

Приложение 1

Подробно описание на проекта и научната програма

Тема: Квантова структура и геометрична природа на фундаменталните сили

1. Състояние на научните изследвания в България в съответното тематично направление

Старшите членове от колектива на предлагания проект са водещи български учени с международно признание в областта на теоретичната и математическа физика, както и в различни области на математиката. Те имат съществен принос в няколко активно развивани в световен мащаб научни направления като конформни полеве теории (КПТ) в две и повече размерности на пространство-времето ($D=2$ и $D>2$), в изучаването на непертурбативните свойства на струнната теория на фундаменталните взаимодействия при свръхвисоки енергии – анти-де-Ситер/конформно-полевата (АдС/КПТ) дуалност и интегрируеми структури, математическите структури в струнната теория, следствията на последната в космологията и астрофизиката, ролята на конформната симетрия във физиката на кондензираните среди, алгебричните аспекти и геометричната структура на интегрируемите динамични системи.

Членовете на научния колектив са постигнали значими резултати в такива специфични области като: обща структура на $D=2$ и $D>2$ КПТ, изучаване на моделите на Вес-Зумино-Новиков-Уитен (ВЗНУ) с дробни стойности на централния товар в $D=2$ КПТ, теория на представянията на $D=4$ суперконформна симетрия, по-специално, класификация на всички унитарни неприводими представяния с положителна енергия, теория на представянията на $N=2$ супералгебрата на Вирасоро, в частност, построяване на характеристиките на всички неприводими унитарни представяния; квантови групи и техните представяния, в частност, канонична процедура за q -деформациите на полупростите реални алгебри, задълбочено разбиране на действието на алгебри от типа на Хопф, възникващи в $D=2$ КПТ като обобщени вътрешни симетрии, ефективна теория на състоянието на “ръба” (edge state) в Z_k парафермионни квантови Хол-състояния посредством конструкция с афинно хомогенно пространство; калибровъчни теории на решетка; систематична формулировка и подробно изследване на допълнителните неизоспектрални симетрии на интегрируемите йерархии от солитонни уравнения и техните суперсиметрични обобщения и точни решения от солитонен тип за съответните (супер-)гау-функции.

В последните години активно се развиваха следните свързани с темата на проекта направления: аксиоматика на КПТ с глобална конформна инвариантност в по-високи размерности; анализиране на валидността на АдС/КПТ дуалността за по-сложни случаи, отколкото е супергравитационното приближение и връзката с интегрируеми двумерни системи; реализация на АдС/КПТ дуалността като сплитаща симетрия между АдС и КПТ описанията; класификация на всички унитарни неприводими представяния с положителна енергия на шестмерната суперконформна алгебра; пресмятане на мезоскопичните токове в Z_k парафермионни Хол-състояния с помощта на методите на КПТ; въвеждане и изучаване на нов клас от струнни и Дирихле-мембранни теории без *ad hoc* въведени размерни параметри, в които съответните струнни/мембранни повърхностни напрежения възникват като допълнителни динамични степени на свобода; въвеждане и изучаване на нов клас от (Вайл-конформно инвариантни) светоподобни мембрани и тяхната роля за теорията на черните дупки и космологията.

2. Актуалност на научната проблематика в България и Европа

Приложение 1

Съвременната струнна теория обединява всички фундаментални взаимодействия при свръхвисоки енергии от порядъка на мащаба на Планк. За първи път в историята на физиката струнната теория предоставя адекватна възможност за квантуване на гравитацията. В частност, посредством струнната теория се предлага систематично въвеждане и третиране на такива базисни космологични понятия, каквито са черните дупки, космическите тунели (wormholes), както и модели, в които нашата Вселена е „едно възможно копие“ от много паралелни вселени, потопени в пространство-време с по-висока размерност. Заедно с това струнната теория предлага обединителна схема за качествено и количествено описание на фундаменталните свойства и явления в света на елементарните частици, сред които са феноменологията на елементарните частици и удържането на кварките в квантовата хромодинамика. Струнната теория има огромна група на симетрия, което ѝ позволява по естествен начин да инкорпорира считащия се за експериментално потвърден стандартен модел на електромагнитните, слабите и силни ядрени взаимодействия. В последните години в рамките на струнната теория бяха предложени решения и на други важни проблеми: в космологията – еволюция на ранната Вселена, проблема за космологичната константа; в релативистичната ядрена физика – проблема за стълкновения между тежки йони; във физиката на кондензираните среди – ефект на Хол, нови нестандартни механизми за свръхпроводимост.

От друга страна, моделите на квантовата теория на полето, отдавна завършени в рамките на теория на пертурбациите, са дали едни от най-точните досега предсказания, потвърждаващи експерименталните резултати във физиката на високите енергии. Независимо от този успех, и до днес липсват непертурбативни модели на взаимодействащи квантови полета в четиримерно пространство-време и това се определя като една от централните задачи на математическата физика днес.

Предлаганият проект има за цел получаването на нови, по-дълбоки знания за поведението на материята на много малки разстояния и по въпроса каква е структурата на Вселената за времена, много близки до момента на Големия взрив. Неотдавна беше постигнат забележителен напредък в разбирането на еволюцията на Вселената и на взаимодействията на елементарните частици на много малки разстояния или, съответно, при свръхвисоки енергии. Съществуват два модела, описващи физиката на елементарните частици и на космологичните явления, стандартният модел на елементарните частици и стандартният *concordance* модел в космологията. Въпреки че предсказанията и на двата модела се съгласуват с голяма точност с експериментите, и в единия, и в другия случай съществуват сериозни проблеми, за които не можем да намерим решение. Това вероятно е сигнал за нова физика, чието описание излиза извън рамките на споменатите стандартни модели. Например, въпросът за йерархиите, както и за масите на различните видове неутрино, са ясни индикации за нова физика при масови мащаби от порядъка на 100 GeV, излизаща извън рамките на стандартния модел на елементарните частици. Аналогично, в стандартния космологичен модел съществуват големи загадки, каквито са проблемите за тъмната материя и тъмната енергия. Освен това, в стандартния космологичен модел, началото на вселената е Големият взрив, който представлява класическа сингулярност на пространство-времето. Такава точка е теоретически безсмислена. Този проблем би намерил решение, ако се формулира смислена квантова теория на гравитацията. Накрая, вероятно, квантовата гравитация има своето място в една теория, обединяваща на много малки разстояния (съответно, за много малки временни интервали) гравитацията и калибровъчните взаимодействия и позволяваща систематично квантуване. Очевидно, такава теория ще ни позволи да се надяваме да разберем квантовата природа на пространство-времето и осмислим физичните закони в и около момента на Големия взрив, както и квантовата природа на сингулярностите на черните дупки.

Изследването на топологичните квантови компютри, основащо се на двумерни КПТ, на модела на Изинг и на Z_N парафермионни модели, изглежда че представлява едно от

Приложение 1

най-важните приложения на фундаменталните понятия и методи на струнната теория, заедно с красивата математическа теория на квантовите групи и на статистиката на групата на плитките, към силно корелирани електронни системи в двумерно пространство. Очакваното експериментално потвърждение на съществуването на не-Абелева обменна статистика ще открие нови хоризонти за приложение на фундаменталните изследвания в развитието на квантовите компютри, нано-технологиите и теорията на квантовата информация.

