията е тяхно неприводимо представяне. Засега са конструирани и изследвани твърде прости унитарни представяния (от Фоковски тип) на супералгебри на Ли. Тук планираме да построим други класове от унитарни представяния и да изучим физичните свойства на съответните системи – спектър на енергията, на операторите на координатите и импулсите, класически граници на решенията, вкл. и за деформирания случай. Групата на (динамични) мащабни трансформации може да бъде разширена до конформната група (динамична експонента $z=1$) или до групата на локални мащабни трансформации ($z \neq 1$), с приложения в неравновесната критична динамика. Случаят $z=2$ се описва от алгебрата на стареене и Шрьодингер с приложения още в AdS /КТП съответствието и в описанието на студени атоми и физическото стареене. Наскоро с участие на член от колектива бе предложена реализация на алгебрата на стареене (за произволно z – естествено число) в термини на нелокални крайни трансформации. Това обуславя поредната изследователска задача: детайлно изследване на „нелокалните“ представяния на алгебрите на симетрии и инвариантните (не)линейни уравнения. Мотивации са потенциални приложения в неравновесната критична динамика (сферичен и модел на Mullins-Hering), както и в теорията описваща молекулярно израстване на епитаксиални слоеве. Тъй като парастатистическите Фокови пространства са свързани с комбинаторни алгебри, чрез теоремата за хомотопен пренос на Кадеишвили пръстенът на кохомологиите на алгебрата на парастатистическите оператори на раждане се обогатява с висши произведения и придобива структурата на хомотопна (комутативна асоциативна) алгебра. Ще бъдат атакувани задачите за намиране на явни формули за висшите произведения в хомотопната алгебра и за използване на кристалната граница на квантовата деформация на тази конструкция за извеждане на комбинаторна алгебра на (самоспрегнати) Юнгови таблици.

Геометрията традиционно играе централна роля в математическия формализъм на фундаменталните теории на съвременната физика, особено в струнната теория, чието развитие от своя страна доведе до формулировката на нови актуални и добре известни теории и въпроси в математиката. Оттук произтичат и следните строго математически задачи:

- Намиране на неравенства за първата собствена стойност на суб-Лапласиана върху компактни Коши-Риман и кватернионни контактни многообразия. Характеризиране на „екстремалните“ случаи.
- Конструирани на компактни решения с ненулеви силово поле, инстантон и дилатон на хетеротичните Килинг-спинорни уравнения удовлетворяващи уравненията за анулиране на аномалията.
- Характеризиране на кватернионно контактни многообразия вложени в хипер-Келерови пространства.
- Намиране и изследване на пара-анализи на кватернионно контактните структури.

(5) Работна група „Структура на нуклона и екзотични атоми“

Откритието през 1987 г. в ЦЕРН, че едва 12% от спина на нуклона принадлежи на кварките, известно като “криза на спина в наивния партонен модел”, е голямо предизвикателство пред разбирателето за спиновата партонна структура на нуклона в рамките на Квантовата хромодинамика (КХД). Информацията за структурата на нуклона се получава главно от експериментите по дълбоко нееластично инклузивно и полу-инклузивно разсейване на поляризираните лептони от поляризираните нуклони, проведени и провеждащи се в CERN, DESY (Хамбург), SLAC и Jefferson Laboratory, САЩ, и тяхната интерпретация в рамките на Квантовата хромодинамика. Понастоящем сумарният принос на кварките в спина на нуклона (~30%) е добре известен, докато неопределеността на приноса на глюоните е значителна, а за приноса на орбиталните моменти на партоните (кварките и глюоните) се знае малко. Освен това, не знаем индивидуалните приноси на валентните и морски кварки (наречени поляризации), както и техните спинови разпределения. За да бъдат определени поотделно техните спинови разпределения и поляризации, е необходимо да бъдат включени в КХД-анализа данните по полу-инклузивното дълбоко нееластично разсейване на поляризираните електрони (мюони) от поляризираните нуклони, при което след разсейването се регистрира адрон. Това разделяне е възможно заради различната фрагментация на кварките и анти-кварките в адрони, която се описва от фрагментационните функции (ФФ) - друга важна характеристика във физиката на адроните. Засега ФФ не са добре определени, и използването в анализа на експерименталните данни на различни параметризации на ФФ, представени в литературата, води до различни резултати за спиновите разпределения на морските кварки, и в частност до различни, дори по знак (положителни или отрицателни), значения за спиновото разпределение на странните кварки. Изводът е, че въпросът за точното определение на функциите на фрагментация е от изключителна важност за коректното определяне на спиновите разпределения на валентните и морските кварки, и в частност - за решението на проблема със спиновото разпределение на странните кварки. Получените прости съотношения между несинглетните ФФ и асиметриите на разликите на сеченията в полу-инклузивните процеси, използвайки само предположенията за зарядова и изотопическа инвариантност, са добра основа за коректното определяне на ФФ от бъдещите анализи на експерименталните данни. В търсене на отговора на част от повдигнатите въпроси се планират следните изследвания:

- Ще бъде проведен КХД анализ на новите много по-прецизни данни на Колаборациите COMPASS (CERN) и HERMES (DESY) за раждането на пиони и каони в полу-инклузивните неполяризираните дълбоко нееластични процеси с цел определянето на функциите на фрагментация. Ще бъдат тествани ограниченията за несинглетните ФФ, получени само от предположенията за зарядова и изотопическа инвариантност.
- С получените нови функции на фрагментация ще бъде проведен глобален КХД анализ на всички данни по инклузивно и полу-инклузивно дълбоко нееластично лептон-нуклонно разсейване за да

бъдат определени спиновите партонни разпределения и техните поляризации. Надяваме се, проблемът със спиновото разпределение на странните кварки да бъде решен.

в) Ще бъдат получени масовите поправки към съответните структурни функции в полу-инклузивното разсейване с поляризиращи частици. Те са необходими за да бъдат включени данните при малки предадени импулси в анализа.

г) Планира се обобщение на наивния партонен модел отчитайки в партонните разпределения зависимостта от напречния импулс на кварките. Като първа стъпка ще бъдат разгледани надлъжно поляризиращи нуклони.

Успоредно с това, структурата на протона ще бъде изследвана и чрез прецизна спектроскопия на атомни и молекулни системи, като чрез сравнение на експерименталните данни с резултатите от теоретични пресмятания ще бъдат извлечени стойностите на интегрални характеристики като електромагнитните радиуси и др. Предвидените изследванията ще бъдат дву- и три-частични екзотични атомни системи, в които структурните поправки към спектъра са на порядъци по-големи, отколкото в обикновените атоми, а малкият брой частици допуска числени решения с висока точност. Ударението ще бъде върху

д) спектроскопията на водородните молекулни йони HD^+ , с фундаментална роля в метрологията и във физиката на управляемия ядрен синтез. Предвидените теоретични пресмятания ще допринесат за по-точното определяне на масата на протона и деутрона и магнитните им моменти, както и на изменението във времето на стойността на константата на фината структура, от важно значение за изясняване на еволюцията на Вселената.

Б. Методология

Интердисциплинарният характер на предлаганите изследвания определя и голямото разнообразие и обхват на арсенала от мощни методи и подходи от предния фронт на съвременната теоретична физика и математика: непертурбативни подходи в квантовата теория на полето; теория на пренормировките на ултравиолетови разходимости; непертурбативни методи в струнната теория; съвременни математични концепции и подходи в общата теория на относителността; методи от теория на интегрируемите системи (теория на солитоните) и хамилтоновите динамични системи с връзки; методи на диференциалната геометрия и топологията; алгебрична геометрия; методи от теория на групите - теория на представянията, вкл. представяния на безкрайномерни алгебри на Ли; абстрактна алгебра и теория на числата; методи от теорията на специалните функции.

По-конкретно, методологията на изследванията в проекта включва следното:

а) Конструирането на точните аналитични решения за черни обекти в многомерно пространство-време ще се извършва с помощта на методи за генериране на точни решения, развити от С. Язджиев и методи от теорията на интегрируемите системи. За случаите, когато аналитични решения не могат да се конструират, полевите уравнения ще се решават числено.

б) За изследване на квазинормалните моди ще бъдат използвани основно директни методи за интегриране на времево независимите вълнови уравнения за пертурбациите на полетата.

в) При третиране на системи от гравитация и калибровъчно-полева материя, взаимодействията самосъгласувано със светоподобна мембранна материя, ще се използват методи от теорията на динамични системи с връзки за изследване на протяжни обекти с репараметризационна инвариантност върху мировия им обем.

г) Сплетените състояния и ентропията ще се изследват с методите и техниките на локалната квантова теория на полето в изкривено пространство-време.

д) При изследванията на гравитационно/калибровъчно-полевата дуалност ще бъдат използвани методите, развити от членове на колектива, а така също и от водещи учени в областта, включващи методи от теория на струните, интегрируеми системи, алгебрична и диференциална геометрия, групи и алгебри на Ли и техните представяния, техники и методи от калибровъчните теории и от двумерните конформни модели.

е) За пресмятане на характеристиките на суперконформната алгебра ще бъдат използвани най-последни достижения на теорията на представянията, вкл. развити от членове на колектива.

ж) Ще бъде прилаган геометричен анализ на суб-Риманови структури и свързаните частни диференциални уравнения.

з) Изследването на структурата на нуклона ще се основава на КХД и теорията на електрослабите взаимодействия, с използване на оригинални методи и алгоритми за численото апроксимиране на масивите от експериментални данни.

и) Теоретичните пресмятания на спектъра на екзотичните атоми и молекули ще бъдат проведени в рамките на релятивистичната квантова механика с използване на вариационни методи за изчисляване на три-частичните вълнови функции.

В. Видове дейности

Основните видове дейности на колектива ще бъдат по няколко главни направления:

а) Изследователска работа на експертно ниво по поставените научни задачи, подробно описани по-горе, в рамките както на отделните работни групи, така и възползвайки се от установените тесни и плодотворни сътрудничества с учени от авторитетни университети и други академични институции в чужбина;

б) Подготовка и публикуване на получените резултати при изследванията съгласно работната програма в престижни рецензируеми международни списания с импакт-фактор;

в) Подготовка и изнасяне на доклади, вкл. поканени и пленарни, представящи постигнатите резултати по проекта на авторитетни международни научни форуми – конференции, работни съвещания и школи за млади учени;

г) Подготовка и публикуване в пълен текст на докладите на международните конференции в сборниците от трудове;

д) Изнасяне на семинарни доклади за получените резултати, както и за текущия напредък по научните задачи на проекта, на регулярни научни семинари в ИЯИЯЕ и други сродни институти на БАН, във физическия факултет и факултета по математика и информатика на СУ „св. Кл. Охридски“ и в други сродни академични институции, което допълнително ще допринесе за развитието на младите специалисти в колектива;

е) Подготовка и изнасяне на курсове лекции за магистри и докторанти по съвременните аспекти в квантовата теория на полето, релятивистката гравитация и техния математически апарат, с

акцент върху проблемите и достиженията в настоящия проект и с оглед на тяхното приложение във физиката на високите енергии и релятивистката квантова информатика.

ж) Организиране на поредното 10-то Международно работно съвещание (школа за млади учени) „Теория на Ли и нейните приложения във физиката“, Варна, юни 2013 год.

Г. Роля на участниците и участващите организации в изпълнението на проекта

Участниците в колектива ще бъдат разпределени в 5 подгрупи съответстващи на изброените по-горе тематични работни групи при следния състав:

В работна група (1) влизат Язаджиев (отговорник), Донева, Недкова, Стефанов, Гюлчев, Стайков, Нисимов (отговорник), Пачева.

В работна група (2) влизат Рашков (отговорник), Димов, Арнаудов, Вецов, Цанов, Добрев, Петкова, Станишков, Божилков.

В работна група (3) влизат Георгиев (ръководител на проекта), Хаджииванов (отговорник), Николов, Недановски, Петкова, Станишков, Ганчев; акад. Тодоров - консултант.

В работна група (4) влизат Иванов (отговорник), Замковой, Василев, Минчев, Петков, Николов, Недановски, Попов, Добрев (отговорник), Хаджииванов, Ганчев, Стоилова, Стоименов; акад. Тодоров и акад. Палев - консултанти.

В работна група (5) влизат Бакалов (отговорник), Христова, Стаменов, Стоилов.

Очаквани резултати и ефект от изпълнението на проекта, потенциал за трансфер на знания и приложимост на резултатите:

А. Очаквани научни резултати и тяхното отношение към решаване на значими научни проблеми
Резултатите от планираните фундаментални научни изследвания ще бъдат принос към дългосрочната програма на международната общност на учените от областта на физиката на елементарните частици и високите енергии, астрофизиците и космолозите за търсене на отговори на такива важни концептуални научни проблеми като природата на "тъмната материя" и "тъмната енергия" във Вселената, наличието на допълнителни измерения на пространство-времето, суперсиметрията, микроскопични черни дупки и пространство-времеви портали, решаване на вездесещия „информационен парадокс“, в овладяване на мощните енергийни процеси на субядрено ниво. В частност, очакваме приноси към строгото доказателство на валидността на хипотезата за холографска дуалност между гравитация и квантови калибровъчни теории, която от своя страна, особено чрез новото фундаментално понятие за холографска ентропия на сплитане ("holographic entanglement entropy"), оказва огромно въздействие върху развитието на релятивистката квантова информатика. Пълното доказателство на хипотезата за

гравитационно/калибровъчно-полевата дуалност по своето въздействие върху всички области на физиката, далеч надхвърлящи контекста на физика на високите енергии, ще бъде аналогична на революцията във физиката от началото на миналия век със създаването на теорията на относителността и квантовата механика. По-конкретно, очакваме следните по-съществени резултати:

- 1) Нови класове точни решения, описващи въртящи се черни дупки с различна топология, и "мембранни" вселени с пространство-времеви портали в повече от 4 измерения
- 2) Спектър на квазинормалните моди на статични асимптотически не-плоски черни дупки и определяне на тяхната стабилност
- 3) Спектър и други характеристики на квантовото излъчване на Хокинг за асимптотически не-плоски черни дупки, задълбочаване на разбирането на връзката на сплетените състояния с ентропията на черните дупки и проблема за "загуба на информация"
- 4) Получаване на нови корелационни функции в калибровъчните теории с различна суперсиметрия при силна константа на връзката
- 5) Изучаване на холографското съответствие в пространства от не анти-Де Ситеров тип.
- 6) Изучаване на холографското съответствие свързано със (супер-)алгебри на Шрьодингер
- 7) Получаване на корелационни функции в системи с граници и пресмятане на основни характеристики като "холографска ентропия на сплитане"
- 8) Получаване на явни формули за характеристиките на супер-конформната алгебра за случая на суперсиметрична теория на Янг-Милс
- 9) Изучаването на вериги от взаимодействиящи кубитове (qubits) ще доведе до предлагане на комуникационни канали за пренос на (перфектни) квантови състояния
- 10) Развиване на актуални геометрични структури в конформната геометрия и струнните теории-изследване свойствата и структурата на Коши-Риман и кватернионни контактни многообразия
- 11) Получаване на нови параметризации за функциите на фрагментация, важен елемент при определянето спиновите разпределения и поляризацията на валентните и морски кварки, и от съществено значение за експериментите в JLab, CAQ и COMPASS, CERN
- 12) Пресмятане на поправките към спектъра на екзотични водородни атоми и молекули, дължащи се на външни полета и на взаимодействията с други атоми и молекули.

Б. Трансфер на знания – приложение в педагогическата сфера

Тъй като (преносът на) информацията е физически процес на взаимодействие между детектори и физически системи, то съвременната информационна теория не само трябва да описва квантови детектори, но и такива движещи се с релятивистки скорости близки до скоростта на светлината и още по-общо – в изкривено пространство-време в резултат на гравитационните ефекти. От тук става очевидна изключителната актуалност на построяването на съвременни курсове на конкурентно европейско ниво за магистри и докторанти, отчитащи последните достижения в областта на квантовата теория на полето и релятивистката гравитация.

По-конкретно планираме следните курсове за студенти от магистърски програми и докторанти:

- 1) Курс по холографска дуалност между струни и калибровъчни теории
- 2) Курс по суперсиметрични калибровъчни теории и теория на Зайберг-Уитън
- 3) Курсове по математичните методи използвани в планираните изследвания
- 4) Курсове по квантова информация, квантово смятане и квантова логика

План за разпространение на резултатите:

Настоящите изследвания ще се проведат в рамките на широко международно сътрудничество със

световноизвестни и водещи институти и университети от цял свят, което представлява отлична естествена среда за широкото разпространение на резултатите на настоящия проект. По-конкретно, предвижда се част от участниците в проекта да посетят утвърдени чуждестранни групи, работещи в сходни области. В рамките на тези посещения те ще изнесат научни доклади представящи научните резултати по проекта и ще бъде осъществен ценен обмен на експертиза. Подобни изяви са от ключово значение не само за издигане авторитета на българската наука по света, но са и съществени елементи в изграждането на международна репутация и известност на младите ни учени.

Непълнен списък на активните международни сътрудничества на членовете на колектива в рамките на двустранни или многостранни научни съглашения, както на институционално така и на междудържавно равнище, включва:

- (1) Austria – Erwin Schrödinger Institute for Mathematical Physics (ESI), Vienna; Institut für Hochenergiephysik der Universität Wien;
- (2) Belgium – University of Ghent;
- (3) France – C.E.A. Saclay (Gif-sur-Yvette), Institut des Hautes Etudes Scientifiques (Bures-sur-Yvette); Université de Paris-Sud (Orsay), Ecole Polytechnique (Palaiseau), L.A.P.P. (Annecy); Université Paul Sabatier (Toulouse); Université Henri Poincaré (Nancy); Institut de Recherche Mathématique Avancée CNRS et Université de Strasbourg; Centre de Physique Théorique (Marseille);
- (4) Germany – Institut für Theoretische Physik der Universität Göttingen; Technische Universität Clausthal; Max-Planck Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig; Institut für Theoretische Physik der Justus-Liebig-Universität, Giessen; Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg;
- (5) Ireland – Dublin Institute of Technology;
- (6) Israel – Ben-Gurion University (Beer-Sheva);
- (7) Italy – I.C.T.P. and S.I.S.S.A. (Trieste), University of Trieste; Rome University “Tor Vergata” & INFN;
- (8) Japan – Osaka Prefecture University;
- (9) Republic of Korea – Ewha University (Seoul);
- (10) Russia – J.I.N.R. (Dubna);
- (11) Switzerland – Theory Group of C.E.R.N. (Geneva); University of Geneva;
- (12) United Kingdom – Imperial College, London;
- (13) United States of America – Pennsylvania State University (Abington); CLASS12 Collaboration at Jefferson Laboratory, Newport News, VA; University of Massachusetts, Amherst.

