

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

Извештај комисије за избор др Бориса Ступовског у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 06. 06. 2023. године именовани смо у комисију за избор др Бориса Ступовског у звање 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.

1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Борис Ступовски је рођен 1988. године у Кикинди. Гимназију у Кикинди је завршио 2007. године као носилац Вукове дипломе. Исте године уписао је основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Почев од друге године студија почиње да се бави истраживањем електронске структуре полупроводничких хетероструктура под менторством проф. др Дејана Гвоздића. Основне студије физике је паралелно уписао 2010. године на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика. Основне студије електротехнике на смеру Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника завршио је 2011. године са просечном оценом 9,21. Завршни рад под називом “Електронска структура низова квантних црта” урадио је под руководством проф. др Дејана Гвоздића. Основне студије физике завршио је 2013. са просеком 9,79. Матер студије на Физичком факултету Универзитета у Београду је уписао 2013. године на смеру Теоријска и експериментална физика. Мастер тезу под називом “Некомутативна гравитација на канонски деформисаном простору времену” под руководством проф. др Воје Радовановића је одбранио 2016. године.

Борис Ступовски је 2016. као стипендиста уписао докторске студије на институту Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) у Трсту, Италија из области математике, прецизније из геометрије и математичке физике. Тезу под називом “Постојање Риманових метрика са позитивном биортогоналном кривином на просто повезаним петодимензионим многострукостима” из области Риманове геометрије је урадио под руководством др Рафаела Тореса и одбранио 2020. године.

Током 2014. године радио је као наставник физике у две средње школе у Кикинди. По завршетку докторских студија, током 2021. Године био је ангажован као програмер у индијској компанији Zummit Infolabs. Од 2022. године је запослен као наставник рачунарства и информатике у средњој школи у Кикинди.

Борис Ступовски је аутор три рада категорије M20. До сада је учествовао у више летњих школа. Одржао је предавање на другој БУМАТ конференцији у Мадриду. Према подацима о цитираности из базе Web of Science његови радови су цитирани 10 пута, од чега 9 пута без ауоцитата, док је његов Хиршов индекс 2.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Током свог досадашњег научноистраживачког рада, Борис Ступовски је радио на темама из примене метода статистичке физике, теорије кондензованог стања и нумеричких симулација

у анализи електронске структуре полупроводничких хетероструктура. Поред тога, током докторских студија из математике, кандидат се бавио конструисањем нових примера вишедимензионалних Риманових многострукости са позитивном кривином применом фактор Лијевих група, деформацијом Риманових метрика дуж орбита дејства група и конформним деформацијама Риманове метрике. Његов истраживачки рад се може груписати у следеће две теме:

- електронска структура у дводимензионалној полупроводничкој хетероструктури званој квантна црта, и
- конструкција вишедиоменионалних Риманових многострукости са позитивном кривином.

2.1. Електронска структура у дводимензионалној полупроводничкој хетероструктури званој квантна црта

Због једноставног технолошког процеса раста, самосостављене полупроводничке наноструктуре су занимљиве, посебно њихова електронска и оптичка својства. Најзанимљивија примена ових структура је код полупроводничких ласера и оптичких појачивача, где се оне користе за активну област. Један од нових представника ових структура је квантна црта, дводимензионална структура налик на квантну жицу. Квантне црте нарастају у ансамблу у којем има доста варијације у димензијама појединачне црте, што утиче на зонску структуру, електронске и оптичке особине. Да би се анализирао ансамбл квантних црта потребно је развити ефикасан метод рачунања зонске структуре, који може да укључи неправилан попречни пресек појединачне квантне црте.

За одређивање зонске структуре квантне црте коришћена је једноелектронска апроксимација и апроксимација анвелопних функција. Пошто је квантна црта дугачка по једној дужини, ова апроксимација се своди на решавање дводимензионалне Шредингерове једначине са просторно зависном ефективном масом. Маса и потенцијали електрона су различити у црти, која се састоји од једног полупроводника, и омотачу који је сачињен од другог. Једначина се не може решити аналитички због неправилног попречног пресека квантне црте, који изгледа као издужени Гаусијан, или троугао. Метод коначних елемената захтева формирање триангулације, па смо га избегли и користили смо метод коначних разлика. Метод коначних разлика је једноставнији и бржи од метода коначних елемената, али пошто је мрежа дискретизације квадратна не може коректно да опише неравне границе између полупроводника. Да би решио овај проблем, кандидат је искористио трансформацију координата која границе полупроводника пресликава у правоугаоне и тиме их прилагођава методу коначних разлика. Ово има за последицу да једначина која се решава постаје компликованија. Кандидат је у Matlab-у написао програм за решавање ове једначине и на основу резултата симулација анализирао како димензије појединачне квантне црте утичу на њену зонску структуру.

