

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор др Михаила Чубровића у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 07. 02. 2017. године именовани смо у комисију за избор др Михаила Чубровића 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, у чијем прилогу се налази списак публикација кандидата.

1. Биографски подаци о кандидату

Михаило Чубровић је рођен 04. 05. 1985. године у Београду. Математичку гимназију је завршио 2004. године, када је уписао Физички факултет Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика. Дипломски рад под називом “On topological defects in quantum and classical glass systems” урадио је на Институту за физику у Београду, под руководством др Милана Петровића. Дипломирао је, на теоријском смеру, децембра 2008. године, са просечном оценом 9.85. Од 2003. године до завршетка студија је био стипендиста Министарства за науку.

Докторске студије је започео 2009. године на Лоренцовом институту Универзитета у Лајдену, Холандија (Lorentz Institute, Leiden University), под менторством Јана Занена (Jan Zaanen) и Кунрада Схалма (Koenraad Schalm). Фебруара 2013. године одбранио је докторску тезу под насловом “Holography, Fermi surfaces and Criticality”, која је нострификована јануара 2017. године, решењем Министарства просвете, науке и технолошког развоја бр. 612-01-02635/2016-06. У току докторских студија био је запослен као млађи истраживач на Лоренцовом институту, и као асистент у настави на Универзитету у Лајдену.

Постдокторско усавршавање је започео септембра 2013. године на Институту за теоријску физику Универзитета у Келну, Немачка (Institute of Theoretical Physics, University of Cologne), у групи Ахима Роша (Achim Rosch). У току постдокторског усавршавања био је такође запослен као асистент у настави.

У току докторских студија и након тога учествовао је на неколико школа и презентовао своје резултате на више конференција и радионица. Објавио је укупно 10 публикација, од тога један рад у престижном часопису *Science* (класификован

као “Highly cited paper” у бази података Web of Science), 8 радова у часописима категорије M21, 1 рад у часопису категорије M23 и једно поглавље у зборнику водећег међународног значаја M13. Његови радови су цитирани укупно 323 пута без аутоцитата, а Хиршов индекс износи 5.

2. Преглед научне активности

Научноистраживачки рад др Михаила Чубровића је фокусиран на везе између јако корелисаних електронских система и физике високих енергија, посебно на не-Фермијеве течности и њихову везу са квантном критичношћу, а онедавно и на неравнотежне особине јако корелисаних система. Друга, споредна област интересовања су нелинеарна динамика и комплексни системи. Радови кандидата комбинују аналитичке (теоријске) и нумеричке методе.

2.1 Фермионска квантна критичност и AdS/CFT кореспонденција

Основно питање које се разматра у радовима кандидата [A1, B4-B6] је: можемо ли разумети не-Фермијеве течности и чудне метале (strange metals) на нивоу теорије средњег поља аналогне Ландауовој теорији Фермијевих течности, као и да ли постоји генеричко (РГ стабилно) стање интерагујућих електрона, које не нарушава никакву симетрију, а које се разликује од Фермијеве течности. Идеја је да се проблем формулише преко AdS/CFT кореспонденције (холографског принципа), дуалности између отворених и затворених струна откривене крајем деведесетих година прошлог века. Дуалност повезује теорију поља (строго узев, гејц теорију) са интеракцијама реда величине g са гравитацијом у анти-де Ситеровом простору са гравитационом константом реда $1/g$. На овај начин јако корелисани системи могу да се повежу са слабо интерагујућом, квазикласичном гравитацијом. Први покушај у раду [A1] је показао да већ јако упрошћен модел, који одговара електронима ниске густине у интеракцији са (неидентификованом) јако интерагујућом гејц теоријом, показује Фермијеве површи са стабилним квазичестицама, сличним Фермијевој течности. Рад [B6] доноси целовитију теорију, у којој се показује да систем има две фазе, од којих једна одговара Фермијевој течности, а друга не-Фермијевој течности са неким квантно-критичним особинама (аномално скалирање по енергији, не и по импулсу). Овде је изведен нови елемент “холографског речника”, тј. нови елемент AdS/CFT дуалности: скок дистрибуције импулса на Фермијевој површи Z одговара одређеној одржаној струји (билинеарном оператору) у AdS простору, а разрађен је и општи формализам за рачун са билинеарним операторима који се може употребити и за друге параметре уређења. У радовима [B4, B5] се разматрају пре свега формална питања значајна за разумевање саме кореспонденције: испоставља се да је нестабилност критичне Фермијеве површи дуална суперрадијационој нестабилности наелектрисане црне рупе, док Фермијева течност одговара Лифшицовој геометрији. На основу тога, у раду [B4] је конструисан цео фазни дијаграм система, и формулисан је метод који омогућава да се на гравитационој страни кореспонденције оде и даље од квазикласичног третмана, тј. да се узму у обзир и квантне корекције. Методолошки, ови радови комбинују аналитичка извођења на основу “холографског речника”, тј. асимптотских решења

