

ПРИМЉЕНО: 20. 05. 2022

Рад. јед.	Б р о ј	Арх. шифра	Прилог
0801	613/1		

1

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

Извештај комисије за избор др Игора Прлине у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 10.5.2022. именовани смо у комисију за избор др Игора Прлине 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

Образовање:

Игор Прлина рођен је 24. 1. 1990. у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Школске 2009/2010. је уписао основне студије на Универзитету у Београду - Физичком факултету, смера „теоријска и експериментална физика“. Основне студије је завршио школске 2012/2013. године са просечном оценом 10.0. За „изузетан успех на студијама физике“, школске 2011/2012. године награђен је стипендијом фонда „Проф. др Ђорђе Живановић“ од стране Универзитета у Београду - физичког факултета и Института за физику Београд. Мастер студије на Универзитету у Београду - Физичком факултету уписао је и завршио школске 2013/2014. са просечном оценом 10.0, одбраном мастер рада „Квантни распад и локализација симетрије у оквиру временски симетризоване квантне механике“ под менторством проф. др Наташе Недељковић. Докторске студије је уписао 2014/2015. на Браун универзитету (Brown University), Провиденс, Род Ајленд, САД. Докторирао је 2018/2019 под менторством проф. др Маркуса Спрадлина, одбраном докторске тезе „Landau Singularities in Planar Massless Theories (Ландауове сингуларности у планарним безмасеним теоријама)“.

Радно искуство:

Игор Прлина је радио као сарадник у настави на Универзитету у Београду - Физичком факултету током мастер студија, 2014/2015. на предметима „електромагнетизам“ код проф. др Наташе Недељковић и „лабораторија физике“ код проф. др Николе Шишовића. Током докторских студија на Браун универзитету радио је као асистент у настави током школских година 2015/2016. и 2016/2017. на предметима „Analytical Mechanics (аналитичка механика)“ код проф. др Чунг-И Тана и проф. др Антала Јевицког (у две различите године), „Introduction to Relativity, Waves and Quantum Physics (увод у релативност, таласе и квантну физику)“ код проф. др Бреда Марстона и „Advanced Classical Mechanics (напредна класична механика)“ код проф. др Маркуса Спрадлина. За рад као асистент у настави додељена му је награда за извршност у настави од стране департмана за физику Браун универзитета. Такође, током докторских студија, Игор Прлина је радио и као асистент - истраживач, школске 2016/2017. и 2017/2018. године. За рад као асистент - истраживач, додељена му је награда за заслуге у физици (Physics Merit) од стране департмана за физику Браун универзитета. Од 2019. до 2020. године, Игор Прлина је радио на постдокторској позицији на институту ЦЕА Сакле (CEA Saclay) и Универзитету Париз-Суд (Université Paris-sud) у Француској са звањем „инжењер-истраживач (Ingénieur-Chercheur)“. Током школске године

2021/2022. радио је као наставник физике у ОШ Петар Кочић у Београду - општини Земун.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научна активност и допринос Игора Прлине обухватају три тематске целине. Прва целина изучавана је током његових мастер студија, док су друга и трећа целина изучаване током докторских студија. Прва целина представља проучавање постселекованих (временски симетризованих) квантних система, друга целина представља проналажење сингуларности у планарној теорији $N=4$ супер-Јанг-Милс користећи амлитухедрон и Ландауове једначине, док трећа целина представља проналажење сингуларности у било којој безмасеној планарној теорији у произвољном реду теорије пертурбације користећи Ландауове једначине.

Прва тематска целина садржи развој формализма „временски симетризоване“ квантне механике постселекованих система у случају неунитарне еволуције и присуства мешаних уместо чистих стања, као и примену датог формализма за проучавање постселекованих временски асиметричних процеса као што су спонтана деекситација атома, термализација квантног система и јонизација и електронски захват атома при прилазу металној површини.

Временски симетризована квантна механика односи се се на квантна мерења на такозваним постселекованим квантним ансамблима. Стандардни квантни ансамбли се пре квантног мерења препарирају у жељено почетно стање. Ова препаратација се обавља тако што се изврши квантно мерење и у ансамблу се задрже само они чланови који су при препаратационом квантном мерењу одговарали задатој својственој вредности. Ову препаратацију називаћемо предселекција. У постселекованим квантним системима захтевамо не само да квантни ансамбл задовољава предселекциони услов, већ тражимо да исти ансамбл задовољи и додатно друго квантно мерење у крајном тренутку посматраном временског интервала. Ово друго мерење назива се постселекција. Временски симетризована квантна механика проучава квантна мерења на ансамблима који су и предселековани и постселековани.