Геометрията традиционно играе централна роля в математическия формализъм на фундаменталните теории на съвременната физика, особено в струнната теория. Взаимното влияние между геометрията и математическата физика получи силен стимул от откритието на явлението интегрируемост. Нека само да споменем няколко факта. Уравнението на Кортевег-де-Фриз (Korteweg-de Vries) работи не само в теорията на слабо дисперсионни нелинейни вълни, но и в теорията на двумерната квантова гравитация, както и в пространството на модулите на алгебричните криви. Матричните интеграли, въведени в статистиките на ядрените енергетични нива, се оказаха свързани с квантовата двумерна гравитация, КПТ, решенията на солитонните уравнения, пространството на модулите, теория на сингулярностите, инвариантите на Громов-Уитен. Случайните матрици и проблемите, свързани със случайни пермутации, включително някои видове стохастични процеси, също се оказаха свързани с проблемите за сортиране в комбинаториката, променливата статистика и с моделите на израстване.

3. Описание на звеното – бенефициент

Институтът за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) към БАН е създаден през 1972 г. Предмет на дейност на Института са фундаменталните и приложни изследвания в областта на физиката на елементарните частици, атомното ядро, атомите и молекулите, ядрената енергетика, радиоекологията и мониторинга на околната среда, ядреното приборостроене и редица други направления, свързани с приложенията на ядрената физика и нейните методи.

Основните научни постижения на ИЯИЯЕ са в следните направления:

- теория на елементарните частици, атомното ядро и квантовите явления, струнни, калибровъчни и други интегрируеми модели
- експерименталната физика на елементарните частици при високи енергии;
- физика на атомното ядро и ядрени реакции, позитронна анихилация и полупроводникови детектори;
- неутронна и реакторна физика и проблемите на оптимизация и безопасност на ядрените реактори;
- ядрената енергетика и връзката и с алтернативни енергийни източници;
- ядрени методи и техните приложения
- дозиметрия на смесени радиоактивни полета, радиоекология, мониторинг на околната среда, радиохимия.

Щатният персонал на ИЯИЯЕ е 350 души, от тях 170 учени (1 академик, 3 чл.-кореспонденти, 14 ст.н.с. I ст., 74 ст.н.с. II ст., 78 н.с.).

Годишната научна продукция е около 400 публикувани работи в реномирани научни списания и публикации в пълен текст в сборници на международни конференции.

ИЯИЯЕ притежава високо квалифициран научен потенциал, изградена инфраструктура, широко международно сътрудничество, дългогодишни традиции в обучаването на докторанти. Отлична предпоставка за бързото израстване на докторантите като

Приложение 1

перспективни научни работници е и актуалността и значимостта на задачите и проектите, разработвани в института.

Ежегодно ИЯИЯЕ организира и финансово подкрепя редица международни конференции, работни семинари и съвещания.

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 сред останалите институти на БАН.

4. Описание на работната програма по проекта

4а. Новост на научната проблематика, съществуващи предходни изследвания

Търсенето на обединение на всички сили в материята е по наше мнение изключително важно научно начинание с многобройни оригинални концепции, идеи и развития. Стандартният модел във физката на елементарните частици заедно с Айнщайновата обща теория на относителността са в много добро съгласие с мнозинството известни експериментални явления при ускорителите на частици и в космологията. Въпреки това обаче, големият брой априори неопределени параметри и недостатъчно обяснените схеми на систематизация на частиците и проявление на силите между тях подсказва необходимостта от ново единно описание, което също така трябва да включва и квантовата версия на общата теория на относителността.

Супергравитационните теории и тяхната квантова реализация в суперструнната теория са най-обещаващите кандидати за едно такова обобщение на стандартния модел. В частност, суперструнната теория води до раждането на много нови идеи и концепции за обединение и в продължение на много години тя утвърждава своята роля на богат извор на оригинални нови развития в теорията на елементарните частици.

От една страна струнната теория индуцира огромен обмен на идеи със съвременната математика в областите на диференциалната геометрия, алгебричната геометрия и топология; този обмен дори доведе до появата на нови области в самата математика, най-известната от които е идеята за огледални симетрии. Също така взаимовръзката между безкрайномерните симетрии в струнната теория и работите на математиците по безкрайномерни алгебри е друг поучителен пример за взаимодействието между физика и математика в нашата област.

От друга страна суперсиметричните полеви теории, суперструнната теория, Дирихле-мембраните и М-теорията се оказаха изключително ценни за новите развития във феноменологията на елементарните частици. Възможното съществуване на допълнителни пространствено-временни размерности, което би могло да се наблюдава при новите експерименти в ускорителите с насрещни снопове, изследването на полеви теории върху орбифолди в по-високи размерности и ролята на квантовите аномалии върху мембрани са отличен пример за плодотворно взаимно обогатяване между струнната теория и физиката на елементарните частици отвъд стандартния модел. Накрая, много нови развития в квантовата теория на полето (КТП) бяха вдъхновени от струнната теория, например, непертурбативаната дуалност в суперсиметричните полеви теории, некомутативните калибровъчни теории, топологичните теории на полето и най-вече непертурбативните изследвания в калибровъчните теории с помощта на дуални гравитационни модели.

Въпреки натрупването на много нови научни проникновения и разбирания в КТП, суперструните и М-теорията през последните години, които значително разшириха нашите познания за фундаменталната структура на Вселената, този обект на знанието като цяло все още не е завършен: той ще продължава да бъде жизнена област за научни изследвания за още дълъг период от време напред. Развитие на нови концепции и откритие на нови идеи ще бъде свършено необходимо за постигане на по-нататъшен прогрес. Сред най-важните чакащи решение проблеми е все още отсъстващата фундаментална формулировка на М-теорията – все още ние не познаваме елементарните

Приложение 1

базисни степени на свобода и огромната група на симетрия на М-теорията. Ключ към тези загадки може да се окаже по-дълбокото разбиране на супермембраните и безкрайномерните алгебри на симетрии свързани със полета с висши спинове.

Друг дълбок базисен проблем е въпросът за стабилността на вакуума и на огромната изроденост на основните струнни състояния. Точни предсказания за реално сравнение с експеримента могат да се направят само след като сме разбрали природата на истинските основни състояния в струнната теория, по какъв динамичен механизъм става тяхната селекция и какви са техните свойства на стабилност. В тази връзка също така ни е необходимо да знаем тяхната еволюция с времето, в частност, след големия взрив. Накрая бихме искали да узнаем защо (засега поне) наблюдаваме само 3 макроскопични измерения на пространството в космологията и експериментите в ускорителите. Бихме искали да знаем дали бъдещите ускорители ще са способни да открият нови допълнителни пространствено-временни измерения.

Обяснението на явно ненулевата космологична константа е истинско предизвикателство в струнната теория, още повече че проблемът дали холографският принцип се обобщава за пространства на де-Ситер е изключително интересен от гледна точка на броенето на степените на свобода за цялата Вселена. Ние бихме желали да разширим изследванията на квантовите свойства на черните дупки за по-реалистичните не-БПС решения от тип черни дупки – такива, каквито астрономите наблюдават в центровете на галактиките. Накрая, взаимовръзките между геометрията и изследването на калибровъчните теории чрез струнната теория трябва да се разгадаят по-дълбоко, така че да научим повече за непертурбативната физика на реалистичните калибровъчни теории на елементарните частици.

Идеята за взаимовръзка между калибровъчни полета и струни има дълга история. Съвременният възглед за това се основава на качествената картина на удържането на цветните товари в квантовата хромодинамика (КХД): Фарадеевите силови линии на цветното електрическо поле се свиват в тънка тръба поради силните взаимодействия и нетривиалната структура на вакуума в Янг-Милсовата теория. Неотдаващите развития подхвърлят на изпитание гореспомената картина и разкриват цял клас от калибровъчни теории, които са точно еквивалентни на теория на безкрайно тънки идеализирани струни. Струните се разпространяват в обемащото пространство с по-висока размерност, чиято граница е нашето 4-мерно пространство-време. Т.е., струните в известен смисъл се проектират холографски върху екран с по-ниска размерност.

АдС/КПТ съответствието е конкретна реализация за дуалност при големи N (брой на цветовете). По-нататъшно опростяване възниква когато константата на връзка на 'т Хоофт λ става голяма. Струнното напрежение е пропорционално на $\sqrt{\lambda}$, което означава че при големи λ струната има класическо поведение, тъй като квантовите флуктуации се подавят от голямото напрежение. Това е забележителен резултат: той показва, че силно свързаната суперсиметрична теория на Янг-Милс (СЯМ), която сама по себе си е сложна квантова теория, се описва еквивалентно чрез класически струни или, в границата на големи N , чрез класическа гравитация в анти-де-Ситерово пространство-време.

Нашето разбиране на АдС/КПТ дуалността за „изкривени” мембрани е много по-неразвито от това за мембрани с конусни сингулярности. Урокът от изследванията на последния тип мембрани е, че е необходимо да се познава съответната Калаби-Яу геометрия, за да се третира адекватно теоретико-полевата динамика, в частност, правилно да се асоциира специална холономна метрика с АдС метриката.

Важността на тези проблеми се корени в тяхната взаимовръзка с други важни явления. Поради дуалната си природа АдС/КПТ съответствието може да се използва за вникване в природата на квантовата гравитация, а също така – непертурбативното поведение на калибровъчните полета. Идеята, че режимът на силна връзка във всяка калибровъчна теория при големи N е холографски дуален на класическа гравитация, е особено привлекателна по много причина, обаче може да не е точна. При все това предложени са

Приложение 1

голям брой полуфеноменологични модели за описание на режима на силна връзка в КХД с помощта на холографията.

Друго развитие, при което дуалността между калибровъчни полета и струни се оказва решаващ инструмент, е холографското описание на високоенергетични процеси на разсейване и прецизното пресмятане на съответните амплитуди. Оказва се възможно да се пресмятат Янг-Милсови амплитуди на разсейване в режим на силна връзка чрез използване на класическа струнна теория, и така да се хвърли мост към пресмятанията във високите поряждци по теория на пертурбациите в КХД. Тези пресмятания разкриват неочаквани структури и симетрии, които се очаква да се запазят на непертурбативно ниво. Много съществено е да се изследват в детайли появяващите се интегрируеми структури и да се разберат по-дълбоко техните свойства не само в $AdS_5 \times S^5$ геометрията, но и в по-широк клас от фонове конфигурации потенциално свързани с КХД.

Построяването на непертурбативни модели на квантовата теория на полето е задача с над половин вековна давност, която е станала един от централните проблеми на съвременната математическа физика. В тази връзка подходът на вертексни алгебри в многомерната квантова теория на полето се явява един нов и обещаващ подход. От голям интерес е намиране на евентуална връзка между глобално конформно инвариантни квантови полета и определени наблюдаеми полета в калибровачните теории. Също така важен въпрос е и изграждането и на теория на суперсиметрични вертексни алгебри в многомерие, каквито вече съществуват в двумерната конформна теория на полето.

Някои от общите математически теми лежащи в основата и обединяващи основните задачи на предлагания проект са както следва. Изучаването на Римановата геометрия с комплексен език често води до силни и интересни резултати с голямо въздействие както за самата Риманова геометрия, така и за алгебричната геометрия. Така например метриките на Келер-Айнщайн и минималните подмногообразия на Келерови многообразия са два обекта, където взаимовръзката между реалните методи от частните диференциални уравнения и комплексната геометрия дават дълбоки резултати.

Симплектичната геометрия е част от геометрията където „почти-комплексните“ методи вече играят съществена роля, и тази област е интегрална част от проекта. Още повече, идеи свързани с „импулсното изображение“ играят значителна роля в други части от изследователската програма на проекта, например при построяване на екстремални Келерови метрики, кватернионно-Келерови и хипер-Келерови метрики. Освен това безкрайномерните аналози на съответствието между симплектични и стабилни фактор-пространства осигуряват добра концептуална рамка за разбиране на много проблеми в калибровъчните теории и комплексната диференциална геометрия. Така стремежът към пълноценно експлоатиране на тази концептуална рамка обединява цяла група от задачи по проекта.

Туисторните методи задават съответствие между холоморфната геометрия и конформната геометрия при ниски размерности, а също така позволяват използването на комплексни методи при изследването на кватернионната геометрия, калибровъчните теории и интегрируемите системи – всички последни са обекти на изследване включени в проекта.

Независимо от факта, че гореописаната част от проекта е в областта на чистата математика, тя на практика е тясно свързана с, и вдъхновена от, развитията в суперсиметричната квантова теория на полето и суперструнната теория лежащи в основата на целия проект. Входящата информация от физиката приема формата както на хипотези (особено теориите на Доналдсон-Янг-Милс и Зайберг-Уитен), така и на нови геометрични структури (многообразия на Фробениус, специална Келерова геометрия), които често са от особен интерес в комплексната диференциална геометрия. Обратно, математическите развития в тези области имат силна обратна връзка към физиката. Този факт е добре известен за калибровъчните теории, но също така важи и за кватернионната

Приложение 1

геометрия и екзотичната холономия, които от своя страна са от особен интерес в струнната теория чрез т.н. Дирихле-мембрани.

46. Научни задачи и тяхното отношение към решаване на значим научен проблем

Независимо, че стандартният модел на елементарните частици като конкретна квантова теория на полето е разбран много добре, нашето разбиране на струнната теория, динамиката на мембраните и супергравитацията е все още твърде непълно въпреки големия напредък през последните години. В настоящия проект ние възнамеряваме да атакуваме някои от най-важните нерешени въпроси в струнната теория като се надяваме да се добием до значителен прогрес чрез комбиниране и фокусиране на различните видове експертизи и научно-изследователски интереси сред членовете на колектива по проекта. В частност ние ще се съсредоточим върху проблема как да свържем адекватно математическите и геометричните свойства на струните с физиката на елементарните частици и астрофизиката. Новите експерименти на големия адронен ускорител с насрещни снопове LHC в ЦЕРН, който се очаква да донесе в близките години много вълнуващи експериментални открития като възможното наблюдение на суперсиметрия или нови неизвестни досега елементарни частици, вероятно ще функционират като пътеводители за откритие на някои основни геометрични и топологически свойства на струните. По такъв начин новите експерименти ще играят ролята на ценен компас в огромния „ландшафт“ от суперструнни основни състояния (вакууми). Академичната сила и експертиза на колектива по настоящия проект се гради на стремежа и уменията да свърже математическите структури и обекти в суперструнната теория с реално наблюдаваните явления в света на елементарните частици.

