



Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за реизбор др Бојана Николића у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику одржаној 02.04. 2024. године изабрани смо у комисију за реизбор др Бојана Николића у звање виши научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај, чији су саставни део и прилози из материјала.

1 Стручно-биографски подаци

Бојан Николић је рођен 10. 04. 1979. године у Зајечару. У Књажевцу је завршио основну школу и гимназију природно-математичког смера као ђак генерације.

Године 1998. уписао је основне студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика. Дипломирао је 2002. године као први у генерацији са просечном оценом 9,81. Постдипломске студије на смеру „Теоријска физика елементарних честица и гравитације” Физичког факултета Универзитета у Београду уписао је 2002. године, а магистарски рад са темом *Ефекат дилатонског поља на некомутативност просторно-временских координата* је одбранио децембра 2006. године. Докторску дисертацију под насловом *Некомутативност и димензионалност Др-бране* одбранио је 2008. године такође на Физичком факултету Универзитета у Београду. Ментор магистарске тезе и докторске дисертације био је професор др Бранислав Саздовић, научни саветник Института за физику.

Од 01.11.2003. године кандидат је запослен у Центру за теоријску физику Института за физику као истраживач приправник, у оквиру пројекта „Градијентне теорије гравитације: симетрије и динамика” Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Од 2006. до 2010. године био члан пројекта “Алтернативне теорије гравитације“, док је од почетка 2011. године ангажован на пројекту Министарства просвете и науке ”Физичке импликације модификованог простор-времена”. Почев од јануара 2022. године ангажован је на пројекту из програма ИДЕЈЕ ”Quantum Gravity from Higher Gauge Theory” финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије.

Године 2007. Бојан Николић је изабран у звање истраживач сарадник, у октобру 2009. у звање научни сарадник, а у садашње звање вишег научног сарадника изабран сам јануара 2014. године. У октобру 2019. године је реизабран у звање виши научни сарадник.

Од 2004-2006. године био је члан редакције часописа „Млади физичар”. У периоду од децембра 2004. године до августа 2005. године био је на одслужењу војног рока. Активно је учествовао у обележавању Светске године физике 2005. године, посебно у организацији такмичења „Откривамо таленте за физику”. Био је три пута члан локалног организационог комитета међународне школе и конференције из модерне математичке физике. Од априла до јула 2008. године био је на тромесечном стручном усавршавању на Институту за нуклеарна истраживања и нуклеарну енергију у Софији (Бугарска) у оквиру ОП6 Марија Кири истраживачке тренинг мреже ”Forces-Universe” MRTN-СТ-2004-005104. Такође био је члан Државне комисије за такмичења ученика средњих школа школске 2011/2012 и 2012/2013. У периоду од 01. јула 2012. до 24. децембра 2012. др Бојан Николић је био на стручном усавршавању у Центру за теоријску физику “Арнолд Зомерфелд” у Минхену у групи професора Дитера Листа, једног од водећих физичара у области теорије струна. Године 2015. је одржао предавање у САНУ у оквиру једнодневнoг скупа поводом сто година опште теорије релативности (ОТР). У оквиру XXXIV Републичког семинара наставника физике 2016. године одржао је предавање по позиву о открићу гравитационих таласа ”Гравитациони таласи - од открића до директне детекције”. Рад је објављен у трећем броју часописа ”Настава физике”. Крајем 2023. године пројекат ”Quantum Gravity from Higher Gauge Theory” који је финансиран од стране Фонда за науку Републике Србије уз помоћ Задужбине Илије М. Коларца је организовао серију популарних предавања из области савремене теоријске физике под називом ”КВАНТНА ГРАВИТАЦИЈА - СВЕТИ ГРАЛ САВРЕМЕНЕ ФИЗИКЕ”. Као члан пројекта одржао је једно од 5 предавања са темом ”Зашто квантна теорија поља?”.

Школске 2013/2014 др Бојан Николић је радио као наставник физике у одељењу трећег разреда Математичке гимназије, док од школске године 2015/2016 ради као наставник Рачунског практикума 1 (2 школска часа недељно) и Рачунског практикума 2 (2 школска часа недељно) у

одељењу за децу са посебним способностима за физику у Земунској гимназији. Био је ментор више матурских радова као и четири мастер рада на Физичком факултету у Београду.

Од октобра 2018. године је ментор докторске дисертације Данијела Обрића. Дисертација је успешно одбрањена на Физичком факултету Универзитета у Београду 18.09.2023. године. У оквиру докторских студија на Физичком факултету Универзитета у Београду, др Николић је професор на предмету Теорија струна (ужа научна област Квантна поља, честице и гравитација).

Ожењен је и има четворо деце: Стојана (2010), Анастасију (2012), Савку (2015) и Даницу (2019).

2 Преглед научне активности

Научни рад др Бојана Николића је у области **физике високих енергија**. Др Николић је ангажован на основним истраживањима у **Групи за гравитацију, честице и поља** Института за физику. Основна тема његовог истраживачког рада односи се на анализу бозонске струне и суперструне, некомутативност као последицу наметнутих граничних услова и Т-дуализације затворене (супер)струне у присуству координатно зависних позадинских поља и некомутативности и неасоцијативности проистеклих из тога.