Очаква се всички получени в рамките на проекта резултати да бъдат публикувани в най-авторитетните рецензируеми международни списания с импакт-фактор такива като Physical Review D, Physical Review Letters, Journal of High Energy Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Communications in Mathematical Physics, Journal of Mathematical Physics, International Journal of Modern Physics A, Classical and Quantum Gravity, General Relativity and Gravitation, и/или в сборници трудове на международни научни мероприятия.

Друга важна възможност за разпространение на резултатите от изследванията по темата на проекта е тяхното докладване на престижни международни научни събития (конференции, работни семинари, школи). Именно тук финансовата подкрепа от фонда на проекта ще бъде от решаващо значение. Освен това, членове от нашия екип имат значителен опит в организирането на многобройни международни конференции, работни семинари и школи в областта на квантовата теория на полето, математическата физика, групово-теоретичните методи, включително и по квантови групи, суперструни, супергравитация, интегрируеми системи, които винаги са били на много високо ниво и са били посещавани от голям брой световноизвестни специалисти. Очакваме същото високо научно ниво да се запази при предвидената за провеждане през м.юни 2013 г. в гр. Варна международна конференция и школа по тематиката на настоящия проект, където в организационния комитет ще влязат значителен брой членове на този колектив.

План за устойчивост на дейностите и след приключване на проекта:

Изследванията свързани с проекта ще разширят досегашните познания с нови съществени резултати в описаните направления. Натрупаният професионален опит и получените резултати ще бъдат използвани в бъдещите фундаментални научни изследвания на групата, тъй като темите от проекта в областите на квантовата теория на полето, релативистката гравитация и фундаменталната математика ще бъдат актуални и през следващото десетилетие. В тази връзка, за да илюстрираме кардиналното значение на фундаменталните теоретични изследвания в науката, нека подчертаем, че неотдавнашното откритие в ЦЕРН на неуловимия до скоро скаларен бозон на Хигс – колкото и това да е грандиозно и впечатляващо достижение на гениална изобретателност и находчивост на физиците-експериментатори и на високите технологии, в края на краищата е именно едно блестящо потвърждение на предсказания на физици-теоретици от преди близо 50 години!

Друг важен аспект, засягащ по-нататъшното развитие на групата, е свързан с факта, че настоящият проект ще даде на по-младите членове на научния екип ценен международен опит в науката, който е от изключителна важност за тяхното бъдещо развитие като научни работници. След завършването на проекта младите учени ще са придобили умения да се адаптират към високо конкурентна и творческа среда, типична за европейското и световно научно пространство. Важно следствие от успешното завършване на проекта ще бъде затвърдяването на плодотворното сътрудничество на научния екип с водещи учени и групи в света работещи в сходни научни области.

Успешното осъществяване на проекта със сигурност ще повиши интереса сред студентите към тематиката на научните изследвания в колектива, което ще ни позволи да привлечем най-талантливите от тях да изберат професионална кариера във фундаменталните области на физиката и математиката, където напоследък се наблюдава опасен отлив на младо попълнение с

риск за срив на генетичната връзка между научните поколения и загуба на завоюваните позиции и международен престиж на българската школа в областта на теоретичната физика и фундаменталната математика.

Без съмнение успешното завършване на проекта ще повиши престижа на университетите, към които принадлежат участниците в проекта на международно ниво.

Младите членове на колектива ще развият своя научен потенциал и педагогически способности да обучават бъдещи учени. С привличането, обучението и развитието на нови научни кадри проектът ще бъде ценен принос в основната мисия на СУ "св. Климент Охридски" и ИЯИЯЕ-БАН.

Управление на проекта:

Предлаганият проект ще има високоефективно управление и организационна структура подобни на тези, които вече успешно са функционирали при предишни проекти с ФНИ и други (международни) сътрудничества с участие на учени от настоящия колектив. В този смисъл е уместно да се спомене, че мнозинството от членовете на колектива са участници в два успешни предходни проекти финансирани от ФНИ по конкурса „Идеи“ (ДО 02-257/18.12.2008 и ДО 02-288/18.12.2008) с внушителна научна продукция - повече от 130 публикации във водещи световни научни списания и в сборници от трудове на международни конференции, вкл. една монография. Постигнатите там резултати и натрупаната експертиза ще бъдат съществено използвани в изследванията и управлението на настоящия проект.

Членовете на проекта имат богат опит в различни научно-организационни дейности; те са били организатори на множество международни конференции, членове са на постоянни комитети на съществуващи европейски мрежи и на научните комитети на международни конференции.

Организацията по изпълнение на проекта ще включва:

(А) Управителен съвет, който ще бъде отговорен за научната стратегия на проекта, за организирането на конференции в предложените области за изследвания и за вземане на важни решения по отношение на изпълнение на проекта във финансовата му част.