Нашата изследователска програма съдържа широк обсег от тясно свързани помежду си изследователски проблеми със следното тематично подразделение:

(а) Калибровъчно-гравитационна дуалност и интегрируеми структури в струнната теория.

Една от главните цели на проекта е задълбочи разбирането на взаимовръзките между калибровъчни полета и ефективните струнни теории в контекста на обобщени геометрични структури, плетеницата от дуалности и съществуващите феноменологични данни. Така наречената Т-дуалност ни води към „царството“ на негеометричните фонове Пространства, където все още липсва самосъгласувано изчерпателно описание. Нашата цел в контекста на Т-дуалността е свързана с търсенето на подходящо описание на гореспоменатите фонове използвайки техниката на „удвоената геометрия“. Тази глобална картина, изключително полезна сама по себе си, намира редица други приложения, в това число – АдС/КПТ дуалността. „Двойно-геометричният“ формализъм в комбинация със суперструната на Берковиц върху $AdS_5 \times S^5$ може да хвърли нова светлина върху АдС/КПТ дуалността. Основните задачи по тази част от проекта са:

- Изследване на скрити интегрируеми структури и решения на уравненията на суперсиметричния анзац на Бете за различни сигма-модели релевантни в контекста на АдС/КПТ съответствието. Един съществен проблем тук е взаимовръзката между дискретните спиновы верижки и непрекъснатите сигма-модели. Според АдС/КПТ съответствието спектърът на двумерния сигма-модел с пространство на стойности – суперсиметричен $AdS_5 \times S^5$, е същият както спектърът на мащабните размерности на локалните калибровъчно инвариантни оператори в $N=4$ суперсиметрична калибровъчна теория на Янг-Милс (СЯМ). Последният може да се намери чрез диагонализация на нелокални хамилтониани на суперсиметрични интегрируеми спиновы верижки. Като допълнително математическо средство планираме да използваме взаимнообвързаността между 3 типа представяния на суперконформната алгебра: представяния с положителна енергия, холоморфни дискретни серии и крайномерни неприводими представяния. Друг значителен проблем е изследването на ефекти на краен обем в сигма-моделите върху

Приложение 1

AdS5 × S5 и на спиновата верижка описваща спектъра на планарната N = 4 СЯМ. Пресмятания на ефектите на краен обем по теория на пертурбациите е първата логическа стъпка към пълното квантуване на струна върху AdS5 × S5 с периодични гранични условия. Тези пресмятания са направени както в режим на силна връзка в сигма-модела, така и слаба връзка в СЯМ. Откритите неотдавна много интересни връзки с термодинамичния анзац на Бете определено заслужават по-нататъшно изследване в настоящия проект.

- Изследване на струнно-калибровъчна дуалност за калибровъчни теории с по-малка суперсиметрия. Съществуващото асимптотично решение за АдС/КПТ съответствието позволява да се пресмята непертурбативният спектър на състоянията с големи квантови числа, в типичния случай – с експоненциална точност. Интересен факт е, че някои от тези състояния са свързани с други интегрируеми модели като например O(6) сигма-модела. Важно е тази взаимовръзка да се изследва по-подробно, за да се разберат детайлите на действието на АдС/КПТ съответствието и, възможно, да се установи контакт с по-обща калибровъчно-струнна дуалност в други фонове пространства.

- Приложения на идеите и методите на холографската дуалност към високо-енергетичното разсейване в калибровъчните теории, към кварк-глюонната плазма, и евентуално – към проблема за динамичното нарушение на симетриите, вкл. нарушението на суперсиметрията.

- Гравитационни теории дуални към СЯМ калибровъчни теории: планираме да изследваме тези фонове (и техните T-дуални) във формализма на чистите спинори на Берковиц чрез използване на „удвоена геометрия”, изследване на туистове и дуалности пораждащи фонове дуални на некомутативни и нелокални калибровъчни теории.

(б) Глобално конформно инвариантни модели на полета на Ли. Тази част от проекта цели да построи и изучи модели на локални и билокални полета на Ли. Съществува отдавнашен резултат забраняващ съществуването на “неабелеви” скаларни локални полета на Ли в пространство време с над 2 измерения. От друга страна такъв резултат отсъства за тензорни полета, за които до днес не са известни нетривиални примери. За билокални Ли полета съществуват прости модели базирани на Викови произведения на свободни полета. Във връзка с последните възниква опеределена дуалност между полеви Ли алгебри и калибровъчни групи. Задачата е да се класифицират възможните дуални двойки както за бозония, така и за фермионния случай. Проблемът за построяване на тензорни локални полета на Ли, като споменахме, е дългогодишен. Един подход към неговото решаване е разработваният понастоящем подход на реконструкции на вертексни алгебри в многомерно пространство от едномерно такова (кирални вертексни алгебри). В тази връзка една от най-важните задачи е да се построят модели на W-алгебри, с разширена локална конформна симетрия, които да допускат реконструкция в многомерно пространство..

(в) Аксиоматика и модели на суперсиметрични вертексни алгебри. Предлагаме изучаване на съчетаването на суперсиметрията с аксиоматичният подход в глобално конформно инвариантната квантова теория на полето.

(г) Светоподобни мембрани във физиката на черните дупки, елементарните частици и космологията.

Тази част от проекта е посветена на систематичното и детайлно изучаване на (конформно-инвариантни) светоподобни p-мерни мембрани предложени за пръв път в литературата от членове на колектива. По-специално, планира се изследването на тяхната роля за "спояване" на различни пространствени области с различни геометрии от тип черни дупки по общ хоризонт на събитията, а също така потенциалните им приложения към съвременните космологични сценарии от тип "мембранни вселени". В частност, ще изследваме

Приложение 1

светоподобни мембранни вселени при които големите допълнителни размерности могат да бъдат практически ненаблюдаеми (поради нулева мода на индуцираната метрика върхи мировия обем на мембранната вселена) при условие, че нашата Вселена се разглежда като светоподобна мембрана движеща се в $D > 4$ мерно обемащо пространство-време. Последното точно съответства на сценария, който естествено се получава от самосъгласуваното единно лагранжево описание на светоподните мембрани предложено в предишни работи по същия проблем. По-нататък планираме да изследваме подробно открития неотдавна от нас ефект на „масова инфлация“ породен от динамичното променливо повърхностно напрежение на светоподобните мембрани, които автоматически се разполагат върху хоризонти на събитията, в частност – хоризонти на черни дупки.

(д) “Черни дупки в многомерната обща теория на относителността”

Решенията от тип черни дупки (черни пръстени, черни „Сатурни“, концентрични и ортогонални диполни пръстени) в многомерни изкривени пространства демонстрират редица много интересни свойства, чиито аналози в 4-мерно ($D=4$) пространство-време отсъстват. При $D>4$ черните обекти вече не се определят еднозначно от запазващите се асимптотични товари и техните хоризонти притежават значително по-богата топологична структура. Вече са посветени многобройни изследвания на черни дупки в 5-мерно пространство, където много интересни и важни от теоретична гледна точка точни решения са намерени и анализирани. Натрупването на точни решения естествено повдига въпроса за класификация на решенията с черни обекти, което ще бъде една от основните линии на изследване в настоящия проект. Целта е да се идентифицират интегрируеми сектори в многомерните Айнщайн-Максуел и Айнщайн-Максуел-дилатонната гравитации и след това да се приложи солитонната техника за генериране на решения, подобна на използваната в контекста на двумерните интегрируеми модели, и за анализ на новите решения от тип черни дупки (черни пръстени).