2.1 Теорија бозонске струне са дилатоном и некомутативност

Један од предмета интересовања др Николића је бозонска струна у присуству гравитационог поља $G_{\mu\nu}(x)$ и антисиметричног тензорског поља $B_{\mu\nu}(x)$. Ову тему је обрађивао током рада на магистарској и делимично докторској тези.

У циљу очувања конформне инваријантности на квантном нивоу, потребно је додати још једно позадинско поље - дилатонско поље $\Phi(x)$. Наведена три позадинска поља нису произвољна већ морају задовољавати просторно-временске једначине које следе из услова конформне инваријантности, што формалним језиком значи да су β -функције које одговарају гравитационом $G_{\mu\nu}$ и антисиметричном Калб-Рамоновом пољу $B_{\mu\nu}$ једнаке нули, док трећа, која одговара дилатону, може бити нула или константа. Случај у коме је β -функција која одговара дилатонском пољу једнака константи захтева додавање Лиувиловог члана у дејство.

У теорији отворене струне поред једначина кретања од посебне важности су гранични услови. Многострукост са p просторних димензија, дефинисана скупом Дирихлеових граничних услова на крајевима отворене струне, назива се Dp -брана.

Кандидат је у анализи користио канонске методе и третирао граничне услове као канонске везе. За случај отворене струне у присуству константног гравитационог и антисиметричног тензорског поља некомутативне релације су већ биле изведене другим методама, укључујући и канонски. У новом приступу, уместо увођења Диракових заграда решене су везе које потичу од граничних услова. Добијено решење за координате, зависи не само од ефективних координата већ и од ефективних импулса. То објашњава чињеницу да је Поасонова заграда координата различита од нуле.

Оригинални допринос кандидата у оквиру ове теме је укључивање линеарног дилатонског поља $\Phi(x) = \Phi_0 + a_i x^i$, које је одабрано тако да позадинска поља задовољавају просторно-временске једначине кретања. Поред очекиване зависности некомутативног параметра од дилатонског поља, појављу се и два на први поглед неочекивана резултата. Јавља се једна комутативна координата, а у случају додатних релација између позадинских поља смањује се димензија Dp -брране. У проширеном простору који се добија додавањем конформног фактора F скупу координата x^i , могуће је објединити све случајеве и то је обрађено у раду под редним бројем 3., који је објављен у редовној свесци часописа **заједно са радом Едварда Витена**, водећег стручњака у области математичке физике и теорије струна на светском нивоу.

1. B. Nikolic and B. Sazdovic, Gauge symmetries decrease the number of Dp -brane dimensions, Phys. Rev. D 74 (2006) 045024.
2. B. Nikolic and B. Sazdovic, Gauge symmetries decrease the number of Dp -brane dimensions. II. Inclusion of the Liouville term, Phys. Rev. D 75 (2007) 085011.
3. B. Nikolic and B. Sazdovic, Noncommutativity in space-time extended by Liouville field, Adv. Theor. Math. Phys. 14 (2010) 1.

2.2 Некомутативност и Т-дуалност суперструна са константним позадинским пољима

Бозонска теорија је добар модел за анализу али у реалности постоје и фермионски степени слободе. На тај начин долазимо до модела **суперструне**. Бозонска и фермионска поља су повезана суперсиметријом која

је потребна због конзистентности саме теорије (елиминација тахиона) па отуда и назив суперструна. Испоставља се да постоји пет конзистентних теорија суперструне: тип I, тип IIA, тип IIB и две хетеротичке теорије суперструне. Ове теорије међусобно су повезане мрежом дуалности. Теорија типа IIB описује суперструну са $N = 2$ суперсиметријом и фермионским координатама исте киралности, док су спинори у тип IIA теорији супротне киралности. Тип I је суперструна са експлицитном $N = 1$ суперсиметријом.

У раду др Николића посебно место заузима проучавање T -дуалних трансформација тип II теорије суперструне у формулацији чистог спинора, као и однос некомутативности и T -дуалности за случај константних позадинских поља. Такав избор позадинских поља је у складу са великим скупом услова конзистентности.

Процедура T -дуализације је таква по конструкцији да су иницијална и T -дуална теорија физички еквивалентне, а та физичка еквивалентност има за последицу одржање броја бозонских и фермионских степени слободне. Стандардан начин T -дуализације је БушEROVA процедура која представља локализацију транслационе симетрије уз увођење додатног члана у дејству који нам омогућава еквиваленцију са почетном теоријом. Фиксирањем иницијалних координата D димезионог простора добијамо теорију која зависи од градијентних поља и дуалних координата. На једначинама кретања за градијентна поља добија се дуална теорија, док се на једначинама за дуалне координате добија иницијална теорија. Консеквентно, добијају се релације које повезују иницијалне и T -дуалне координате.

У литератури је дуго времена проучавана само бозонска T -дуалност. Међутим, недавно, у оквиру анализе симетрија амплитуда глуонских расејања, откривена је фермионска T -дуалност. Формално, она представља исти тип трансформације као и бозонска T -дуалност. Реализује се локализацијом транслационе симетрије фермионских координата. Применом БушEROVE процедуре може се добити фермионски T -дуална теорија.