Ръководител на проекта: доц. д-р Лъчезар Георгиев (ИЯИЯЕ-БАН);

Координатор на екипа от ИЯИЯЕ-БАН: проф. д-р физ. науки Емил Нисимов;

Координатор на екипа от ФМИ-СУ: проф. д-р мат. науки Стефан Иванов;

Координатори на екипа от ФзФ-СУ: проф. д-р физ. науки Стойчо Язаджиев и проф. д-р физ. науки Радослав Рашков;

Координатор на екипа отговорен за организиране на международни мероприятия по тематиката на проекта: проф. д-р физ. науки Владимир Добрев (ИЯИЯЕ-БАН);

Техн. секретар: Вирджиния Досева (ИЯИЯЕ-БАН)

(Б) Срещи на участниците на проекта. Освен редовните работни срещи на членовете на всяка от 5-те работни групи, планира се веднъж на 3 месеца всички участници в проекта да провеждат общи срещи, където да се обсъждат текущите проблеми при изпълнение на конкретните задачи, вкл. да се съгласуват сътрудничеството и взаимодействието между отделните работни групи.

(В) Седмични семинари: Партньорите на проекта имат отдавна функциониращи редовни научни семинари, които се планира да бъдат разширени за всички участници и на които да се докладват получените до момента резултати по проекта.

(Г) Лекционни курсове: Планираме четенето на лекционни курсове за магистри и докторанти във физическия факултет и факултета по математика и информатика на Софийския университет, а също така в изграждащия се понастоящем нов изследователски университет към БАН. Целта им е обучение на студенти и млади учени на най-високо ниво, като бъдат въвеждани в предния фронт на научните изследвания в предлаганите в проекта области.

(Д) При посещения на видни чуждестранни учени в организациите-участници се планира да бъдат организирани неформални срещи, които биха дали възможност за преки контакти между гостите и студентите и младите учени.

(Е) Интернет-страница: планира се поддръжка на интернет-страница с редовни новини информиращи партньорите за семинари, лекционни курсове, защита на докторски дисертации и други събития и дейности свързани с изпълнението на проекта.

(Ж) Международно работно съвещание "Теория на Ли и нейните приложения във физиката": В. Добрев планира да организира 10-то работно съвещание "Теория на Ли и нейните приложения във физиката" през юни 2013 г. Целта е студентите и младите учени да са в пряк контакт с видни представители на международната научна общност в предложените области за научни изследвания, наред с другите ползи от едно такова авторитетно международно мероприятие, в частност - чрез организиране на постерна сесия.

(З) Планира се провеждането на регулярни неформални семинари на Управителния съвет един или два пъти месечно, на които ще бъде обсъждан напредъка в дейността на всеки един от членовете на колектива, както и възникналите проблеми в хода на работа. На тези семинари ще бъдат решавани и текущи организационни въпроси като командировки, участие в конференции на членове на колектива, управление на финансовите средства и др.

РАБОТНА ПРОГРАМА ЗА ПЪРВИ ЕТАП

| # | Съдържане на етапа | Продължителност на етапа, брой месеци | Резултат и |
|----------|--|--|---------------------|
| 1 | Черни дупки с нетривиална топология | 12 | публикации |
| 2 | Вселени със светоподобни мембранни портали | 12 | публикации |
| 3 | Корелационни функции в калибровъчни теории при силна връзка | 12 | публикации |
| 4 | Курс по холографско съответствие между струни и калибровъчни теории | 8 | лекционни материали |
| 5 | Зависимост на коефициента на Зийбек за Холовото състояние $5/2$ от температурата, потока на Ахаронов-Бом и потенциала на гейта на едно-електронен транзистор | 12 | публикации |
| 6 | Структура на Фоковото пространство на киралните нулеви моди в $SU(n)_k$ WZNW модела като модул над квантовата алгебра $U_q(\mathfrak{sl}_n)$ | 12 | публикация |
| 7 | Намиране на явни формули за висшите произведения в хомотопната алгебра C^∞ | 12 | публикация |
| 8 | Намиране на вертексни оператори за скаларни полета с аномални размерности | 12 | публикации |
| 9 | Вертексни оператори за суперполета, корелатори | 12 | публикации |
| 10 | Изследване на представянията на суперконформната алгебра | 12 | публикации |
| 11 | Изследване на нелокалните представяния на алгебрата на стареене | 12 | публикации |
| 12 | Изследване на квантови системи съответстващи на супералгебрата на Ли $osp(2m+1 2n)$ | 12 | публикации |
| 13 | Изследване на квантови системи, състоящи се от взаимодействащи частици със спин $1/2$ | 12 | публикации |
| 14 | Неравенства за първата собствена стойност на суб-Лапласиана върху компактни Коши-Риман и кватернионно-контактни многообразия | 12 | публикации |
| 15 | Кватернионно контактни под-многообразия на хипер-Келерови пространства | 12 | публикации |

| | | | |
|----|--|----|------------|
| 16 | Конформни суперсиметрични модели в каузалния подход на Епщайн-Глазер | 12 | публикации |
| 17 | Нови параметризации за фрагментационните функции | 12 | публикации |

РАБОТНА ПРОГРАМА ЗА ВТОРИ ЕТАП

| # | Съдържание на етапа | Продължителност на етапа, брой месец | Резултати |
|----|--|--------------------------------------|---------------------|
| 1 | Излъчване на Хокинг, сплетени състояния и ентропия на черни дупки | 12 | публикации |
| 2 | Холографска дуалност и интегрируемост | 12 | публикации |
| 3 | Курс по теория на Зайберг-Уитън | 8 | лекционни материали |
| 4 | Връзка между Фоковото пространство на нулевите моди на $SU(n)$ $WZNW$ модела с комбинаторната алгебра на Юнгови таблици | 12 | публикация |
| 5 | Комбинаторна алгебра на (самоспрегнати) Юнгови таблици | 12 | публикация |
| 6 | Изследване на представяния на групи на Жордан | 12 | публикации |
| 7 | Изследване на квантови системи съответстващи на супералгебрите на Ли $C(n)$ и $D(m n)$ | 12 | публикации |
| 8 | Конструиране на компактни решения с ненулево силово поле, инстантон и дилатон на хетеротичните Килинг-спинорни уравнения | 12 | публикации |
| 9 | Намиране и изследване на пара-аналози на кватернионно контактните структури | 12 | публикации |
| 10 | BV формализъм в операторния каузален подход | 12 | публикации |
| 11 | Операден подход към резидууми на непримитивно разходящи Файманови диаграми | 12 | публикации |
| 12 | Спинови разпределения на валентните и морски кварки | 12 | публикации |

ФИНАНСОВ ПЛАН

I. ПЪРВИ ЕТАП ОТ ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА ПРОЕКТА

ОБЩО ЗА ПЪРВИ ЕТАП: 300000

| | |
|---|--------|
| 1. Апаратура и специализирано оборудване | 60000 |
| 2. Материали, химикали и консумативи | 6000 |
| 3. Информационни продукти (в т.ч. софтуер, абонаменти, достъп; проучване за патентоспособност; заявки за патенти; компютърно време и др.) | - |
| 4. Командировки в т.ч. и в чужбина | 114000 |
| 5. Заплащане на външни организации за техническо подпомагане научната работа по проекта; за извършване на анализи, проучвания и поддръжка на апаратура, използвана в рамките на проекта | - |
| 6. Възнаграждения на членове на екипа, работещи по проекта | 70000 |
| 7. Привличане на утвърдени учени от други страни за краткосрочен престой | 8000 |
| 8. Други разходи, до 10% от общата стойност на проекта | 7000 |
| 9. Административни разходи (до 7% от сумата, предоставяна от фонд "Научни изследвания") | 35000 |

II. ВТОРИ ЕТАП ОТ ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА ПРОЕКТА

ОБЩО ЗА ВТОРИ ЕТАП: 200000

ОБЩ БЮДЖЕТ ПО ПРОЕКТА

500000

Ръководите на проекта: Лъчезар Георгиев

Подпис _____

ФИНАНСОВА ОБОСНОВКА НА ИСКАНИТЕ СРЕДСТВА ПО ВИДОВЕ РАЗХОДИ ЗА ДВАТА ЕТАПА НА ПРОЕКТ

A

1. Апаратура и специализирано оборудване:

общо 90 000 лв за двата етапа (1-ви етап - 60 000, 2-ри етап - 30 000)

Нормалното осъществяване на научна дейност предполага поддържане на техниката и мрежите за обработка и предаване на информация на едно достатъчно високо и надежно съвременно ниво. Ние предвиждаме средства за изграждане, доокомплектоване и осъвременяване на тази техника и в трите участващи звена. Основата на тази техника са сървъри с непрекъснато захранване и достатъчен обем памет. Също така предвиждаме достатъчен брой нови персонални компютри (десктопи и лаптопи) плюс средства за доокомплектоване, ремонт и осъвременяване на наличната компютерна техника, с цел да се осигури на всеки член отделен компютър. Мултимедийните представяния вече са стандарт при всеки семинар, лекция или доклад – за тази цел сме включили за всяко от трите звена по един мултимедийен проектор плюс по един обслужващ го лаптоп. Друга важна част от необходимата техника са принтери и копирни машини – те са ежедневна необходимост, а наличието на качествени мрежови машини не се нуждае от обосновка. Голяма част от наличните персонални компютри (около десет) спешно се нуждаят от осъвременяване и доокомплектоване с допълнителна RAM памет, вътрешни и/или външни твърди дискове, flash памет, UPS устройства, камери и слушалки за видео връзка, Wi-Fi платки. Предвиждаме още два скенера и изграждане на Wi-Fi мрежа – тази мрежа е нужна за бързото включване на все по-често използваните лаптоп компютри.

Оборудване: бройки ед. цена общо

Сървъри (вкл. UPS и външно 3 5000 15 000

RAID устройство)

Десктопи 12 2000 24 000

Лаптопи 8 2500 20 000

Мултимедийни проектори 3+3 2500+1500 12 000

+ обслужващи лаптопи

Мрежов принтер (чб) 3 800 2400

Мрежов принтер (цветен) 2 1200 2400

Фотокопирна техника 2 3000 6000

Доокомплектоване и ремонти: 8200

разширяване на RAM памет, твърди

дискове (външни и вътрешни),

скенери, оборудване за видео-конферентна

връзка, Wi-Fi, UPS устройства, и др.

2. Материали, химикали и консумативи:

общо 10 000 лв за двата етапа (1-ви етап - 6000, 2-ри етап - 4000)

Необходимите консумативи и материали за нашата работа или не се предоставят изобщо или се предоставят в минимални размери от научните организации и се осигуряват или от наши лични средства или по научни договори. Печатането и фотокопирането са основен канал за получаване и предаване на научната информация, а също и неотменна част от целия научен процес. Основната част от консумативите са свързани с обезпечаване на възможности за печатане и фотокопиране, т.е., тонери, касети, хартия, ремонт и поддръжка на тази техника. Една по-малка част са предвидени за оптични носители на големи масиви от информация. Друга част е предвидена за закупуване на бели дъски – това е основният “инструмент” при едно научно обсъждане.

Консумативи: бройки ед цена общо

Тонер/касети за 12 ч/б принтери 12 180 2160

Тонер/касети за 5 цв. принтери 5 300 1500

Тонер/касети за 5 фотокопири 5 300 1500

Поддръжка на 5 фотокопири 5 300 1500

Хартия 20 кутии 30 600

Канцеларски материали 740

Бели дъски 6 250 1500

DVD-та 500

3. Командировки в т.ч. и в чужбина:

общо 200 000 лв за двата етапа (1-ви етап - 114 000, 2-ри етап - 86 000)

Участието в международни прояви очевидно е една от най-важните форми за популяризиране на наши резултати, за поддържане на така важните научни контакти с чуждестранните ни партньори и за бързото осведомяване на колектива за последните развития в научната област. Тези средства предвиждат в рамките на двата етапа за всеки от 34-те участници общо по 2 командировки за участие в международни конференции и по една оперативна командировка , с по около 1000 евро на командировка за пътни, дневни и квартирни - това отговаря приблизително на разходи за седемдневна командировка

4. Възнаграждения на членовете на екипа:

общо 140 000 лв за двата етапа (1-ви етап - 70 000 , 2-ри етап - 70 000)

Основен проблем на фундаменталните природо-математически науки в България е изключителната трудност и често невъзможност да бъдат привлечени млади хора и задържани утвърдените учени. Говорим за най-образованата и способна част – хора, които с лекота могат да си намерят работа в чужбина и даже у нас и да получат многократно по-голямо възнаграждение, което в много случаи е десетки пъти по-високо. Предвидените средства за добавка към основното възнаграждение на младите учени е твърде скромно и няма как да конкурира сходна работа в чужбина, но поне ще помогне на тези, които са останали, да могат да се съсредоточат върху научната си работа и да не търсят несвойствени странични дейности, за да могат да покрият основните си ежедневни финансови нужди. За 10-те млади членове на колектива се предвижда средно по 200 лв добавка към месечните им възнаграждения за всичките 24 месеца на проекта. Оставащите средства ще бъдат разпределени сред останалите 26 члена на

колектива (тук не се включват двамата консултанти академици, които са пенсионери) по около 150 лв месечни добавки.

5. Привличане на утвърдени учени от други страни за краткосрочен престой:

общо 15 000 лв за двата етапа (1-ви етап - 8000, 2-ри етап - 7000)

Приблизително по 6 визити (10-дневни) на година на чуждестранни учени, с които имаме активно сътрудничество, с по около 1250 лв на визита - разходи за дневни пари и хотел.

6. Други разходи:

общо 10 000 лв за двата етапа (1-ви етап - 7000, 2-ри етап - 3000)

Освен за непланирани неизбежни разходи, тези суми се предвиждат главно за финансова поддръжка на български участници на организирани от колектива мероприятия - международната конференция във Варна през 2013 год.

7. Административни разходи - отчисления за участващите организации (до 7%):

общо 35 000 лв за двата етапа (21 500 лв за ИЯИЯ-БАН, 13 500 лв за СУ)