Ајнштајнових једначина која се могу добити аналитички, и самоусаглашено нумеричко решавање целог система једначина (за метрику, гејџ поља и поља материје) у AdS простору.

У радовима [B2, B7] такође су у холографским моделима проучавани јако интерагујући електрони, али сада у спољашњем магнетном пољу. У раду [B7] се, поред општих тестова важних за разумевање самог метода и за додатну потврду да теорија показује присуство Фермијеве површи (Ландауови нивои, рачунање густине у зависности од магнетног поља, итд), даје крајње поједностављен модел квантног Холовог ефекта и изводе фактори попуњености у фази Фермијеве и не-Фермијеве течности. Показује се да у овом моделу не-Фермијева фаза доводи до фракционе попуњености, док нормални метал даје целобројни ефекат. У раду [B2] је дат физички боље мотивисан модел екситона (парова електрон-шупљина) у билинеарном формализму претходно развијеном у раду [B6]. Показано је како долази до магнетне катализе и кондензације екситона под дејством магнетног поља, и конструисан је фазни дијаграм који је упоређен са резултатима из литературе за екситоне у двослојном графену.

2.2 Конфинирање у ефективним гејџ теоријама и тешки фермиони

У раду [B1] разматра се концепт фракционализације електрона који је, у радовима Сачдева, Војте и других, постао важан кандидат за разумевање чудних метала, и њему сродан проблем конфинирања/деконфинирања прелаза у ефективним гејџ пољима каква се јављају у опису високо корелираних система. Главна физичка мотивација су тешки фермиони.

2.3 Нелинеарни и неравнотежни системи

Овде се за сад не може говорити о кохерентном истраживачком програму, већ је размотрен низ ситнијих, независних питања. У раду [B8] разматрају се ненинтеграбилни Хамилтонови системи, и изводи се кинетичка једначина која описује еволуцију нестабилних орбита у фазном простору. У раду [C1] се сличан формализам нелокалних кинетичких једначина примењује на геометрију појединих полимера у конфинираној геометрији, предвиђа се звонасти облик криве NMR одзива и пореди са експерименталним резултатима из литературе.

Рад [B3] проучава термализацију једнодимензионог ланца неинтерагујућих фермиона у контакту са термостатом путем Линдбладове једначине. У одсуству меморије у термостату, термализација је нагла и понаша се као фазни прелаз првог реда. Меморијски ефекти непертурбативно мењају слику, и доводе до веома споре термализације. Велика мана је потпуно занемаривање интеракција и право питање је шта ће се десити у њиховом присуству – очекивање је да интеграбилност система има кључну улогу за дистинкцију између брзе и споре термализације. У току је рад на овом проблему у формализму динамике термалних поља (TFD - thermofield dynamics), што ће убудуће бити један од главних праваца рада кандидата.

3. Елементи за квалитативну анализу рада

3.1 Квалитет научних резултата

Научни ниво и значај резултата. Кандидат је до сада објавио 10 радова, од тога 1 у часопису M21a (међународни часопис изузетне вредности), 8 у часописима категорије M21 (врхунски међународни часопис) и 1 у часопису категорије M23 (међународни часопис).