Кандидат је такође анализирао бесконачни низ квантних црта наслаганих једна до друге. Ради анализе, претпоставио је да су све црте у идентичне. Ово је омогућило да се анализа низа црта изврши посматрањем само једне, основне ћелије, са периодичним граничним условима. Да би се узела у обзир периодичност структуре, користе се одговарајуће периодичне функције за смену координата, као и нумеричке симулације. Кандидат је истражио како границе минizona зависе од димензија квантне црте, растојања између две суседне црте и од дебљине слоја који спаја суседне црте. Уочио је интересантно преплитање минizona за одређене вредности растојања између суседних црта.

Описано истраживање и резултати објављени су у следећим радовима:

1. **B. M. Stupovski**, J.V. Crnjanski, and D.M. Gvozdić
Application of coordinate transformation and finite differences method in numerical modeling of quantum dash band structure
Comput. Phys. Commun. **182**, 289 (2011).
2. **B. M. Stupovski**, J. V. Crnjanski, and D. M. Gvozdić,
Miniband electronic structure of quantum dash array
J. Appl. Phys. **112**, 123716 (2012).

2.2. Конструкција вишедиомензионалних Риманових многострукости са позитивном кривином

Кандидат се бавио конструисањем метрика са позитивном кривином и позитивном биортогоналном кривином на петодимензионалним многострукостима. Доказао је да Декартов производ тродимензионалне и дводимензионалне сфере дозвољава Риманову метрику са позитивном кривином за било који угао већи од нуле. Затим, коришћењем структурних теорема за просто повезане петодимензионалне многострукости, кандидат је доказао да све затворене, просто повезане, петодимензионалне многострукости са тривијалном Стифел-Витнијевом класом и хомологијом без торзије дозвољавају метрику са позитивном биортогоналном кривином. Кандидат је такође конструсао метрику са позитивном биортогоналном кривином на затвореној, просто повезаној, петодимензионалној многострукости са тривијалном Стифел-Витнијевом класом, али ненултом торзијом у хомологији, на такозваној Ву-овој многострукости, фактор групи $SU(3) \times SO(3)$. Овај резултат одговара негативно на питање да ли је торзија препрека за позитивну биортогоналну кривину.

Описана истраживања објављена су у следећем раду, који је заправо сажетак резултата кандидатове тезе:

B. M. Stupovski and R. Torres

Existence of Riemannian metrics with positive biorthogonal curvature on simply connected 5-manifolds

Archiv der Mathematik **115**, 589 (2020).

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

3.1. Квалитет научних резултата

3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Борис Ступовски је у свом досадашњем раду дао кључни допринос у укупно 3 рада категорије M20. Од тога, један рад је категорије M21a (међународни часописи изузетних вредности), један категорије M21 (врхунски међународни часописи) и један категорије M23.

Најзначајнији рад кандидата је:

B. M. Stupovski, J.V. Crnjanski, and D.M. Gvozdić

Application of coordinate transformation and finite differences method in numerical modeling of quantum dash band structure

Comput. Phys. Commun. **182**, 289 – 298 (2011).

M21a, DOI: 10.1016/j.cpc.2010.09.014

У овом раду, кандидат је имплементирао комбинацију смене координата и метода коначних разлика у циљу решавања дводимензионалне Шредингерове једначине са ефективном масом. Решавана једначина описује електронску структуру квантне црте у апроксимацијама једног електрона и анвелопних функција. Поред имплементације, кандидат је тестирао нумерички метод и показао његову конвергенцију. Променом параметара смене координата може се реализовати велики број различитих попречних пресека. Кандидат је истраживао зависност електронске структуре квантне црте од њених димензија и облика. Овај рад је значајан јер је показао да се електронска структура квантне црте може добити ефикасно методом коначних разлика без обзира на неправилан попречни пресек ове хетероструктуре.

3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према подацима о цитираности из базе Web of Science на дан 24. 04. 2023. године, радови чији је кандидат коаутор цитирани су 10 пута, од чега 9 пута без аутоцитата, а Хиршов индекс је 2.

