

Назив НИО који подноси захтев: Институт за физику у Београду

РЕЗИМЕ ИЗВЕШТАЈА О КАНДИДАТУ ЗА СТИЦАЊЕ НАУЧНОГ ЗВАЊА

I Општи подаци о кандидату

Име и презиме: Михаило Чубровић

Година рођења: 1985

ЈМБГ: 0405985710333

Назив институције у којој је кандидат стално запослен: Институт за физику у Београду

Дипломирао: 2008, Физички факултет, Универзитет у Београду

Докторска дисертација: 2013, Лоренцов институт, Универзитет у Лајдену

Постојеће научно звање: научни сарадник

Научно звање које се тражи: научни сарадник

Област науке у којој се тражи звање: природно-математичке науке

Грана науке у којој се тражи звање: физика

Научна дисциплина у којој се тражи звање: кондензована материја

Назив матичног одбора којем се захтев упућује: Матични одбор за физику

II Датум избора у научно звање:

Научни сарадник: 29.11.2017.

III Научно-истраживачки резултати (Прилог 1 и 2 Правилника):

1. Радови објављени у научним часописима међународног значаја; научна критика; уређивање часописа (M20):

	број	вредност	укупно
M21 =	4	8	32

2. Зборници са међународних научних скупова (M30):

	број	вредност	укупно
M33 =	2	1	2
M34 =	2	0.5	1

IV Квалитативна оцена научног доприноса (Прилог 1 Правилника):

1.1. Квалитет научних резултата

У досадашњој каријери је објавио укупно 27 публикација, од чега 14 радова у научним часописима међународног значаја (категорије M20). До сада је објавио два рада у часописима категорије M21a, 11 радова у часописима категорије M21, један рад у часопису категорије M22 и једно поглавље у зборнику водећег међународног значаја M13. На међународним скуповима има 12 публикација у зборницима, три штампана у целини (кат. M33) и 9 штампаних у изводима (кат. M34).

У изборном периоду, након одлуке Научног већа о предлогу за стицање важећег научног звања, кандидат је објавио четири рада категорије M21 (врхунски међународни часопис), два рада категорије M33 и два рада категорије M34.

1.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Радови кандидата категорије M20 су највећим делом (13 од 14 радова) објављени у врхунским међународним часописима. Има један рад [A2] у престижном часопису *Science* као први аутор, који је класификован као “Highly cited paper” у бази података Web of Science. Радови [A1], [B2] и [B3] формирали су нову тачку гледишта на високо корелисане фермионе и инспирисали даљи рад низа аутора у истом правцу. Рад [B10] је указао на дубоке везе теорије струна и квантног хаоса и недавно је такође инспирисао даљи рад других аутора у покушају да разумеју везу динамике струне и временски неуређених корелационих функција у теорији поља.

У изборном периоду, кандидат је био први аутор на два рада [B8,B10], а од тога је на једном био једини аутор [B10]. То је централни рад кандидата у изборном периоду, основ за наредни рад и даља истраживања кандидата на пољу квантног хаоса:

M. Čubrović

The bound on chaos for closed strings in Anti-de Sitter black hole backgrounds,
Journal of High Energy Physics **2019**, 150 (2019)

[10.1007/JHEP12\(2019\)150](https://arxiv.org/abs/10.1007/JHEP12(2019)150)

32 стране, ИФ за 2019. годину 5.875 (M21)

Овај рад проучава нелинеарну динамику затворене струне у позадини црних рупа са различитим геометријама хоризонта. Очекивано, нађено је да је динамика хаотична, но значајан резултат је да експонент Љапунова показује једноставну релацију са максималним Љапуновљевим експонентом у квантним теоријама поља који су предвидели Малдасена, Шенкер и Станфорд (MSS граница), а који је пропорционалан температури. За класичну динамику затворене струне, тај експонент је тачно n пута већи, где је n ротациони број (winding number) струне. С једне стране, није се очекивала никаква једноставна релација са MSS границом, јер се овде ради о класичној струни, а не о квантном пољу; са друге стране, нејасно је зашто је граница модификована тачно n пута (и то навише, тј. граница је нарушена). Међутим, када се процене димензије и енергије оператора који описују дуалну теорију поља, испоставља се да дуална теорија поља тачно задовољава MSS границу, али је време достизања развијеног хаоса и еквилибрације ипак смањено n пута, јер је вредност на којој временски неуређена корелациона функција сатурише n пута нижа.

Овај резултат има две важне импликације. Прво, у квантном хаосу експонент раста пертурбације (Љапуновљев експонент) носи мање информација него у класичном хаосу; јако корелисани квантни системи готово увек сатуришу MSS границу, али се разликују по Еренфестовом времену (времену потребном да се пертурбација рашири по систему) и те разлике дају далеко финији индикатор хаотичне динамике. За квантно-механичке системе и модел случајних матрица, који су приступачнији експлицитном рачуну, овај индикатор је искоришћен за класификацију хаотичних понашања у раду [B11]. Друго, потврђује се такође и за струне и гејџ/стринг дуалност, хипотеза Саскинда и других о хоризонту црне рупе као генератору хаоса, који скрембљује информације и зато доводи до проводног проблема информације црних рупа. У последње време појавио се низ публикација који по аналогiji са горенаведеним радом кандидата испитују хаос у кретању струна у разним геометријама, и налазе да је модификована (n пута увећана) MSS граница увек задовољена, док је оригинална MSS граница често нарушена. Тако се у погледу класичне динамике струна у позадини црних рупа добија јасан квантитативни резултат, али – за разлику од примене на дуалну теорију поља – овде тек треба разумети тачан физички смисао, тј. везу са ентропијом црне рупе.

1.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према бази Web of Science, радови кандидата су цитирани укупно 425 пута без самоцитата, уз Хиршов индекс 5. Рад кандидата [A2] у престижном часопису *Science* је класификован као “Highly cited paper” у бази података Web of Science.

1.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Кандидат је објавио радове у следећим часописима:

- 1 рад у *Science* (ИФ(2009)=29.747, СНИП(2009)=7.04)
- 5 радова у *Journal of High Energy Physics* (ИФ(2010)=6.049, ИФ(2013)=6.220, ИФ(2014)=6.110, ИФ(2019)=5.875, ИФ(2020)=5.810, СНИП(2011)=1.42, СНИП(2016)=1.35, СНИП(2020)=1.17)
- 2 рада у *Physical Review A* (ИФ(2016)=2.925, ИФ(2017)=2.909, СНИП(2015)=1.07, СНИП(2017)=1.02)
- 1 рад у *Physical Review B* (ИФ(2014)=3.736, СНИП(2013)=1.32)
- 3 рада у *Physical Review D* (ИФ(2010)=4.964, ИФ(2013)=4.864, СНИП(2009)=1.66, СНИП(2011)=1.52, СНИП(2013)=1.41)
- 1 рад у *Physical Review E* (ИФ(2005)=2.418, СНИП(2003)=1.16)
- 1 рад у *European Physical Journal D* (ИФ(2007)=1.828, СНИП(2007)=0.89)

Укупан импакт фактор радова кандидата је 88.32.

У изборном периоду, кандидат има четири публикације категорије M21. На једном раду је једини аутор, док на преостала три има по једног коаутора.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	17.519	32	4.52
Усредњено по чланку	4.379	8	1.13
Усредњено по аутору	11.697	20	2.89

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

Кандидат је једини аутор радова [A1, B7, B10] категорије M20. Кандидат је водећи аутор на 5 радова категорије M20 са коауторима [A2, B2, B3, B8, C1], у којима је развио нумерички метод и дао кључни допринос у погледу израде нумеричких симулација и њихове интерпретације, као и допринос писању радова. На радовима [B1, B6, D1] кандидат је такође аутор нумеричког метода коришћеног за добијање резултата. Радови [B9] и [B11] настали су као резултат студентских пракси, први аутори су студенти Драган Марковић и Тривко Кукољ, а кандидат, као руководиоца истраживања, је други (и последњи) аутор. Из овога се види да је у питању формиран и самосталан истраживач, способан да води истраживања високог квалитета.

1.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Активности пре претходног избора у звање

Кандидат је у летњем семестру 2010. и 2011. године био асистент на предмету Theory of Condensed Matter на Универзитету у Лајдену. На Универзитету у Келну био је асистент на предметима Advanced Quantum Mechanics (зима 2013. године), Quantum Mechanics (лето 2014. године) и Quantum Field Theory (лето 2015. године). На универзитету у Лајдену кандидат је радио са мастер студентима (Piet Schijven и Jelle Brill), који су се укључили у рад на публикацијама [B1] и [D1].

Активности након претходног избора у звање

Михаило Чубровић је тренутно ментор мастер тезе студента Владана Гецина (Физички факултет Универзитета у Београду), на тему холографског Хабардовога модела у оквиру пројекта Key2SM (студент није члан Key2SM тима, али сарађује на истој теми). Студент ће бранити тезу у јулу или септембру 2022. године.

Кандидат је радио са студентима Физичког факултета Универзитета у Београду и Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду у оквиру летњих пракси. Летњу праксу са кандидатом су радили Душан Новичић (аналитичко тражење солитонских решења методом инверзног расејања, 2017; хаотичне геодезијске путање у пољу длакаве црне рупе, 2018), Владан Ђукић (Emerging Fermi liquids from regulated Quantum Electron Stars, 2022) и Драган Марковић [B11], сви са Физичког факултета Универзитета у Београду; Тривко Кукољ [B9] и Филип Херчек (електронски спектри на холографским решеткама, у оквиру пројекта Key2SM), сви са Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Током посете Универзитету у Лајдену (и раније Универзитету у Амстердаму), кандидат ради са студентом Николом Шањом (Nicolas Chagnet), на заједничком пројекту са Владаном Ђукићем (Emerging Fermi liquids from regulated Quantum Electron Stars, arXiv:2204.10092[hep-th]).

Кандидат је такође држао предавања у оквиру предмета Семинар савремене физике за студенте треће године Физичког факултета Универзитета у Београду (теме: Квантна критичност и чудни метали, март 2018 и април 2019; Квантна теорија информација, црне рупе и црвоточине, април 2021). Такође је активан као стручни сарадник у Истраживачкој станици Петница, на семинарима Астрономија и Физика.

1.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Сви радови кандидата укључују сложене нумеричке симулације. По Правилнику, ови радови се вреднују у потпуности за број аутора до 5. Сви радови кандидата у изборном периоду су са 2 или мање аутора, па се рачунају са пуним бројем бодова.

1.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидат је учествовао у пројекту “Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система” (ОН171017) финансираном од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Руководилац је потпројекта 3, “Јако корелисани многочестични системи, AdS/CFT кореспонденција и квантна критичност” у оквиру Лабораторије за примену рачунара у науци Центра изузетних вредности за изучавање комплексних система Института за физику у Београду, а учествовао је и у потпројекту 2, “Тополошке фазе” истог центра.

Током последње две године, учествује у пројекту Фонда за науку Републике Србије под називом “Cold atoms, Hubbard model and holography: key to strange metals” (Key2SM), у оквиру програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије. Активности у оквиру овог пројекта су у тренутно у фокусу кандидата.

1.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

3.5.1 Рецензије научних радова

Кандидат је рецензент у часописима Journal of High Energy Physics (ИФ(2020)=5.810) и European Physical Journal C (ИФ(2020)=4.590).

3.5.2 Организација научних скупова

Кандидат је коорганизатор online радионице "Strange metals: from the Hubbard model to AdS/CFT" која је одржана од 23. до 25. маја 2022. године, у оквиру ПРОМИС пројекта Key2SM. Радионица је окупила водеће експерте из двеју области које проучавају јако корелисане електронске системе двома различитим методама: нумеричким решавањем Хабардовога модела (и других микроскопских модела решетке) и дуалношћу AdS/CFT. Кандидат је на овом скупу презентовао своје најскорије резултате.

1.6. Утицај научних резултата

Кандидат је у току докторских студија развио методе рачунања спектра и проучавања основног стања (путем бекреакције на геометрију) за холографске моделе на коначној густини (или хемијском потенцијалу). Ови методи и резултати су покренули рад низа истраживача на сличним питањима, што се види из цитираности кључних радова, пре свега [A2] и [B2,B3], а такође су иницирали систематски рад на холографском приступу јако корелисаним електронским системима на Универзитету у Лајдену.

Као научни сарадник, кандидат је иницирао рад на примењеној холографији као новој области на Институту за физику у Београду, руководи одговарајућим потпројектом у оквиру националног центра изузетних вредности, а иницирао је повезивање ове области са добро потврђеним микроскопским моделима као што је Хабардов модел, кроз поређење са квантним Монте Карло прорачунима.

Одржао је неколико предавања по позиву у домаћим и иностраним институцијама.

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

Као што је већ наведено, кандидат је самостални аутор три рада, водећи аутор пет радова, аутор кода за нумеричке симулације у још три рада и руководилац студената на пракси и студената докторских студија на два рада. Већину својих научних активности после претходног избора у звање кандидат обавља на Институту за физику у Београду, уз редовне посете Универзитету у Лајдену.

V Оцена комисије о научном доприносу кандидата, са образложењем:

На основу анализе научне активности и показатеља рада кандидата, комисија је закључила да научни рад др Михаила Чубровића представља оригиналан допринос у области кондензоване материје, јако корелисаних система и физике високих енергија, а пре свега на пољу AdS/CFT кореспонденције, квантне критичности и хаоса у квантним и аналогним класичним теоријама. Посебно треба истаћи његове доприносе у сарадњи са колегама са Института за физику у Београду, успешан рад са студентима Физичког факултета Универзитета у Београду, као и континуирану сарадњу са иностраним стручњацима. Имајући у виду досадашњи научни рад и постигнуте резултате др Михаила Чубровића, као и достигнути ниво истраживачке компетентности и самосталности, сматрамо да др Михаило Чубровић испуњава све квантитативне и квалитативне услове за реизбор у звање научни сарадник прописане Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја. На основу наведеног, предлагемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за реизбор др Михаила Чубровића у звање научни сарадник.

У Београду, 2. јуна 2022.

ПРЕДСЕДНИК КОМИСИЈЕ
др Јакша Вучичевић
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду

МИНИМАЛНИ КВАНТИТАТИВНИ ЗАХТЕВИ ЗА СТИЦАЊЕ ПОЈЕДИНАЧНИХ НАУЧНИХ ЗВАЊА

За природно-математичке и медицинске струке (попунити одговарајући део)

Диференцијални услов - од првог избора у претходно звање до избора у звање:	Потребно је да кандидат има најмање N поена, који треба да припадају следећим категоријама:		
		Неопходно N	Остварено (нормирано*)
Научни сарадник	Укупно	16	35 (35)
	$M10+M20+M31+M32+M33$ $+M41+M42 \geq$	10	34 (34)
	$M11+M12+M21+M22+M23 \geq$	6	32 (32)

*Нормирање је извршено у складу са Правилником о стицању истраживачких и научних звања.