У временски симетризованој квантној механици постоје два квантна стања, прво које еволуира од предселекционог стања ка будућем времену, док друго стање еволуира од постселекционог стања ка прошлости. Научни допринос Игора Прлине теорији временски симетризоване квантне механике је развој формализма који може да опише неунитарну еволуцију квантног система, укључујући и еволуцију чистог у мешано квантно стање. Користећи тај формализам, Игор Прлина је проучио понашање одређених постселекованих квантних система који еволуирају ефективно неунитарно, укључујући спонтану деекситацију атома и постизање термалне равнотеже. Утврђено је да се и у временски симетризованим системима атомске деекситације може реконструисати стрела времена као смер у којем вероватноћа налажења атома у ексцитованом стању опада, док у временски симетризованим системима у процесу термализације стрелу времена није могуће реконструисати.

Друга тематска целина посматра границе амплитухедрона и помоћу њих налази Ландауове дијаграме који доприносе сингуларностима у планарној верзији теорије $N=4$ супер-Јанг-Милс. Помоћу овог поступка експлицитно су нађене сингуларности за MHV и $NMHV$ амплитуде на нивоу једне и две петље.

Конјектура амплитухедрона претпоставља да у планарној $N=4$ супер-Јанг-Милс теорији при рачуњању амплитуде интеграцију није неопходно извести по целом импулсном простору, већ само по једном његовом подскупу. Простор импулса по којим је неопходно интегралити назива се амплитухедрон. У адекватним координатама, моментум твисторима, амплитухедрон се може представити као скуп одређених

позитивних матрица. Како амплитухедрон представља „гладак“ физички простор импулса, све сингуларности у теорији могу се наћи само на његовој граници, где поменуте позитивне матрице добијају нулте миноре које одговарају одређеним условима физичности (on-shell условима). Дијаграми састављени од услова физичност називају се Ландауови дијаграми и на основу њих могу се написати системи Ландауових једначина чија су решења потенцијалне сингуларности у теорији. Систематском анализом свих граница амплитухедрона добијају се Ландауове једначине чија су решења једине могуће али и гарантоване сингуларности у теорији. Допринос Игора Прлине овој целини истраживања био је развој везе између амплитухедрона и Ландауових сингуларности, као и експлицитно проналажење сингуларности користећи развијени метод на нивоу једне и две петље за амплитуде MHV и NMHV типа (MHV амплитуде су амплитуде код којих су све честице осим две позитивног хелицитета, док су NMHV амплитуде амплитуде код којих су све честице осим три позитивног хелицитета).

Трећа тематска целина користи особине Ландауових једначина и дијаграма како би омогућила налажење сингуларности при произвољном броју петљи. Наиме, Ландауове једначине се састоје од два различита типа. Први тип једначина задаје услове физичности, док други тип једначина захтева линеарну зависност вектора у одређеној петљи. Може се показати да у безмасеним теоријама, Ландауови дијаграми са придруженим Ландауовим једначинама остају инваријантни при трансформацијама троугао-у-звезду познатим из теорије електричних кола. Како трансформација троугао-у-звезду мења број петљи у дијаграму, она омогућава смањење комплексности дијаграма.

Допринос Игора Прлине овој целини је примена слабо познате теореме математичара Исидора Гитлера на Ландауове дијаграме, која омогућава да се сви релевантни дијаграми редукују на један од такозваних „зигурат“ дијаграма, чија комплексност по нивоу петљи зависи искључиво од броја честица у амплитуди. На тај начин, Ландауове сингуларности амплитуде произвољно високог реда теорије пертурбације могу се свести на решавање Ландауових једначина које одговарају Ландауовим дијаграма зигурат типа, одређених бројем честица. Овај резултат важи за све безмасене планарне теорије, међу осталим и за $N=4$ супер-Јанг-Милс. Важна последица овог резултата је да $N=4$ супер-Јанг-Милс теорија има коначан број сингуларности на свим нивоима теорије пертурбације. То је доказало да до тада владајуће мишљење, да на основу особина такозваних кластер алгебри број сингуларности треба да буде бесконачан, није тачно.

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

3.1. Квалитет научних резултата

3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Најзначајнији радови др Игора Прлине у којима је он дао највећи допринос су:

- [1] **I. Prlina**, M. Spradlin and S. Stanojevic, “All-loop singularities of scattering amplitudes in massless planar theories”, *Phys. Rev. Lett.* **121**, 081601 (2018)
M21a, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.081601>
- [2] **I. Prlina**, M. Spradlin, J. Stankowicz, S. Stanojevic, and A. Volovich, “All-helicity symbol alphabets from unwound amplituhedra”. *J. High Energ. Phys.* **2018**, 159 (2018)
M21, DOI: [https://doi.org/10.1007/JHEP05\(2018\)159](https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)159)
- [3] T. Dennen, **I. Prlina**, M. Spradlin, S. Stanojevic, and A. Volovich, “Landau singularities from the amplituhedron”. *J. High Energ. Phys.* **2017**, 152 (2017)

M21, DOI: [https://doi.org/10.1007/JHEP06\(2017\)152](https://doi.org/10.1007/JHEP06(2017)152)

[4] **I. Prlina** and N. Nedeljković, “Time-symmetrized description of nonunitary time asymmetric quantum evolution”, *J. Phys. A: Math. Theor.* **49**, 035301 (2016)

M21, DOI: <https://doi.org/10.1088/1751-8113/49/3/035301>

Четврти рад је значајан зато што проширује формализам временски симетризоване квантне механике на ефективно неунитарне еволуције као и на мешана стања, што знатно проширује дијапазон система који се могу проучавати у постселектованим системима.

Трећи рад је значајан зато што је у њему први пут уочена и искоришћена веза између граница амплитухедрона и Ландауових сингуларности, која је отворила нови правац истраживања.

Други рад је значајан зато што је у њему први пут искоришћена реформулација амплитухедрона помоћу промена знака низова, како би се метод из трећег рада могао проширити на N^k MHV амплитуде у планарном $N=4$ SYM, резултат који је омогућио проналажење дотад непознатих сингуларности NMHV амплитуда на нивоу две петље у даљем истраживању.

Први рад је значајан зато што открива поступак за налажење Ландауових сингуларности у произвољном реду теорије пертурбације, за било коју планарну безмасену квантну теорију поља. Такође је доказано да планарна теорија $N=4$ SYM има коначно много сингуларности на нивоу свих петљи. Овај резултат је нарочито значајан зато што је оборио дотад важећу претпоставку да је број сингуларности бесконачан за 8 и више честица на основу понашања кластер алгебри.

Значај ових радова се огледа у квалитету научних часописа у којим су објављени, броју цитата који су добили, као и престижу научних конференција на којима су представљени.

3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према подацима из базе Web of Science, радови др Игора Прлине цитирани су укупно 76 пута, од чега 57 пута изузимајући аутоцитате и коцитате. Хиршов индекс је 4. Према подацима из базе SCOPUS, радови др Игора Прлине цитирани су укупно 61 пут.

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Кандидат др Игор Прлина је објавио укупно 5 радова у међународним часописима и то: 1 рад у међународном часопису изузетне вредности „Physical Review Letters“, импакт фактора $IF(2018)=9.227$; $SNIP(2018)=2.66$.

4 рада у врхунским међународним часописима, од чега 3 рада у часопису „Journal of High Energy Physics“, импакт фактора $IF(2018)=5.833$, $IF(2018)=5.833$, $IF(2017)=5.541$; $SNIP(2018)=1.25$, $SNIP(2018)=1.25$, $SNIP(2017)=1.23$, и један рад у часопису „Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical“ импакт фактора $IF(2015)=1.933$; $SNIP(2015)=1.06$.

Библиографски показатељи сумирани су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	28.367	42	7.45
Усредњено по чланку	5.673	8.4	1.49
Усредњено по аутору	7.775	12.533	2.23

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

Кандидат је своје истраживање реализовао на Универзитету у Београду и Браун универзитету у Провиденсу, Род ајленд, САД. Кандидат је дао кључан допринос у свим радовима у којима је коаутор. Његов допринос се огледа у успостављању опште идеје рада, проналажењу и доказивању математичких законитости неопходних за анализу проблема, примени формализма на конкретне физичке проблеме те егзактно и нумеричко израчунавање посматраних физичких вредности, као и писању самих радова, комуникацији са рецензентима часописа, те презентовању резултата радова научној заједници. Кандидат је показао висок степен самосталности.

3.1.5. Награде

Школске 2011/2012. године кандидат је награђен стипендијом фонда „Проф. др Ђорђе Живановић“ за изузетан успех на студијама физике, од стране Физичког факултета Универзитета у Београду и Института за физику у Београду. Школске 2015/2016. године, кандидат је добио награду за извршност у предавању као асистента („Award for Excellence as a Graduate Teaching Assistant“) од стране департмана за физику Браун универзитета. Департман за физику Браун универзитета је кандидату доделио и награду за дисертацију у физици изузетне вредности („Physics Merit Dissertation Fellowship“) школске 2018/2019. године.

3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Током докторских студија у периоду 2015-2017. године, кандидат је радио као асистент у настави на Браун универзитету, САД, на предметима „Analytical Mechanics“ код проф. др Чунг-И Тана и проф. др Антала Јевицког (у две различите године), „Introduction to Relativity, Waves and Quantum Physics“ код проф. др Бреда Марстона и „Advanced Classical Mechanics“ код проф. др Маркуса Спредлина.

Током мастер студија школске 2014/2015. године, кандидат је радио као сарадник у настави на Физичком факултету Универзитета у Београду, на предметима „електромагнетизам“ код проф. др Наташе Недељковић и „лабораторија физике“ код проф. др Николе Шишовића.

Кандидат се бавио и педагошким радом – током школске 2021/2022. године радио је и као наставник физике у ОШ Петар Кочић у Београду - општина Земун.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Рад кандидата категорије M21a има 3 аутора, па се овај рад рачуна са пуном тежином. Од радова кандидата категорије M21, један рад има 2 аутора те се узима са пуном тежином, док 3 рада имају 4 или 5 аутора те се ови радови нормирају благо умањено у односу на укупан број радова. Укупан број M поена у радовима у међународним часописима је 42, док је нормирани број M поена остварен у истим радовима 36.1.

3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Због докторских студија и постдокторског ангажмана у иностранству (САД и Француска), кандидат није био у могућности да учествује у руковођењу пројектним задацима.

3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Због докторских студија и постдокторског ангажмана у иностранству, кандидат није био у прилици да држи било какве функције у научним друштвима и организационим комитетима научних скупова. Такође, кандидату нису до сада упућивани позиви за рецензије радова у часописима, што је потпуно нормално у овако раној фази његове каријере.

3.6. Утицај научних резултата

Значај научних резултата кандидата је описан у тачки 3.1.1, док се њихов утицај огледа у броју цитата који су наведени у тачки 3.1.2.

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

Кандидат је један рад реализовао на Универзитету у Београду током једногодишњих мастер студија и четири рада реализовао на Браун универзитету у Провиденсу, Род ајленд, САД, током петогодишњих докторских студија, у оквиру групе за теорију високих енергија. Кандидат је дао кључан допринос у свим радовима у којима је коаутор. У свим радовима, кандидат је допринео кроз успостављање опште идеје рада, проналажење и доказивање математичких законитости неопходних за анализу проблема, примену формализма на конкретне физичке проблеме, егзактно израчунавање посматраних физичких вредности, писање самих радова, комуникацију са рецензентима часописа. У два рада кандидат је допринео кроз нумеричко израчунавање посматраних физичких вредности. Кандидат је такође за све радове значајно допринео презентовању резултата радова научној заједници и то за четири рада кроз презентовање семинара и два рада кроз представљање на постер-презентацијама.

3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Од осталих активности, кандидат има истакнуту међународну сарадњу. Током петогодишњих докторских студија на Браун универзитету у Провиденсу, Род Ајленду, САД, активно је учествовао у раду групе за теорију високих енергија, те је током постдокторског истраживања радио на ЦЕА Сакле институту у Француској и Laboratoire de Physique Théorique d'Orsay у Орсеју, Француска.

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати :

Категорија	М-бодова по дубликацији	Број публикација	Укупно М-бодова (нормирано)
M21a	10	1	10 (10)
M21	8	4	32 (26.10)
M33	1	3	3 (2.67)
M70	6	1	6 (6)

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

Минимални број М бодова	Потребно	Остварено (нормирано)
Укупно	16	51 (44.76)
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	45 (38.76)
M11+M12+M21+M22+M23	6	42 (36.10)

5. ЗАКЉУЧАК

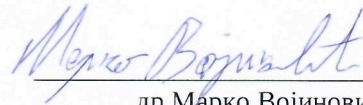
Др Игор Прлина у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник према критеријумима прописаним од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Правилнику о стицању истраживачких и научних звања. Остварио је оригиналне научне резултате који су приказани у радовима објављеним у часописима категорије M21a и M21, као и у више саопштења са међународних конференција. Комисија је утврдила да кандидат испуњава све квалитативне и квантитативне услове потребне за избор у звање научни сарадник. На основу свега изложеног предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Игора Прлине у звање научни сарадник.

У Београду, 12.5.2022.

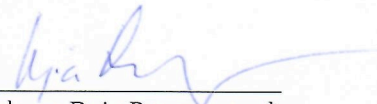
Чланови комисије :



др Бранислав Цветковић
научни саветник
Институт за физику у Београду



др Марко Војиновић
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду



проф. др Воја Радовановић
редовни професор
Физички факултет
Универзитет у Београду