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Кандидатови радови у категорији M21a, M21 и M23 су објављени у следећим часописима:

1 рад у Computer Physics Communications (ИФ = 3.268),

1 рад у Journal of Applied Physics (ИФ = 2.210),

1 рад у Archiv der Mathematik (ИФ=0.608).

Укупан импакт фактор радова кандидата је 6.086.

Додатни библиометријски показатељи објављених радова кандидата су дати у доњој табели. Она садржи импакт факторе (ИФ) радова, M20 бодове радова по категоризацији научноистраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (СНИП) (најбоља вредност из периода до две године уназад од објаве рада). У табели су дате укупне вредности, као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора по чланку, за радове категорије M20.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	6.086	21	4.09
Усредњено по чланку	2.029	7	1.363
Усредњено по аутору	2.13	7.5	1.5

3.1.4. Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Кандидат је почео са истраживачким радом на Електротехничком факултету Универзитета у Београду док је био студент основних студија. Ово је резултовало два публикацијама, где је кандидат водећи аутор. При изради ових публикација кандидат је учествовао у конкретној формулацији проблема, развоју метода, конструкцији и нумеричким

симулацијама теоријских модела. Кандидат је затим наставио истраживачки рад на институту SISSA у Италији. Ово је резултовало једном публикацијом где је кандидат водећи аутор. У овој публикацији, кандидат је учествовао у формулацији проблема, развоју и примени рачунског метода, као и писању самог рада.

3.1.5. Елементи применљивости научних резултата

У последње две деценије самоорганизоване полупроводне квантне наноструктуре привлаче пажњу због електричних и оптичких особина. Са технолошког аспекта њихова највећа предност је самоорганизовани процес настајања, што значи да не захтевају додатне технике генерисања. Њихова најчешћа примена је у вези са полупроводничким ласерима и оптичким појачивачима. Један од најинтересантнијих представника породице самоорганизованих полупроводника су кватне црте које су полупроводничке наноструктуре које личе на жице. Резултати кандидата су фокусирани на моделирање и разумевање електричних особина квантних црта. Због самоорганизованог раста, квантне црте варирају у ширини, висини и дужини, па самим тим варирају и њихове електричне особине. Један од резултата кандидата представља једноставан модел раста ових наноструктура, што омогућава њихову једноставну класификацију, предвиђање процеса раста и зависности електричних особина од димензија квантних црта.

3.2. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

У досадашњој каријери кандидат је објавио три рада категорије M20 и један рад на конференцији категорије M64, као и докторску дисертацију M70. Имајући у виду да су сви радови кандидата теоријски радови и да имају три или мање коаутора, сваки рад се рачуна са пуном тежином.

3.3. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата огледа се у подацима о цитираности, наведеним у секцији 3.1.2. Кандидат је резултате својих истраживања презентовао на интернационалној конференцији *2nd BYMAT Conference - Bringing Young Mathematicians Together, May 20-24, 2019, Madrid, Spain*.

3.4. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

У прва два објављена рада кандидат је дао кључни допринос у погледу концептуализације и имплементације нумеричког метода, примени тог метода, као и аналитичких решења потребних за реализацију поменутог метода. У трећем објављеном раду кандидат је развио аналитичке формуле и искористио их за доказ главног резултата рада. Кандидат је значајно допринео писању овог рада, а досадашње научне активности обављао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду и институту SISSA у Италији.

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати у почетка научне каријере кандидата

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М (нормирани) бодова
M21a	10	1	10
M21	8	1	8
M23	3	1	3
M64	0.2	1	0.2
M70	6	1	6

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни сарадник:

Минимални број М бодова	Неопходно	Остварено, број М (нормирани) бодова без нормирања
Укупно	16	27.2
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	21
M11+M12+M21+M22+M23	6	21


5. ЗАКЉУЧАК


Др Борис Ступовски у потпуности испуњава услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о стицању истраживачких и научних звања ресорног Министарства. У досадашњој каријери остварио је оригиналне и веома значајне научне резултате који побољшавају наше разумевање електронских структура у дводимензионалним полупроводницима, као и разумевању вишедимензионалних Раманових многоструктости. Посебно истичемо изразит степен интердисциплинарности истраживања др Бориса Ступовског, што додатно доприноси развоју физике у Србији.


Имајући у виду квалитет његовог научноистраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Бориса Ступовског у звање научни сарадник.

У Београду, 14. 06. 2023. године

Чланови комисије:


др Марија Митровић Данкулов
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду


др Мирослав Анђелковић
научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“


др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду