

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на VI седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 22. марта 2023. године одређени за чланове комисије за припрему извештаја о докторском раду Данијела Обрића "T-dualization of bosonic string and type IIB superstring in presence of coordinate dependent background fields" (Т-дуализација бозонске и суперструне типа IIB у присуству координатно-зависних позадинских поља), подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Основни подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Данијел Обрић је рођен 1992. године у Бенковцу, Република Хрватска. Основну школу и средњу техничку школу завршио је у Вршцу. Основне студије је завршио на Физичком факултету Универзитета у Београду 2016. године, смер Теоријска и експериментална физика, са просечном оценом 8,16. За време трајања основних студија Данијел је био стипендиста Хемофарм фондације. Године 2016. уписује мастер студије на Физичком факултету Универзитета у Београду и завршава их 2017. године са просеком оцена 10,00. Мастер рад "Некомутативност и неасоцијативност затворене бозонске струне" је урађен под менторством др Бојана Николића, вишег научног сарадника Института за физику у Београду. Рад је одбрањен на Физичком факултету Универзитета у Београду септембра 2017. године. Данијел је уписао прву годину докторских студија на Физичком факултету Универзитета у Београду 2018. године, смер Квантна поља, честице и гравитација. Положио је све испите предвиђене програмом смера докторских студија и одбранио тему пред Колегијумом докторских студија Физичког факултета Универзитета у Београду априла 2021. године.

1.2 Научна активност

Од априла 2019. године Данијел Обрић је запослен на Институту за физику у Београду као истраживач приправник у Групи за гравитацију, честице и поља. У децембру 2018. године је изабран у звање истраживач приправник, а 2022. године у звање истраживач сарадник. Био је активан у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја ON171031 "Физичке импликације модификованог простор-времена" до његовог окончања. Почев од јануара 2022. године учествује на пројекту из програма ИДЕЈЕ "Quantum Gravity from Higher Gauge Theory" који је финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије.

2 Опис предатог рада

2.1 Основни подаци

Докторска теза "T-dualization of bosonic string and type IIB superstring in presence of coordinate dependent background fields" урађена је под руководством др Бојана Николића, вишег научног сарадника Института за физику, и представља наставак истраживања започетог у мастер раду кандидата. Примењивана је процедура уопштене Т-дуализације развијена у радовима проф. др Бранислава Саздовића и др Љубице Давидовић. У овој дисертацији поменута процедура примењена је на моделу суперструне типа IIB са координатно-зависним Рамон-Рамон пољем, како за бозонску тако и за фермионску Т-дуализацију. Теза има 83 стране и садржи 103 референце, 7 поглавља и 4 додатка.

2.2 Предмет и циљ рада

Теорија суперструне садржи бозонска и фермионска поља која су повезана суперсиметријом). Постоји пет конзистентних теорија суперструне: тип I, тип IIA, тип IIB и две хетеротичке теорије. Ове теорије међусобно су повезане мрежом дуалности. Теорија типа IIB описује суперструну са $N = 2$ суперсиметријом и фермионским координатама исте киралности, док су фермиони у теорији типа IIA супротне киралности. Тип I је суперструна са експлицитном $N = 1$ суперсиметријом. Повезаност конзистентних теорија суперструне преко дуалним трансформацијама даје наду да постоји свеобухватна односно јединствена теорија.

Предмет и циљ ове дисертације је анализа бозонске и фермионске Т-дуализације бозонске струне и суперструне типа IIB у присуству координатно-зависних позадинских поља, и испитивање некомутативности и неасоцијативности координата у геометрији који настаје након Т-дуализације.

Код отворене струне некомутативност ефективних координата се добија коришћењем граничних услова који мешају координате и импулсе. Затворена струна нема крајеве, и да би се добила некомутативност координата нужно је увести координатно-зависна позадинска поља и искористити Т-дуалност; додатни резултат је неасоцијативност. Позадинска поља се бирају тако да задовољавају услове конзистентности: у случају бозонске струне скуп слабо закривљених позадинских поља су константна метрика и линеарно зависно Калб-Рамоново поље, а код суперструне типа IIB то је Рамон-Рамоново поље које линеарно зависи од координате.

У раду је коришћена БушEROVA процедура Т-дуализације: она која представља локализацију транслационе симетрије уз увођење додатног члана са Лагранжевим множителем у дејство. Аналогно, локализацијом транслационе симетрије фермионских координата може се добити фермионска Т-дуалност. Фиксирањем иницијалних координата (калибрационих услова) D -димензионог простора добија се теорија која зависи од градијентних поља и дуалних координата.

ната (Лагранжеви множитељи). Развијена и уопштена процедура која даје Т-дуализацију модела са координатно-зависним позадинским пољима.

2.3 Публикације

Публикације директно проистекле из тезе Данијела Обрића су [1-5] у списку публикација, и до сада имају 1 цитат и 8 аутоцитата.

2.4 Преглед научних резултата изложених у тези

У првом делу дисертације Данијела Обрића "T-dualization of bosonic string and type IIB superstring in presence of coordinate dependent background fields" презентована је бозонска Т-дуализација бозонске струне у присуству константне метрике и линеарно-зависног Калб-Рамоновог поља, које зависи само од z -координате.

Т-дуализација је спроведена правац по правац и то прво дуж x и y а на крају дуж z . На овај начин се може јасно испратити трансформација геометрије добијене Т-дуализацијом. Након прве дуализације добија се тзв. "уврнути" (twisted) торус, након друге теорија са Q -флуksom, а након дуализације дуж z добија се R -флуks теорија. "Уврнути" торус има и глобалну и локалну геометријску интерпретацију, Q -флуks теорија има само локалну геометријску интерпретацију, док је R -флуks теорија нелокална и нема геометријску интерпретацију. Некомутативност као и неасоцијативност се појављују тек код R -флуks теорије. У разматрањима су коришћени тривијални услови намотавања $x^\mu(\sigma + 2\pi) = x^\mu(\sigma) + 2\pi R^\mu$, где су R^μ полупречници намотавања. R -флуks теорије припадају области која се назива *негеометрија*. Нелокалност R -флуks теорија у разматрању датом у тези долази од тога што крајња Т-дуална теорија зависи од величине која је линијски интеграл.

Бозонска струна са координатно-зависним Калб-Рамоновим пољем је у дисертацији сагледана и са аспекта (не)зависности резултата од редоследа Т-дуализација. Ако се изврши прво дуализација z координате добија се одмах R флуks теорија. Накнадне две дуализације не мењају тип геометрије тј. добијене теорије остају R -флуks типа. Крајња Т-дуална теорија је иста као и у случају Т-дуализационог ланца $x \rightarrow y \rightarrow z$, док се релације неасоцијативности и некомутативности разликују до на знак минус.

У другом делу докторске дисертације је анализирана суперструна типа IIB са линеарно зависним Рамон-Рамон пољем. Коришћено је дејство за суперструну у формализму чистог спинора.

Први избор Рамон-Рамон јачине поља био је да константни део буде симетричан на замену фермионских индекса, а координатно-зависни део антисиметричан. Овај случај се математички своди на случај бозонске струне са константном метриком и линеарно зависним Калб-Рамоновим пољем. Резултујућа Т-дуална теорија је нелокална, а бозонске координате су некомутативне и неасоцијативне. Релације некомутативности и неасоцијативности бозонских са фермионским и фермионских са фермионским координатама добијају се после фермионске

Т-дуализације бозонски Т-дуализоване теорије, при ђему фермионске координате остаје комутативне. Показано је и комутирање фермионске и бозонске Т-дуализације. Коначно, у тези је размотрен случај када је Рамон-Рамон јачина поља произвољна линеарна функција бозонске координате. Рачун је сложенији, али не даје нове квалитативне резултате.

3 Списак публикација кандидата

3.1 Радови у међународним часописима

- [1] B. Nikolic, D. Obris, *Noncommutativity and Nonassociativity of Closed Bosonic String on T-dual Toroidal Backgrounds*, Fortsch.Phys. 66 (2018) 4, 1800009.
- [2] B. Nikolic, D. Obris, *Directly from H-flux to the family of three nonlocal R-flux theories*, JHEP 03 (2019) 136.
- [3] B. Nikolic, D. Obris, B. Sazdovic, *Noncommutativity and Nonassociativity of Type II Superstring with Coordinate Dependent RR Field*, Fortsch.Phys. 70 (2022) 5, 2200048.
- [4] B. Nikolic, D. Obris, *Combined Fermionic and Bosonic T-duality of Type II Superstring Theory with Coordinate Dependent RR Field*, Fortsch.Phys. 71 (2023) 1, 2200160.
- [5] B. Nikolic, D.Obris, *Noncommutativity and nonassociativity of type II superstring with coordinate dependent RR field — the general case*, JHEP 12 (2022) 078.

3.2 Радови са међународних скупова

- [6] B. Nikolic, D. Obris, *From 3D torus with H-flux to torus wit R-flux and back*, Proceedings of the 10th Mathematical Physics Meeting: School and Conference on Modern Mathematical Physics, September 9-14, 2019, Belgrade, Serbia, SFIN XXXIII Series A: Conferences, No. A1 (2020), 233-250.

4 ЗАКЉУЧАК

На основу изложеног, комисија закључује да докторска теза Данијела Обрића "T-dualization of bosonic string and type IIB superstring in presence of coordinate dependent background fields" даје значајан допринос теорији струна односно теоријској физици високих енергија, и да су задовољени сви прописани услови за одбрану тезе. Зато предлажемо Наставно-научном већу Физичког факултета да одобри њену одбрану.

Београд, 20. април 2023.

Проф. др Воја Радовановић
редовни професор Физичког факултета

Проф. др Маја Бурић
редовни професор Физичког факултета

Др Бранислав Цветковић
научни саветник Института за физику