Метод развијен у анализи бозонске струне, др бојан Николић је применио на теорију суперструна типа IIB. Гранични услови су изабрани тако да је очувана $N = 1$ суперсиметрија од иницијалне $N = 2$ суперсиметрије типа IIB суперструне (гранични услови за бозонске координате су Нојманови). Решавањем граничних услова добија се некомутативност координата иницијалног простора и ефективна теорија, као иницијална теорија на решењу граничних услова. С друге стране извршена је T дуализација теорије типа IIB суперструне са константним позадинским пољима. T -дуална поља која су непарна на трансформацији парности светске површи, $\Omega : \sigma \rightarrow -\sigma$, представљају некомутативне

параметре док су поља која су Ω парна представљају поља ефективне теорије. Такође показано је и да Нојманови гранични услови прелазе у Дирихлеове граничне услове при T -дуалним трансформацијама.

Ефективна теорија која се добија у претходно описаном случају је тип I теорија суперструне. С обзиром да је $D5$ -брана стабилна и у тип IIB и тип I теорији суперструне, анализирана је некомутативност и T -дуалност тип IIB суперструне са $D5$ -браном. Бозонским координатама бране се намећу Нојманови а преосталим бозонским координатама Дирихлеови гранични услови. Фермионске променљиве задовољавају идентичне граничне услове само расписане преко независних спинора у шестодимензионалном простору. Физички смисао резултата је исти као и у случају када се Нојманови гранични услови намећу свим бозонским координатама.

Такође, у контексту некомутативности, кандидат се бавио и фермионским T дуалностима тип IIB суперструне. Наметањем Дирихлеових граничних услова на све координате добија се некомутативност импулса иницијалне теорије. Некомутативни параметри су (до на константу) нека од поља фермионске T дуалне теорије.

1. B. Nikolic and B. Sazdovic, Type I background fields in terms of type IIB ones, Phys. Lett. B666 (2008) 400.
2. B. Nikolic and B. Sazdovic, D5-brane type I superstring background fields in terms of type IIB ones by canonical method and T-duality approach, Nucl. Phys. B 836 (2010) 100–126.
3. B. Nikolic and B. Sazdovic, Noncommutativity relations in type IIB theory and their supersymmetry, JHEP 08 (2010) 037.
4. B. Nikolic and B. Sazdovic, Fermionic T-duality and momenta noncommutativity, Phys. Rev. D 84 (2011) 065012.
5. B. Nikolic and B. Sazdovic, Dirichlet boundary conditions in type IIB superstring theory and fermionic T-duality, JHEP 06 (2012) 101.

2.3 T -дуалност и удвостручени простори

Када говоримо о T -дуалности говоримо о трансформацији која повезује физички еквивалентне теорије. Уколико удвостручимо простор тако да иницијалним координатама x^μ додамо T -дуалне координате y_μ , онда се може говорити о T -дуалности као симетрији теорије. Удвостручавање простора (**double space**) је један од праваца истраживања чији је циљ налажење јединствене теорије свих интеракција. Идеја о удвострученим

просторима је стара нешто преко две деценије. У удвострученом простору Т-дуалност се репрезентује матрицом пермутације подскупа координата које дуализујемо и одговарајућег подскупа Т-дуалних координата. Из захтева да закон Т-дуалне трансформације буде исти за удвостручене координате Z^M и њима Т-дуалне ${}_a Z^M$ добијају се изрази за Т-дуална позадинска поља преко иницијалних позадинских поља. Показано је да је Т-дуализација у оквиру формализма удвостручених простора еквивалентна са резултатима из Бушерове процедуре која се може сматрати дефиницијом Т-дуалности, како за бозонску тако и за фермионску. У анализама је коришћен модел тип II суперструне у формулацији чистог спинора са константним позадинским пољима. Даљи рад подразумева испитивање општег случаја у којем је једина апроксимација да позадинска поља не зависе од праваца дуж којих се дуализује. Проучавање Т-дуализације у удвострученим просторима представља и мали корак ка бољем разумевању M -теорије. Једна Т-дуализација преводи тип IIIA/B у тип IIB/A, а формализам удвостручених простора обједињује те две теорије у једну, што је један изузетно вредан резултат. Такође формализам развијен у овим радовима представља мало унапређење постојећег формализма јер у себи обједињује све могуће подскупове координата по којима се дуализује.

1. B. Nikolic and B. Sazdovic, Fermionic T-duality in fermionic double space, Nucl. Phys. B917 (2017) 105-121.
2. B. Nikolic and B. Sazdovic, T-dualization of type II superstring theory in double space, Eur. Phys. J. C77 (2017) 197.
3. B. Nikolić and B. Sazdović, Advantage of the second-order formalism in double space T-dualization of type II superstring, Eur. Phys. J. C 79 (2019) 819.

2.4 Т-дуалност бозонске и суперструне типа II у присуству координатно зависних позадинских поља

Једна од врло актуелних тема у области теорије струна је проучавање Т-дуалности и њено повезивање са некомутативношћу затворене струне. Разлог зашто је важно размотрити и затворену струну у контексту Т-дуалности је та што је једно од побуђења затворене струне и гравитон, преносилац гравитационе интеракције. Проучавање затворене струне у контексту Т-дуализације и координатно зависних позадинских поља је важно за неке приступе проучавања гравитационе интеракције.