(е) “Двумерни модели на некритични струни”. Лиувилевата гравитация в двумерно пространство-време е точно решаем конформен модел, който илюстрира много от свойствата на по-сложните отворени и затворени струнни модели. Интересът към този модел беше подновен от неотдавнашното развитие на некомпактната теория на Вирасоро с централен товар $c>25$. Моделът се изучава както с подхода на непрекъснатата конформна теория на полето, така и с методите на дискретните матрични модели. Досега получените резултати се отнасят основно към величините в пълното двумерно пространство-време. Една от целите на настоящия проект е обобщението на Лиувилевата гравитация с материя за многообразието с граници (отворена струна). Друго важно направление е разширението извън конформната теория с гранични деформационни членове в лагранжиана и изучаването на съответните потоци на ренорм-групата

(ж) “Двумерни интегрируеми модели – приложения на квантово-груповата и конформната инвариантност”. Тази част от проекта покрива изследвания на обобщени (“квантово-групови”) вътрешни симетрии и правила на суперотбор в квантово-полевни модели при ниски ($D < 3$) размерности на пространство-времето. Използвайки глобална конформна инвариантност и свързаната с нея рационалност, някои от методите по-горе позволяват обобщение за по-високи размерности на пространство-времето. Ще се изучават съответствията между рационални конформни теории, техни логаритмични разширения, подходящи Хопфови структури (напр. крайномерни факторизуеми Хопфови алгебри).

(з) “Конформни (супер-)алгебри в различни измерения”

Тази част от проекта се основава на подход традиционен за много от старшите членове

Приложение 1

на колектива и има преки важни приложения в струнната теория. Досега сме класифицирали унитарните неприводими представяния на конформната суперсиметрия в $D = 6$ измерения; аналогичен резултат съществува за супералгебрите $osp(1|2n, R)$, които са важни за обемащи пространства с размерности $D = 9, 10, 11$ (for $n = 16, 32$). Намерени са и формулите за характеристиките на $D = 4$ конформната суперсиметрия и са построени всички инвариантни диференциални оператори и формули на характеристиките за $D = 3$ конформна симетрия. В настоящия проект планираме конструкция на сплитачни оператори „обемащо пространство към граница” и „граница към обемащо пространство” за пространство на Минковски в рамките на АдС/КПТ съответствието.

(и) "Квантови групи и техните представяния"

Тази част от проекта също така се базира на традиционна тематика в нашия колектив. Досега сме разглеждали нестандартни и екзотични квантови групи, които са релевантни в контекста на интегрируемите аспекти на струнната теория. Друга насока е свързана с q -деформациите на конформните алгебри в различни размерности, наречени също АдС квантови групи $SO_q(D, 2)$. В частност, изследвани са q -деформираните уравнения с квантова конформна симетрия и са построени q -плосковълновите им решения. В настоящия проект планираме да изследваме обобщени квантово-групови симетрии, конформни описания на дробни Холови течности, модулари категории и правила на сливане.

(к) "Топологични квантови компютри реализирани чрез неабелеви аниони"

Една от най-забележителните особености на силно корелираните двумерни електронни системи е възможността за съществуването на локализирани колективни възбудени състояния (квазичастици) които не са нито фермиони нито бозони. Обменна статистика на тези така наречени аниони, които могат да съществуват само в ефективно двумерни системи, например върху изолатор-полупроводников интерфейс както при квантовия ефект на Хол, поражда представяне на брейд-групата (група на плитките) вместо на групата на пермутациите върху квантовите състояния съдържащи аниони. Унитарните преобразувания съответстващи на елементарните размествания на такива тъждествени квазичастици, по-специално на така наречените неабелеви аниони, са не просто фази (както при абелевите аниони) а могат да бъдат нетривиални матрици, които по принцип могат да апроксимират всяка унитарна трансформация и затова могат да бъдат използвани за реализацията на универсални квантови гейтове и евентуално за построяването на квантови компютри. Огромното предимство на този подход към квантовите компютри се дължи на топологичната природа на брейд-операциите, благодарение на която споменатите квантови операции се оказват топологически защитени срещу квантови шумове и некохерентност. Последните са най-сериозните пречки за физическата реализация на квантовите компютри и използването на тяхната безпрецедентна изчислителна мощ, което би довело до революционен напредък във почти всички сфери на човешка дейност. Топологичната защита при съхранението и обработката на квантова информация предоставя уникална възможност за подобряване на прецизността на хардуера на квантовите компютри вместо грешките, породени от неизбежното взаимодействие на квантовите битове (кубитове) със заобикалящата ги среда, да бъдат коригирани софтуерно чрез сложни алгоритми изискващи сериозни допълнителни изчислителни ресурси.

(л) "Приложения на нестандартни квантови статистики към силно корелирани системи". Целта на тази част от проекта е да се изследват свойствата на системи от „hardcore” бозони и фермиони с помощта на откритата преди време от един от членовете на колектива нов тип квантова А-статистика с оглед на релевантността им като добри кандидати за описание на високотемпературна свръхпроводимост.

Приложение 1

(I) “Геометрични и интегрируеми структури свързани със струнната теория”.

Основен обект от нашите изследвания ще бъде кватернионни и кватернионно-контактни многообразия и техните аналози. Различните понятия на кватернионни многообразия възникват по естествен начин в контекста на суперсиметричните нелинейни сигма-моделите. На квантовата теория на полето и в теорията на струните.

Важна идея е кватернионно контактната структура въведена от Бикард, която се появява като естествено разслоение в безкрайността на хиперболичното пространство. Специален феномен тук е, отбелязаното от Бикард, е че контактната 3-форма се определя от кватернионната структура, както и от метриката на хоризонталното разслоение по единствен начин. От решаващо значение е съществуването на линейна свързаност, която запазва кватернионно контактната структура и нейните Ричи тензор и скаларна кривина.

Римановите и CR-Ямабе проблеми са плодотворен обект в геометрията и анализа. Главни стъпки при получаване на техните решенията са разбирането на конформно плоските случаи. Модели за такива случаи се дават от съответните сфери, или еквивалентно, чрез Хайзенберговите групи с центрове, чиито размерности са 0 и 1. Еквивалентността се получава чрез трансформация на Кейли, която в Римановия случай е обикновената стереографска проекция.

4в. Описание и аргументация за използвания иновативен научен подход

Всички тематични подразделения в проекта са взаимно преплетени по доста нетривиален начин, така че членове на колектива работещи по определен проблем ще се нуждаят постоянно от квалифицираната помощ на други членове на колектива. Това ще доведе до много позитивен и динамичен обмен на идеи. По такъв начин нашият проект става особено оригинален в научно и научно-организационно отношение, тъй като той съвмещава по уникален начин взаимнодопълващи се видове експертиза на няколко водещи в страната групи от учени в различни области на теоретичната и математическата физика и математиката, по-специално, суперструни, суперсиметрични квантовополевни теории, обща теория на относителността и космологията, интегрируеми системи, конформна теория на полето, представяния на безкрайномерни алгебри, диференциална и алгебрична геометрия. Съставът на колектива е такъв, че входяща информация (резултати) от математическата физика могат да използвани за да се установи контакт с очаквани експериментални резултати, например от LHC в ЦЕРН.

Вследствие на тези обстоятелства ние считаме, че нашият колектив по проекта е научен екип с висока степен на интердисциплинарност, особено що се касае до тясната връзка между съвременна математика и теоретична физика на елементарните частици.

Струнната теория и квантовата теория на полето са арена, на която се срещат методи от почти всички области на съвременната математика: от функционален анализ, диференциална геометрия и топология, алгебрична геометрия, теория на представянията, вкл. представяния на безкрайномерни алгебри на Ли, до абстрактна алгебра и теория на числата. Това създава обратна връзка към самите математически области, която е силно стимулираща и за самите тях.

Покрай чисто математическите методи изброени по-горе, ние ще използваме в настоящия проект редица най-сложни и съвременни методи на теоретичната и математическата физика като: методи от геометрията на суперпространства и суперсиметричната квантова теория на полето; техниката на функционалните интегрални; методи присъщи на теорията на непрекъснатите интегрируеми системи – Лаксови представяния на интегрируеми солитонно-подобни нелинейни уравнения, солитонна генерираща решения техника; методи от дискретните интегрируеми системи на решетка; обобщение на формализма на Поляков за действия върху мировия обем на p -мерни

Приложение 1

мембрани, първоначално въведен в предишни работи на членовете на колектива, който се основава на допълнителни тензорни калибровъчни полета от ранг $(p-1)$ върху мировия обем и на алтернативна не-Риманова форма на обем (интеграционна мяра); методи от теория на представянията на квадратични и Хопфови алгебри, съответстващи на киралните вертексни алгебри в съответните конформнополеви теории. Също така съществено ще се използват методи от теорията на нестандартните квантови статистики.

Що се касае до методологията в топологичните квантови пресмятания с неабелеви аниони, един от най-обещаващите прототипи на топологически защитен квантов компютър може да бъде реализирани на базата на Пфафовото квантово Холово състояние с фактор на запълване $5/2$, за подробното описание на което (чрез двумерна конформна теория на полето) има принос и колективът на ИЯИЯЕ. Измежду най-важните получени резултати могат да бъдат споменати построяването на конкретните представяния на брейд-групата за състоянията съдържащи $2n + 2$ Изингови аниони, чрез които могат да се реализират n кубита, изследването на възможните квантови гейтове и анализа на изчислителната мощ на Изинговия квантов компютър. Друг много обещаващ модел на топологичен квантов компютър, известен като топологичен компютър построен чрез аниони на Фибоначи, може да бъде реализиран на базата на неабелевите аниони, които се предполага че съществуват в Холовото състояние с фактор на запълване $12/5$, което може да бъде описано чрез ефективна двумерна конформна квантова теория на полето с парафермионна симетрия. Този подход също е добре изследван от колектива на ИЯИЯЕ и има съществени изчислителни предимства пред Изинговия топологичен квантов компютър.

В контекста на изследванията на интегрируемите структури и тяхната връзка със струнната теория ще се използват методи от теорията на представянията със старше тегло в пространства на Фок за описание на фазовите пространства на системи от частици управлявани от тригонометричен хамилтониан на Калоджеро-Мозер. Уравненията на Пенлеве ще се изучават със средствата на диференциалната теория на Галоа. Ще бъдат използвани методи аналогични на тези на Лий и Паркър, Лий и Йерисон за решаването на проблема на Ямабе.

4г. Очакван ефект и резултати

Настоящият проект е центриран около струнната теория като самосъгласувана теория на квантовата гравитация. Главното ударение пада върху суперструните и супергравитацията в контекста на физиката на елементарните частици и космологията. Следователно, очакваните резултати на проекта ще допринесат за изясняване и търсене на адекватни решения за някои от най-кардиналните въпроси за структурата, произхода и бъдещето на нашата Вселена.

В рамките на широкопрофилната ни изследователска програма по калибровъчно-гравитационните дуалности и интегрируемостта в струнната теория очакваме резултати, които да допринесат за потвърждаване (доказване) на хипотезата на Малдасена за анти-де-Ситер/конформно-полевата дуалност. А нека не забравяме, че АдС/КПТ съответствието е фундаментален крайъгълен камък на съвременната непертурбативна струнна теория. Значението на доказателството на АдС/КПТ дуалността трудно може да бъде надценено. То би било от огромна важност, тъй като ще доведе до революционен пробив в разбирането как струнната теория в нейното качество на фундаментална теория на всички сили в Природата избира основните си състояния (вакуумите), какви са симетриите на последните и какви са механизмите за последващите динамични нарушения на тези симетрии и съответно механизмите за пораждаване на спектрите на частиците; и как всичко това в края на краищата ще обясни наблюдавания днес свят на елементарните частици и техните фундаментални взаимодействия при достъпните за съвременните технологии енергии на стълкновение в съвременните ускорители.

Приложение 1

Построяването на модели на квантова теория на полето излизащи от класа на моделите на свободните полета е дългоочакван резултат в квантовата теория на полето в четиримерно пространство време и всяка стъпка в това направление определено ще предизвика голям отзвук в научната общност в математическата физика. Очакваме класификация на билокалните полета на Ли, както и намиране на нетривиални модели на локални полета на Ли.

Разглеждането на нашите нови космологични сценарии, при които „нашата” Вселена е светоподобна мембрана от гледна точка на обемащото многомерно пространство-време вместо обичайна (масивна) мембрана от тип Намбу-Гото, се очаква да хвърли нова светлина върху вътрешно присъщата динамика на мембранния свят в допълнителните размерности (последното и досега не се отчита систематично в стандартните сценарии на мембранните вселени). В частност очакваме да постигнем с помощта на сценария със светоподобна мембранна вселена едно естествено обяснение на практическата ненаблюдаемост на допълнителните пространствени размерности от гледна точка на стандартни наблюдатели ограничени върху „нашата” Вселена.

Благодарение на разполагането върху хоризонтите на събития на светоподобни мембрани с корамерност 1, както е показано в нашия проект, ние можем да получим геометрия от тип черна дупка без сингулярности. Друг физически интересен ефект, който можем да постигнем чрез нашите светоподобни мембрани (в зависимост от специфичните геометрии във вътрешната и външна области на пространство-времето по отношение на хоризонта) е пораждање на ефективна потенциална яма около хоризонта улавяща падащата към него материя.

Теорията на двумерни некритични струни с нетривиална материя ще бъде обобщена за многообразия с граница. Ще се изследва до задълбочено разбиране ефектът на пертурбиращи гранични членове върху уравненията за тахионните корелатори и техните решения.

По тематиката на квантово-груповите симетрии на двумерните интегрируеми модели очакваме на намерим явно и да изследваме свойствата на (по презумпция, крайномерни) алгебрични обекти обуславящи правилата на сливане в нискоразмерни квантовополевни модели (аналози на калибровъчните групи при $D \geq 4$).

Очакваните резултати при изследването на топологичните квантови компютри построени на базата модела на Изинг и на парафермионите представляват едно от най-съществените приложения на квантовата теория на полето, на математична теория на квантовите групи и брейд статистиката в конкретни физични модели на силно корелирани електронни системи в ефективно двумерно пространство. Интересът към тези топологични квантови компютри беше засилен напоследък особено след проведените експерименти във водещи световни лаборатории като Bell Labs, Microsoft Station Q, AT&T и др., потвърдиха съществуването на топологически подреденото Холово състояние с фактор на запълване $5/2$ (както и на това с $12/5$) и дробния заряд ($1/4$ от заряда на електрона) на елементарни квазичастици при $5/2$. Въпросното състояние се оказва най-стабилното Холово състояние във второто ниво на Ландау и почти единственото, което може да бъде реализирано рутинно в полупроводникови проби с ултра-висока подвижност при много ниски температури. Очакваното експериментално потвърждение на неабелевата обменна статистика на това състояние би открило нови хоризонти за приложение квантовите групи, квантовата теория на полето, както и за развитие на квантовите компютри, нано-технологиите и квантовата теория на информацията изобщо.

„Hardcore” квантови частици (бозони и фермиони), които ще бъдат изследвани в настоящия проект в рамките на нов оригинален математически подход – този на нестандартните квантови статистики, предлагат нови интересни алтернативи за адекватно описание на високотемпературната свръхпроводимост.

Приложение 1

Предвиждаме следните основни резултати по тематиката за геометрични и интегрируеми структури свързани със струнната теория. Ще бъде изучена конформната геометрия на кватернионно контактните многообразия посредством свързаността на Бикард. Ще се търсят частни решения на кватернионно контактния проблем на Ямабе върху кватернионната сфера. Ще се търсят необходими и достатъчни условия за анулирането на торзията на свързаността на Бикард. Ще се изследват конформните деформации изпращащи стандартната плоска безторзионна контактна структура върху кватернионната Хайзенбергова група в контактна структура с нулева безследна част на хоризонталния Ричи тензор на свързаността на Бикард.

Ще бъде въведена фи-парахоломорфната секционна кривина върху парасасакиевите многообразия и ще бъде изследвана геометрия на парасасакиевите многообразия с постоянна фи-парахоломорфната секционна кривина (парасасакиеви пространствени форми). Ще бъде направена класификация на парасасакиеви пространствени форми и тяхната промяна под действието на D-хомотетичните трансформации. Ще се даде отговор на въпроса дали съществуват плоски (относно свързаността на Леви-Чевита) параконтактни многообразия. Ще бъде доказано, че контактния (параконтактния) тензор на Бохнер в случая на CR-многообразия (пара CR-многообразия) и в случая на саасакиеви (парасасакиеви) многообразия съвпада с тензора на Черн-Мозер (получения от Иванов, Василев и Замковой аналог на тензора на Черн-Мозер в параконтактния случай).

4д. Създаване на благоприятна среда за млади учени

Квантовата теория на полето, супергравитацията и супрструнната теория, геометрията на интегрируемите системи претърпяха разнообразно и значително развитие през последните години. Важна цел на настоящия проект е да осигури отлични условия за обучение и стимулираща атмосфера на активна научна работа. В сравнение с локализираното в единствен университет обучение, нашият мултиинституционален проект ще предложи:

- 1) добре обмислена научна програма, предоставяща по-широки и по-многогранни възможности, отколкото всеки един от отделните университети. Това е много важно в една област, която се променя бързо и непрестанно.
- 2) Курсове за обучение, специални семинари, съобразени с нуждите на младите участници и/или възможности за присъствие на други полезни за младите учени събития (напр., международни школи), даващи им възможност да общуват със свои колеги и да обменят научни идеи със свои колеги и да популяризират своите работи и да разширят научния си кръгзор.
- 3) В рамките на проекта ще бъде окуражавано сътрудничеството между младите участници в проекта и сътрудници от други проекти и научни институции. В една бързо изменяща се, глобална по своя характер дейност, каквато съвременната наука, такъв обмен е решаващ за успешната научна кариера на младите хора.
- 4) Мултиинституционалното партньорство в проекта предоставя възможност младите учени да придобият допълнителни умения и по-бързо да израстнат в своята научна кариера.

4е. Потенциал за бъдещо развитие на научната група, изпълняваща проекта

Нашият мултиинституционален проект съдържа подколлективи, които вече са развили помежду си отлични колегиални и професионални отношения. Това ще допринесе за успешните отношения между членовете на целия колектив. Без съмнение, проектът ще предостави възможност за разширяване на добрите колегиални отношения, увеличаване на младите участници и разпространяване на плодотворното сътрудничество върху дълъг период от време напред.

Приложение 1

4ж. Потенциал за трансфер на знания и приложимост на резултатите

Като основен канал на трансфер на знания научно изследователският колектив ще предостави 12-месечни или 24-месечни програми на обучение за млади учени (докторанти или пост-докторанти) както за членове на колектива, така и за други млади учени. Тези от тях, които желаят, ще могат да посещават и редовните семинари, организирани всяка седмица в ИИИЯЕ. Един от тези семинари е посветен на най-новите резултати в квантовата теория на полето (включително и в струнната теория), друг е посветен на Лисиметрии и приложенията им във физиката. Освен това, членове на колектива редовно изнасят лекции за напреднали (студенти и докторанти), посветени на сравнително нови развития, като конформни симетрии, квантови групи и др.

Друг важен канал за трансфер на знания са международните научни събития. Нашият колектив има богат опит в организирането на многобройни международни конференции, работни семинари и школи по квантова теория на полето, математическа физика, включително, по квантови групи, супергравитация и суперструни, интегрируеми системи (предстояща е годишната конференция за 2008 г. на *FP6 European Research Training Network "Forces-Universe"* във Варна). Освен това ще организираме **8-я и 9-я Работен семинар** на тема „*Ли-симетрии и приложения във физиката*” (съответно през лятото на 2009 и 2011).

Нека се опитаме да изясним важността, значението и приложимостта на очакваните резултати в нашата бъдеща работа по предлаганата тема, както и тяхното очаквано влияние върху аналогични и близки развития. Въпреки че планираните изследвания са теоретични, ние очакваме те да окажат въздействие и в практическата област. Немалко „чисто теоретични” резултати придвижват напред не само нашето познание, но водят до създаване на нови експериментални установки, които от своя страна могат да доведат до развитието на нови технологии и важни приложения в области, далечни и дори, несвързани, с физиката на елементарните частици (например, електронни изображения в медицината, приложения в информационните технологии като GRID, нови типове електроника. и др.). Често тези развития са непредвидени и непланирани отнапред, обаче имат революционно въздействие върху човечеството – нека само споменем **World Wide Web**, който стартира като поддържащ проект за физиката на елементарните частици в ЦЕРН а след това промени напълно лицето на човешката цивилизация (днешният Интернет!).

5. План за устойчивост на дейностите и след приключване на проекта

Настоящият проект има амбицията да даде съществен принос към развитието на съвременната теория на струните, която, както пояснихме, обединява фундаменталните сили в Природата по елегантен и красив начин, основавайки се на знание от много области на математиката и физиката и вдъхновяваща развитието на нови направления в тези науки, привличащи творческия интерес на много учени от тези науки. Поради това сме убедени, че ентузиазмът на настоящия изследователски колектив ще продължи дълго след срока на завършване на този проект. Нека приведем аргументи в полза на това твърдение.

Овладеяването на нови по-могъщи енергийни източници (с оглед на неизбежното им изчерване на Земята) и възможността за междупланетни транспорт и комуникация в дълбокия космос (единствена алтернатива на кошмарната перспектива за колапс на човешката цивилизация поради изтощение на ресурсите на родната ни планета) са абсолютно немислими без дълбокото познаване на структурата и фундаменталните сили на материята както при много малки разстояния (от порядъка на 10^{-33} см), така и при колосални галактически мащаби.

Приложение 1

А тъкмо това са кардиналните задачи на съвременната *теория на елементарните частици при (свръх)-високи енергии* за десетилетия напред в бъдещето, където естествено се вписват усилията и стремежите на настоящия проект. Основните усилия на всички учени в тази област, работещи в условията на интензивно и тясно сътрудничество в рамките на големи международни колаборации и научни мрежи, обединяващи десетки академични институции от всички краища на света, вкл. колектива от настоящия проект, са насочени към следните приоритетни направления:

(1) Дълбоко и детайлно разбиране на механизмите на „свръхвеликото“ обединение на всички фундаментални взаимодействия в Природата (силни и слаби ядрени, електромагнитни и гравитационни) в рамките на струнната теория, в частност:

(а) квантова гравитация и природа на вакуума;

(б) квантова природа на сингулярностите на пространство-времето във физиката на черните дупки, космически тунели (“wormholes”), глобална топология на Вселената;

(в) наличие и природа на допълнителни измерения на пространство-времето;

(г) съвременни нови космологични сценарии от тип „мембранни вселени“.

(2) Свързаната със струнната теория качествено нова физика отвъд енергиите и мащабите на стандартния модел на елементарните частици и “concordance” модела на стандартната космология, в частност:

(а) проблем за йерархията на енергетичните мащаби;

(б) масивни неутрина;

(в) квантова хромодинамика - “confinement” на кварките, кварк-глюонна плазма;

(г) проблем за „тъмната“ материя и „тъмната“ енергия в съвременната космология.

(3) Приложения на струнната теория във ядрената физика и физиката на кондензираната материя – описание с помощта на знаменитите струнни дуалности на сътолковения на релативистични тежки йони, ефекта на Хол, нови нестандартни механизми на свръхпроводимост.

Без съмнение, гореприведените стратегически идеи представляват естествена среда както за ползотворно дългосрочно сътрудничество между членовете на настоящия екип, така и за установяване на нови творчески взаимодействия на национално и международно ниво за решаване с обединени усилия на предизвикателствата на съвременната физика, доказателства за което представляват настоящите и приключилите успешно наши колаборации.

6. План за разпространение на резултатите

Настоящото изследване ще се проведе 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. Непълен списък на международните сътрудничества на членовете на колектива включва:

(1) Австрия – Институт по теоретична физика „Ервин Шрьодингер“, Институт по физика на високите енергии към Виенския университет

(2) Белгия – Университет в гр. Гент

(3) Бразилия - Институт по теоретична физика в гр. Сао Пауло

(4) Франция - Комисия по атомна енергия на Франция, Сакле, Университет Париж-Юг (Орсе), Екол Политехник (Палезо), Л.А.А.П. Анси, Университет „Пол Сабатие“ (Тулуза), Университет „Анри Поанкаре“ (Нанси)

(5) Германия - Институт по теоретична физика към Университета в гр. Гьотинген, Технически университет на гр. Клаустал, Институт по математика „Макс Планк“ в гр. Лайпциг, Институт по математическа физика към Техническият университет на Брауншвайг

Приложение 1

- (6) Унгария – К.Ф.К.И., гр. Будапеща
- (7) Израел – Университет „Бен Гурион” в гр. Бер-Шева
- (8) Италия – И.Ц.Т.Ф. , С.И.С.С.А. , гр. Триест, Университет на Триест, Университет „Тор Вергата”, гр. Рим
- (9) Русия – ОИЯИ, гр. Дубна
- (10) Швейцария – Ц.Е.Р.Н., гр. Женева
- (11) Великобритания – Импириъл и Кингс Колеж , Лондонски университет, Университет на гр. Йорк, Университет на гр. Ню Касъл
- (12) САЩ – Университет на Далауеър(Нюарк), Университет на Мичиган (Ан Арбър), Пенсилвански Държавен университет (Абингтън), Държавен университет на Северна Каролина (Релей)

Някои от членовете на колектива участват в големи изследователски мрежи, финансирани от Европейската комисия и/или в други многонационални сътрудничества:

- (а) *„Гравитни блокове, фундаментални сили и симетрии на Вселената”- FP6 Marie Curie Actions, Research Training Network, Project MRTN-CT-2004-005104* (homepage: <http://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~luest/forcesuniverse.html>);
- (б) *„Европейска мрежа по геометрия, математическа физика и приложения” ” (ENIGMA) - FP6 Marie Curie Actions, Research Training Network, Project MRTN-CT-2004-565* (homepage: <http://enigma.sissa.it>);
- (в) *„Европейско усилие по диференциална геометрия”(EDGE Network)* (homepage: <http://edge.imada.sdu.dk/welcome.php3>);
- (г) *„Квантови системи, свързани с некомутативни геометрии, техните симетрии и еволюционни уравнения” - 3-node network (Clausthal-Leipzig-Sofia Cooperation)*, финансирана от Фондацията „Alexander von Humboldt” (homepage: <http://www.humboldt-foundation.de>);
- (д) *„Интегрируеми модели и приложения: От струни до кондензирана материя” (EUCLID) - FP5 European Network, Project HPRN-CT-2002-00325* (homepage: <http://www-users.york.ac.uk/~ec9/fp5data.html>)- завършила неотдавна.

Други 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 КПТ, математическата физика, груповитеоретичните 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.

7. Управление на проекта

Предлаганият проект ще има много прозрачно и ефективно управление и организационна структура, които вече успешно са функционирали при предишни сътрудничества с участие на (част от) членовете на колектива. Предлаганата структура ще осигури много гладко и ефикасно управление на проекта.

По-специално, ние планираме следната структура на управление:

- а) **Координатор - акад. Иван Тодоров:** Той представлява колектива като цяло пред научната общественост и е главното контактното лице. Координаторът направлява общото функциониране на проекта. Координаторът събира необходимата финансова информация и е отговорен за финансовите и научни отчети на изпълнителите.

Приложение 1

б) Заместник-координатор - член-кор. на БАН Емил Хорозов: той ще подпомага координатора във всички дейности и същевременно ще функционира като **контактно лице** за членовете на колектива от Факултета по математика и информатика на Софийския университет.

в) Доц. дфн Радослав Рашков ще действа като **контактно лице** за за членовете на колектива от Факултета по физика на Софийския университет.

г) Ст.н.с. дфн Емил Нисимов ще действа като **връзка** между участниците от трите учреждения.

Управленческата способност на по-голямата част от колектива по отношение на високите технологии е положителна, както показва натрупаният опит от организиране на многобройни конференции, работни семинари и школи.