

ПРОЕКТ #1: ДОГОВОР ДН 18/1 от 10.12.2017 г.

Тема: „Нови парадигми за фундаменталната структура на материята“

Ръководител: чл.-кор. Емил Нисимов, ИЯИЯЕ – БАН

Сума: 120 000 лв. Период на действие: 10.12.2017 – 10.12.2020

Първи етап (приключил): 10.12.2017 – 10.06.2019

Втори етап: постъпило финансиране на 06.12.2019

Интернет-сайт: http://theo.inrne.bas.bg/elpart/DN_18-1_index.html

Научният колектив включва 7 учени от Лаборатория „ТЕЧ“ на ИЯИЯЕ и 2 – от катедра „Теоретична физика“ към Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“.

През 18-те месеца от първи етап на Договора (10.12.2017 – 10.06. 2019) колективът има 31 (тридесет и един) публикувани или предстоящи за публикуване (повечето междуременно вече публикувани) научни трудове по тематиката на Договора, плюс две монографии.

Междуремнено, в рамките на първите няколко месеца след приключването на първия етап на Договора колективът има вече нови **5 научни труда.**

Резултатите за първия етап на Договора са представени публично на „Седмица на бенефициентите на ФНИ“ – официално събитие организирано от Фонд „Научни изследвания“ през м. юли 2019 год. в Новата конферентна зала на СУ „св. Кл. Охридски“.

Видеоклип на представянето е достъпен на интернет-линкове:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=DyogAtvLLe0

и

<https://nauka.bg/video-proekt-simetrii-fundamentalnite-zakoni-prirodата/> .

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

Гравитацията претендира за централна роля във физиката. По същество всички предизвикателства в астрофизиката, космологията и фундаменталната физика включват гравитацията като основен компонент, което я прави обект на съществена интердисциплинарност.

От друга страна, (некомутативната) геометрия е в сърцевината на квантовата физика, и нейните многообразни аспекти и развития оказват всеобхватно влияние както върху физиката, така и върху математиката. По-специално, (некомутативната) геометрия е тясно свързана с квантовата теория на гравитацията и предлага една възможна единна гледна точка за същността на основните сили на природата.

Синтезът на резултатите от всеобхватните изследвания в съвременните теории за гравитацията и космологията, разширявайки и обобщавайки далеч класическата обща теория относителността на Айнщайн, както и напредъкът в съвременната фундаментална математика, предлагат вълнуващи възможности и научни перспективи, които да отговорят на някои от най-належащи проблеми в разбирането ни за космоса и законите на природата:

(i) придобиване на нови знания за структурата и поведението на материята на ултра-микроскопични и галактически разстояния;

(ii) принос за решаването на най-предизвикателните "мистерии" и кардиналните проблеми на съвременната физика с глобално концептуално значение - "суперсиметрия", "допълнителни пространствено-времени измерения", черни дупки и пространствено-времени портали ("wormholes"), „тъмна материя“ и „тъмна енергия" във Вселената.

Проектът е интердисциплинарен (теоретична физика и съвременна математика) и е тематично свързан с редица престижни международни проекти, вкл. няколко от тях с европейско финансиране (проекти по COST). Проектът включва млади специалисти и има за цел да допринесе за подготовката на висококвалифицирани специалисти за професионална реализация в такива важни иновативни области на науката като изследвания на гравитационните вълни и нововъзникващата радикално нова научна област - гравитационна астрономия.

Работната програма е основана на три работни пакета:

- (1) Разширени гравитационни теории и квантова космология;
- (2) Теория на струните и гравитационно –калибровъчно-полева дуалност;
- (3) Математически аспекти на фундаменталните симетрии -групови теоретични, алгебрични и геометрични подходи към квантоватеориянаполетои квантово-механични аспекти на обобщените гравитационни теории.

Основните резултати по отделните работни пакети са както следва:

(1) Разширени гравитационни теории и квантова космология.

Построени са нови модели на единно самосъгласувано описание на еволюцията както на „ранната“, така и на „късната“ (днешната) Вселена, със значителни предимства пред досега съществуващите в световната литература. Нашите модели предлагат нови механизми на „гравитационно-подтикнато“ динамично пораждаване на спонтанното нарушение на калибровъчната симетрия на електрослабите взаимодействия (т.н. ефект на Хиггс), и на „гравитационно-подтикнато“ „удържане“ на кварките в квантовата хромодинамика, от една страна, и от друга страна - обяснение на липсата на тези ефекти в началната фаза на „раждаване“ на Вселената след „големия взрив“. Заедно с това нашата теория предлага още:

(а) ново единно самосъгласувано описание на основните материални блокове на Вселената - „тъмната енергия“ и „тъмната материя“ като проявление на едно единствено поле на материята;

(б) нови алтернативни модели на „раждаване“ на Вселената без сингулярности (без „голям взрив“) още на класическо ниво без отчитане на квантови ефекти;

(в) проведена е процедура на квантуване по Уилър-Де Вит, където полето-агент на „тъмната материя“ играе роля на космологично време и е показано отсъствието на космологични пространствено-времени сингулярности;

(г) изследван е ефектът на топологичния инвариант на Гаус-Боне върху еволюцията на вселената и приносът му към качествено нови точни решения за черни дупки, „wormholes“, и гравитационни доменни стени.

Резултатите са принос към дългосрочната програма на международната общност от изследователи в областта на физика на частиците и физика при високи енергии, астрофизика и космология, търсещи отговори на такива важни концептуални научни проблеми като задълбочено разбиране чрез физически реалистични космологични модели на вътрешната единна природа на "тъмната енергия" и "тъмната материя", разбиране на смисъла на квантовата вълнова функция на Вселената, в частност квантови тунелни преходи в еволюцията на Вселената. Ролята на тези изследвания значително нараства в съвременната нова бурно развиваща се multimessenger астрофизика – нов прозорец към Вселената основан на детектирането на гравитационните вълни.

(2) Теория на струните и гравитационно –калибровъчнополева дуалност.

Холографската дуалност между калибровъчните теории и теория на струните се базира на идеята, че явленията в пространство-времето са като холограма на едно обемащо пространство повече измерения. Серия резултати в това направление са: намерена е ентропията на сплитане в двумерие по проективни инварианти и представяне чрез тау-функции на бездисперсионна йерархия на Тода; нови представяния на висши проективни инварианти и тяхната връзка с холографски характеристики; предложен е механизъм за деформации за теории с висши спинове на класическо и квантово ниво; предложено е двумерно обобщение на модела на Сахдев-Ие-Китаев за висши спинове; развит е метод на квантови информационни пространства за холографски системи; в нерелативисткият сектор сме намерили решения за пулсиращи струни в такива пространства на Шрьодингер и поправките към енергията на струните задаващи аномалните размерности в нерелативистката квантово-полева теория.

(3) Математически аспекти на фундаменталните симетрии.

Физиката при високи енергии води до непертурбативни ефекти на малки разстояния, на дължини на Планк. В тези режими е естествено да се предположи, че пространство-времето на Минковски става некомутативно. Един естествен математически апарат за описание на тази некомутативност е чрез разглеждане на квантово-групови деформации на пространство-времето на Минковски. Нов резултат тук е квантова деформация зависеща от повече от един параметър. Следващата стъпка е разглеждане на представянията на многопараметричната квантова група. Друг резултат е свързан с дългогодишна програма за описание на диференциални уравнения, които са инвариантни по отношения на някаква алгебра на Ли. Тук за пръв е разгледана изключителната алгебра G_2 . Трети резултат е съвместна работа с италиански учен. Тук е използвано експертиза на Добрев по параболични алгебри и експертизата на италианския учен по Жорданови алгебри. Направено е подробно описание на параболичните алгебри на изключителните алгебри в термини на Жорданови алгебри