У случају затворене бозонске струне која пропагира у простор-времену константне метрике и у присуству константног Калб-Рамоновог поља, координате комутирају. Задржавањем константне метрике и увођењем слабог Калб-Рамоновог поља које зависи линеарно од координата (у складу са просторно-временским једначинама за позадинска поља) не губи се транслациона симетрија теорије али се добија, применом **уопштене Бушерове процедуре**, један наизглед неочекиван резултат - некомутативност координата затворене струне. Пошто се добија **координатно зависна некомутативност**, добија се и **релација неасоцијативности** тј. Јакобијев идентитет није једнак нули.

Слично као у теорији отворене струне, у теорији затворене струне некомутативност следи из чињенице да се применом уопштене Бушерове процедуре добија да изводи T -дуалних координата зависе од канонских импулса и извода координата почетне теорије. Стандарно се у литератури проучавају координатно зависна позадинска поља али се T -дуализација врши дуж изометријских праваца - праваца од којих позадинска поља не зависе уз примену нетривијалних услова намотавања. Примена уопштене Бушерове процедуре омогућава дуализацију дуж свих праваца и добијање некомутативности и неасоцијативности и уз тривијалне услове намотавања. Управо је тај резултат оригиналан допринос кандидата у оквиру ове теме. Такође у добијеној T -дуалној теорији нелокалност је манифестна, јер теорија зависи од величине која је дефинисана као интеграл по линији на светској површи.

Метод уопштене T -дуализације се може применити и на суперструну. Др Бојан Николић и његов докторанд Данијел Обрић проучавали су тип II суперструну у формулацији чистог спинора са координатно зависним Рамон-Рамон пољем. Рамон-Рамон поље има и константан и линеарно зависан члан уз претпоставку да је коефицијент уз координатно зависни члан инфинитезималан. Разматране су две могућности: општи случај и један посебан случај. Посебност тог случаја се огледа у томе да је константни део Рамон-Рамон поља симетричан тензор (на измену фермионских индекса) док је координатно зависни део антисиметричан. Услови конзистентности не забрањују такве изборе.

Посебан случај се формално потпуно своди на случај бозонске струне са слабим Калб-Рамоновим пољем. Општи случај је доста сложенији рачунски, али је резултат квалитативно исти - T -дуалне бозонске координате су некомутативне и неасоцијативне, бозонске и фермионске координате су некомутативне (рађена је и фермионска T -дуализација) док су фермионске координате остале антикомутативне. T -дуалне теорије су нелокалне из истог разлога као и бозонска теорија са слабим Калб-Рамоновим пољем. Обрађен је и случај T -дуализације поменуте теорије

за посебан случај у удвострученем простору. Из рачунских разлога, потребно је претпоставити и да је константни део Рамон-Рамон поља антисиметричан тензор. Резултати су потпуно у складу са резултатима добијеним аналитичким приступом и представљају још један део оригиналног доприноса кандидата, с обзиром да је ова област тек у повоју.

1. Lj. Davidovic, B. Nikolic, B. Sazdovic, Canonical approach to the closed string noncommutativity, Eur. Phys. J C74 (2014) 2734.
2. Lj. Davidovic, B. Nikolic, B. Sazdovic, T-duality diagram for a weakly curved background, Eur. Phys. J C75 (2015) 576.
3. B. Nikolic and D. Obric, Noncommutativity and nonassociativity of closed bosonic string on T-dual toroidal background, Fortsch. Phys. 66 (2018) 040009.
4. B. Nikolic and D. Obric, Directly from H-flux to the family of three nonlocal R-flux theories, JHEP 03 (2019) 136.
5. B. Nikolic, B. Sazdovic and D. Obric, Noncommutativity and nonassociativity of type II superstring with coordinate dependent RR field, Fortsch.Phys. 70 (2022) 2200048.
6. B. Nikolic and D. Obric, Combined fermionic and bosonic T-duality of type II superstring theory with coordinate dependent RR field, Fortsch.Phys. 71 (2023) 2200160.
7. B. Nikolic and D. Obric, Noncommutativity and nonassociativity of type II superstring with coordinate dependent RR field - the general case, JHEP 12 (2022) 078.
8. B. Nikolic and D. Obric, Double space T-dualization and coordinate dependent RR field, arXiv:2307.02438.

3 Елементи за квалитативну анализу рада

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Бојан Николић је у свом досадашњем раду објавио 45 научних публикација, међу којима 17 радова у врхунским међународним часописима (M21), 2 рада у истакнутим међународним часописима (M22), 3 рада у

међународним часописима (M23), 13 радова у категорији M33 (саопштење са међународног скупа штампано у целини), 5 радова у категорији M34 (саопштење са међународног скупа штампано у изводу), 1 рад у категорији M61 (предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини) и 4 рада из категорије M63 (саопштење са скупа националног значаја штампано у целини).

Од реизбора у звање виши научни сарадник (утврђивање предлога на седници Научног већа Института за физику 23.10.2018. године), др Николић је објавио 5 радова у категорији M21, 3 рада у категорији M33 и 1 рад у M34.

Као пет најзначајнијих радова кандидата могу се узети:

[1] B. Nikolić and B. Sazdović, Noncommutativity in space-time extended by Liouville field, *Adv. Theor. Math. Phys.* **14** (2010) 1.

M21, DOI: 10.4310/ATMP.2010.v14.n1.a1

[2] B. Nikolić and B. Sazdović, Noncommutativity relations in type IIB theory and their supersymmetry, *JHEP* **08** (2010) 037.

M21, DOI: 10.1007/JHEP08(2010)037

[3] Lj. Davidović, B. Nikolić, B. Sazdović, T-duality diagram for a weakly curved background, *Eur. Phys. J. C* **75** (2015) 576.

M21, DOI: 10.1140/epjc/s10052-015-3808-8

[4] B. Nikolic, B. Sazdovic, Advantage of the second-order formalism in double space T-dualization of type II superstring, *Eur. Phys. J. C* **79** (2019) 819.

M21, DOI: 10.1140/epjc/s10052-019-7338-7

[5] B. Nikolić and B. Sazdović, Fermionic T-duality and momenta noncommutativity, *Phys. Rev. D* **84** (2022) 065012.

M21, DOI: 10.1103/PhysRevD.84.065012

Рад [1] представља систематизацију рада на проучавању бозонске струне у присуству константне метрике $G_{\mu\nu}$, Калб-Рамоновог поља $B_{\mu\nu}$ и дилатонског поља $\Phi(x)$ које је линеарна функција координата. Ова тематика је обрађивана у оквиру израде магистарске тезе и једног дела докторске дисертације кандидата. Анализа некомутативности указује на 6 могућих случајева а тих шест случајева произилази из шест услова које задовољава градијент дилатонског поља. Три случаја се односе на ситуацију када је трећа бета функција β^Φ нула, а друга три када је једнака ненултој константи и када се уведе Лиувилев члан у дејство. Свих

шест случајева се може објединити у јединственом запису при чему је простор-време x^μ проширен додатном координатом - конформним фактором метрике светске површи F ($g_{\alpha\beta} = e^{2F}\eta_{\alpha\beta}$). Случајеви са и без Лиувиловог члана су повезани трансформацијом сличности.

Рад је објављен у свесци бр.1 волумена 14 часописа *Advances in Theoretical and Mathematical Physics* заједно са још 5 радова. Аутор једног од тих преосталих пет радова је професор **Едвард Витен**, водећи научник на светском нивоу у области теорије (супер)струна.

Други рад представља детаљну анализу некомутативности тип III отворене суперструне у формалацији чистог спинора. У складу са скупом услова конзистентности, изабрана су константна позадинска поља. Пошто је у питању отворена струна нужно се у анализи појављују гранични услови - Нојманови за бозонске координате, док се за фермионске променљиве бирају такви гранични услови који суперсиметрију $N = 2$ свде на суперсиметрију $N = 1$. Третирањем граничних услова као канонских веза и њиховим решавањем добијају се релације не(анти)комутативности, као и ефективна теорија - иницијална теорија на везама. Ефективна теорија је теорија тип I суперструне са позадинским пољима која су Ω парна ($\Omega : \sigma \rightarrow -\sigma$), док су параметри некомутативности Ω непарна. Показано је да су ефективна позадинска поља и параметри некомутативности позадинска поља T -дуалне теорије. Један од резултата је и повезаност релација не(анти)комутативности преко суперсиметричних трансформација.

Трећи рад представља примену процедуре уопштене T -дуализације на затворену бозонску струну у присуству тзв. слабо закривљених позадинских поља - константа метрика и координатно линеарно зависно Калб-Рамоново поље. Процедура T -дуализације се примењује дуж свих праваца, уз тривијалне услове намотавања. Извршена је симултана T -дуализација дуж свих праваца, као и две узастопне произвољне парцијалне T -дуализације до потпуне T -дуализације. Главни резултат је да је група свих могућих парцијалних T -дуализација Абелова група. T -дуализаоване теорије имају особину нелокалности јер зависе од координате која је дефинисана као линијски интеграл.

У раду [4] разматрана је T -дуализација тип II суперструне у формалацији чистог спинора преко удвостручених простора. Иницијално теорија је задата у формализму првог реда али, интеграцијом фермионских импулса, добија се теорија другог реда. T -дуализација је репрезентована пермутацијом једног подскупа координата иницијалног простора са одговарајућим подскупом T -дуалних координата. Из захтева да је закон трансформације иницијалне удвостручене координате и T -дуалне удвостручене координате исти, добијају се сва T -дуална позадинска поља

и потпуно слагање са аналитичким приступом преко Бушерове процедуре.

Пети рад се бави фермионском T -дуализацијом тип IIB суперструне у формулацији чистог спинора. Фермионска дуализација је екстензија већ постојеће бозонске дуализације и процедура је исте форме. Разматран је случај отворене струне и за бозонске координате су изабрани Дирихлеови гранични услови. Као резултат је добијена некомутативност импулса са параметрима некомутативности који су фермионски T -дуална поља.

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова

Према бази Scopus Хиршов индекс кандидата је 5 (искључени аутоцитати), односно 8 (са аутоцитатима), а укупан број цитата 159, док база WoS даје Хиршов индекс 7. И једна и друга база имају мањкавости у смислу да неке публиковане радове третирају као препринте.¹

База Google Scholar даје Хиршов индекс 9 и број цитата 219, а непосредним увидом у радове и цитате, укрштајући са базом INSPIRE HEP тачан број цитата је 213. Број цитата без аутоцитата и цитата коаутора је 28, док је број цитата **без аутоцитата 88** (минимални захтев МОФа је 30).

Прилог: листе цитираности из база Google Scholar, Scopus и WoS као и детаљан списак радова који цитирају радове кандидата.

3.1.3 Параметри квалитета часописа

Др Бојан Николић је током каријере објавио укупно 45 публикација у часописима са ИСИ листе од тога **са импакт фактором 17** у категорији M21, 2 категорије M22 и 3 категорије M23. **Укупан импакт фактор** радова је **94,002**. Од реизбора у звање виши научни сарадник др Николић је објавио 5 радова категорије M21. Укупан импакт фактор ових радова је **29,054**.

Збирно приказано др Николић је објавио ²:

- 4 рада у Journal of High Energy Physics, ($\text{ИФ}_{2010} = \text{ИФ}_{2012} = 4,642$, $\text{ИФ}_{2019} = 5,875$, $\text{ИФ}_{2022} = 6,376$)
- 3 рада у Physical Review D, ($\text{ИФ}_{2006} = \text{ИФ}_{2007} = 5,336$, $\text{ИФ}_{2011} = 5,373$)

¹Чека се одговор аналитичара Scopus-а јер 7 радова се класификују као препринти а уствари су то радови публиковани у часописима категорије M21.

²У индексима ознака ИФ стоје импакт фактори часописа са којима су израчунате укупне суме из претходног пасуса. Гледала се најповољнија вредност између године објављивања и две године уназад.

- 4 рада у European Physical Journal C, (ИФ₂₀₁₄ = ИФИФ₂₀₁₅ = 5,436, ИФ₂₀₁₇ = 5,297, ИФ₂₀₁₉ = 5,172)
- 2 рада у Nuclear Physics B (ИФ₂₀₁₀ = 4,79, ИФ₂₀₁₇ = 3,735)
- 4 рада у Fortschritte der Physik, (ИФ₂₀₀₈ = 2,125, ИФ₂₀₁₈ = 3,263, ИФ₂₀₂₂ = 6,099, ИФ₂₀₂₃ = 5,532)
- 2 рада у Romanian Journal of Physics, (ИФ₂₀₁₂ = 0,526)
- 1 рад у Advances of Theoretical and Mathematical Physics, (ИФ₂₀₁₀ = 2,075)
- 1 рад у Physics Letters B, (ИФ₂₀₀₈ = 5,446)
- 1 рад у International Journal of Modern Physics A, (ИФ₂₀₀₉ 0,982)

После одлуке Научног већа о утврђивању предлога за реизбор др Николића у звање виши научни сарадник (седница Научног већа Института за физику 23.10.2018. године):

- 1 рад у European Physical Journal C (ИФ₂₀₁₉ = 5,172)
- 2 рада у Fortschritte der Physik (ИФ₂₀₂₂ = 6,099, ИФ₂₀₂₃ = 5,532)
- 2 рада у Journal of High Energy Physics (ИФ₂₀₁₉ = 5,875, ИФ₂₀₂₂ = 6,376)

Подаци о **додатним библиометријским параметрима** квалитета часописа у којима је кандидат објављивао радове категорије М20 у периоду од утврђивања предлога за реизбор у звање виши научни сарадник (23.10.2018. године) дате су у доњој табели.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	29,054	40	6,71
Усредњено по чланку	5,81	7,7	1,342
Усредњено по аутору	13,511	14,667	3,14

3.1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији резултата

У области истраживања којом се кандидат бави уобичајено је да се аутори потписују абecedним редом тј. не постоји појам првог аутора. Ова пракса је примењена у свим кандидатовим радовима. У том смислу кандидатов допринос у научним радовима је потпуно равноправан између свих потписаних аутора.

Узимајући у обзир све кандидатове радове из категорија M21, M22 и M23 (22 рада) само три су урађена са два коаутора, док су остали са једним коаутором (ментор или докторанд). У том смислу допринос кандидата се сматра 100%-ним како у квалитативном тако и квантитативном смислу. Кандидат је учествовао у свим фазама израде научних радова - избору и осмишљавању тема, дискусијама, аналитичким прорачунима као и у писању самих радова. Сви радови кандидата са докторандом Данијелом Обрићем објављени су у часописима категорије M21 са високим импакт факторима.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Под менторством др Николића урађене су **четири мастер рада**:

- мастер рад Миливоја Јојића "Т-дуалност на торусу преко комплексних параметара" урађен је и успешно одбрањен 2015. године на Физичком факултету Универзитета у Београду,
- мастер рад Данијела Обрића "Некомутативност и неасоцијативност затворене бозонске струне" успешно одбрањен на Физичком факултету Универзитета у Београду 2017. године. Резултати рада су публиковани у часопису M21 категорије, V. Nikolic, D. Obric, Fortschritte der Physik **66** (2018) 040009.
- мастер рад Немање Симовића "Некомутативност координата на Др-брани у присуству константних позадинских поља" успешно одбрањен на Физичком факултету Универзитета у Београду 2019. године,
- мастер Јована Јањића "Тип IIВ суперструна - ефективна теорија, некомутативност и Т-дуалност" успешно одбрањен на Физичком факултету Универзитета у Београду 2023. године.

Под менторством др Николића септембра 2023. године студент Данијел Обрић одбранио је **докторску дисертацију** под насловом "Т-дуализација бозонске струне и тип IIВ суперструне у присуству координатно зависних позадинских поља" на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Кандидат је више пута био члан комисије за одбрану мастер и докторских радова на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Кандидат је школске 2013/2014 радио као спољни сарадник-професор физике у Математичкој гимназији. Од школске 2015/2016 ангажован је као наставник на предметима Рачунски практикум 1 и 2 у посебном

одељењу за ученике посебно надарене за физику у Земунској гимназији (4 часа недељно).

Кандидат је **професор на докторским студијама** Физичког факултета Универзитета у Београду за ужу научну област **Квантна поља, честице и гравитација** на предмету **Теорија струна**.

Прилог: уговор о ангажовању у Земунској гимназији, записници са седница Наставно-научног већа Физичког факултета у Београду на којима су одобрене мастер тезе и докторска теза поменутих кандидата, текстови мастер тезе и докторске тезе, слика web странице факултета и програм предмета Теорија струна.

3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

У реизборном периоду (почев од датума утврђивања предлога за реизбор, седница НВ Института за физику 23.10.2018. године) кандидат је укупно објавио: 5 радова из категорије М21, 2 из М33 и 1 из М34. Само у 1 раду (М33)

B. Nikolić, D. Obrić, T. Radenković, I. Salom, M. Vojinović, Higher category theory and n-groups as gauge symmetries for quantum gravity, J.Phys.Conf.Ser. 2667 (2023) 1 - Contribution to QTS12.

кандидат има 4 коаутора што значи да у складу са Правилником овај рад нема вредност 1 М-бода већ $\frac{1}{1+0,2(5-3)} = 0,71$. У свим осталим радовима кандидат има једног или два коаутора, што се у теоријској физици сматра за стопроцентни допринос.

Укупан нормирани број М-бодова у реизборном периоду је 42,21.

Прилог: списак радова кандидата као и табеле у делу Квантитативне анализе рада кандидата.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Др Бојан Николић је **руководио потпројектом** "Т-дуализација отворене и затворене (супер)струне" у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја ОН 171031 "Физичке импликације модификованог простор-времена" и Групе за гравитацију, честице и поља Института за физику Београд у периоду 2011. до 2020. године. Пошто је пројекат био састављен од истраживача са Института за физику у Београду и Физичког факултета у Београду, кандидат је ефективно био

руководилац институтског дела пројекта (писање годишњих извештаја, финансијских извештаја, као и потписивање путних налога и фактура). У прилог овоме прилаже се допис руководиоца пројекта проф. др Маје Бурић из 2018. године писан за потребе претходног реизбора.

Такође кандидат је представљао пројекат МПНТР ОН 171031 у Научном савету Института за физику у Београду у периоду од 2011. до 2013. године (Министарство укинуло научне савете), што је и био задатак руководиоца пројекта.

Почев 01.01.2022. године кандидат је члан пројекта "Квантна гравитација преко виших гејд теорија" из програма ИДЕЈЕ Фонда за науку Републике Србије и у оквиру њега **руководи пројектним задатком** "Испитивање аспеката класичне теорије гравитације" (радни пакет 1 пројекта).

Прилог: дописи руководиоца поменутих пројеката.

3.5 Активност у научно стручним друштвима

Кандидат је рецензент у часопису **Foundations of Physics**.

Др Бојан Николић је у два наврата био члан **Државне комисије ДФС** за такмичење ученика средњих школа - 2003.-2005. и 2011.-2013., и као аутор задатака и као прегледач. У периоду 2004. до 2006. био је члан редакције часописа Млади физичар, који издаје ДФС у сврху популаризације физике. Активно је учествовао у обележавању Светске године физике на Институту за физику 2005. године. Био је члан локалних организационих комитета више међународних и домаћих конференција и радионица организованих од стране Института за физику или Групе за гравитацију, честице и поља.

Прилог: Е-mail у којем се уредништво часописа захваљује за обављену рецензију. Копија "Младог физичара", одштампане интернет странице школа и конференција, као и задаци за 2. разред средњих школа за Државно такмичење 2012. године.

3.6 Утицајност научних резултата

Цитираност као и квалитет часописа (висок ИФ) у којима др Николић публикује говоре о квалитету добијених резултата а самим тим и о њиховом (потенцијалном) утицају на научну заједницу.

С обзиром да се кандидат у реизборном периоду бавио Т-дуализацијом затворене струне у присуству координатно зависних поља, а то је област заснована 2010. године, као и због релативно малог броја људи који се

том темом бави, број цитата 88 (без аутоцитата) је задовољавајући јер је остварен већином у периоду од последњих 13 година.

Рад из 2010. године

B. Nikolic and B. Sazdovic, Noncommutativity in space-time extended by Liouville field, Adv. Theor. Math. Phys. **14** (2010) 1,

је објављен у свесци са још само 5 радова од којих је један рад дело Едварда Витена, водећег светског експерта у области математичке физике и теорије струна.

Рад из 2018. године

B. Nikolic, D. Obric, Noncommutativity and nonassociativity of closed bosonic string on T-dual toroidal backgrounds, Fortschritte der Physik (2018) 1800009,

је у овом часопису M21 категорије објављен по позиву главног уредника проф. др Дитера Листа (Dieter Lüst).

Прилог: листе цитираности од Google Scholar-а и Scopus-а, копија прве стране часописа као и e-mail главног уредника часописа Fortschritte der Physik, проф. др Дитера Листа.

3.7 Допринос кандидата у реализацији радова у центрима у земљи и иностранству

Кандидат је значајно допринео сваком раду који је објавио. Сви радови објављени у изборном периоду урађени су са сарадницима са Института за физику и доктораном Данијелом Обрићем. Др Николић је имао значајан допринос у свакој етапи израде публикације - како у избору теме, тако и у дискусијама, аналитичким прорачунима као и у писању самих радова и комуникацији са рецензентима часописа у току поступка објављивања.

3.8 Међународна научна сарадња

Др Николић је донео две нове теме у групу која се бави теоријом струна (др Бранислав Саздовић, др Љубица Давидовић, докторанд Илија Иванишевић, др Бојан Николић, др Данијел Обрић).

Прва је фермионска Т-дуалност (проистекла из кореспонденције са др Иљом Бахматовим³) а друга некомутативност затворене струне током

³Institute of Theoretical and Mathematical Physics, Moscow State University, Leninskie Gory 119991, Moscow, Russia.

постдокторског боравка у групи проф. Листа. У оквиру прве теме др Николић је применио фермионску Т-дуалност на случај тип II теорије суперструне у формулацији чистог спинора.

Другу споменућу тему, некомутативност затворене струне, др Николић је учио директно од њеног аутора проф. Листа током боравка у Минхену. По повратку из Минхена идеја је комбинована са уопштеном Т-дуализационом процедуром која је већ била развијена у Институту за физику од старне проф. др Бранислава Саздовића и др Љубице Давидовић. Резултат је генерализација резултата добијених у групи др Листа као и значајно поједностављење математичког дела процедуре.

Током боравка у Минхену успостављена је сарадња са групом проф. Листа (није формализована), која се огледа у честој кореспонденцији и анализи нових радова, што доприноси вишем квалитету резултата.

3.9 Показатељи успеха у научном раду

После претходног избора у звање др Бојан Николић је одржао следећа предавања по позиву на скуповима од националног значаја:

М 61 Б. Николић, *Гравитациони таласи - од теорије до директне детекције*, Настава физике број 3, мај 2016, 213-221, XXXIV Републички семинар о настави физике, Златибор 12.-14. мај 2016.

Члан организационог комитета неколико међународних скупова:

- IV Summer School in Modern Mathematical Physics, September 2006, Belgrade, Serbia
<http://mphys4.ipb.ac.rs/>
- V Summer School in Modern Mathematical Physics, September 2008, Belgrade, Serbia
<http://mphys5.ipb.ac.rs/>
- VI Summer School in Modern Mathematical Physics, September 2010, Belgrade, Serbia
<http://mphys6.ipb.ac.rs/>
- VII Summer School in Modern Mathematical Physics, September 2012, Belgrade, Serbia
<http://mphys7.ipb.ac.rs/>
- Gravity and String Theory: New ideas for unsolved problems III (In honour of Prof. Branislav Sazdović's retirement)
<http://www.gst2018.ipb.ac.rs/>

Кандидат је добитник награде Института за физику у Београду 2009. године за најбоље урађену докторску тезу на Институту у току 2008. године.

Прилог: копија рада, план рада скупа, позив организатора.

4 Елементи за квантитативну анализу

Остварени резултати након утврђивања предлога за реизбор у звање виши научни сарадник (редовна седница Научног већа Института за физику од 23.10.2018. године)

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
М21	8	5	40	40
М33	1	2	2	1,71
М34	0,5	1	0,5	0,5
Укупно		8	42,5	42,21

Поређење са минималним квантитативним условима за реизбор у звање вишег научног сарадника⁴

		Неопходно	Остварено(нормирано)
Виши научни сарадник	Укупно	25	42,21
	$M_{10} + M_{20} + M_{31} + M_{32} + M_{33} + M_{41} + M_{42} + M_{90}$	20	41,71
	$M_{11} + M_{12} + M_{21} + M_{22} + M_{23}$	15	40

⁴Приликом реизбора у звање виши научни сарадник минимални квантитативни захтев је, по Правилнику, половина онога што је неопходно за избор у звање виши научни сарадник.

5 ЗАКЉУЧАК

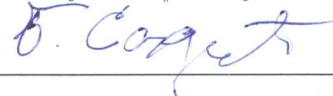
У свом истраживачком раду др Бојан Николић је испитивао некомутативност и Т-дуалност бозонске струне и суперструне, репрезентовање Т-дуалности у удвострученим просторима као и Т-дуализацију теорија са координатно зависним позадинским пољима. Резултати рада су објављени у врхунским међународним часописима. Имајући у виду да су то теме које су на фронту истраживања у области теорије струна као и значај добијених резултата, сматрамо да др Николић испуњава све услове за **реизбор у звање виши научни сарадник**. Зато предлажемо Научном већу Института за физику да усвоји овај извештај и предложи др Бојана Николића за реизбор у звање виши научни сарадник.

У Београду,
19. 04. 2024. године

др Бранислав Цветковић
научни саветник
Институт за физику



др Бранислав Саздовић
научни саветник у пензији
Институт за физику



Проф. др Воја Радовановић
редовни професор
Физички факултет