Утицајност. Радови у области јако корелираних Фермијевих и не-Фермијевих течности испитиваних методом AdS/CFT били су међу првим радовима овог правца и иницирали су даљи рад многих истраживача, што се види по одзиву на рад [A1] објављен у престижном часопису *Science*, који је, иако полази од крајње поједностављеног модела, имао срећу да буди први рад у коме је показано постојање Фермијевих површи у AdS/CFT формализму па је цитиран 263 пута без аутоцитата ("Highly cited paper" по бази података Web of Science) и чија је методологија у основи холографских проучавања јако корелираних електрона.

Награде. Кандидат је био стипендиста Министарства за науку Републике Србије у периоду 2003-2008. године. Добитник је годишње награде Одсека за физику Универзитета у Лајдену за научни рад "Trots op..." 2009. године и годишње награде истог одсека за најбољу тезу 2013 године.

Цитираност. Према бази Web of Science, радови кандидата су цитирани укупно 323 пута, без самоцитата, уз Хиршов индекс 5.

Параметри квалитета часописа. Кандидат је објавио радове у следећим часописима:

- 3 рада у Journal of High Energy Physics (ИФ=6.023)
- 3 рада у Physical Review D (ИФ=4.506)
- 1 рад у Physical Review B (ИФ=3.718)
- 1 рад у Physical Review E (ИФ=2.252)
- 1 рад у Science (ИФ=34.661)
- 1 рад у European Physical Journal D (ИФ=1.208)

Укупан импакт фактор радова кандидата је 73.25.

Међународна сарадња. Кандидат је завршио докторске студије и докторирао на универзитету у Лајдену, са којим и данас има активну сарадњу. Након тога, био је на постдокторском усавршавању на Универзитету у Келну. Кандидат је сарађивао и са Универзитетом у Франкфурту (Institute for Theoretical Physics, J.-W. Goethe-University), Институтом за напредне студије у Франкфурту (Frankfurt Institute for Advanced Studies) и Универзитетом у Гетингену (Institute for Theoretical Physics, Georg August University, Goettingen), што се види из радова са коауторима. Током лета 2007. године био је у тромесечној посети Институту за напредне студије у Франкфурту. Остварио је краће посете бројним универзитетима и институтима где је на семинарима представио своје радове.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

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 публикацији [B7].

3.3 Нормирање броја коауторских радова

Сви радови кандидата укључују нумеричке симулације. По Правилнику, рад [B7] и рад у зборнику [D1] рачунају се са коефицијентом $1/(1+0.2) \approx 0.83$, јер имају укупно шест коаутора. Остали радови имају мање од пет аутора, и рачунају се са пуним бројем бодова.

3.4 Активност у научним и научно-стручним друштвима

Кандидат је рецензент часописа Journal of High Energy Physics (ИФ=6.023).

3.5 Конкретан научни допринос кандидата у реализацији резултата у научним центрима у земљи и иностранству

Кандидат има два рада у којима је једини аутор, [B1] и [B8]. Кандидат има четири рада у којима је први аутор: [A1], [B5], [B6] и [C1]. У радовима [A1, B6, C1] кандидат је радио све нумеричке прорачуне и већину аналитичких, а у [B5] је радио пре свега део који се односи на модел “black hole with Dirac hair” и спектралне функције, док су прорачуне са моделом електронске звезде радили други коаутори. У раду [B2] кандидат је радио све аналитичке прорачуне и део нумеричких, а у [B7] је радио део који се односи на рачунање скалирања и фазног дијаграма, и надзирао студенте у нумеричком раду. У раду [B4] кандидат је радио углавном аналитички део, а у раду [B3] део везан за Линдбладову једначину (без транспорта).

Радови [B8] и [C1] су урађени у току основних студија на Физичком факултету у Београду: [B8] у сарадњи са Институтом за физику у Београду, а [C1] у сарадњи са Институтом за напредне студије у Франкфурту. Радови [A1], [B4-7] су настали у току докторских студија на универзитету у Лајдену, а [B7] је укључивао и сарадњу са Универзитетом у Франкфурту. Радови [B1-B3] су настали у току постдокторског усавршавања на Универзитету у Келну, а у сарадњи са Универзитетима у Лајдену и Франкфурту [B3] и у сарадњи са Универзитетом у Гетингену [B2].

4. Елементи за квантитативну анализу рада кандидата

Кандидат је објавио укупно 10 публикација, од тога 1 рад у престижном часопису *Science* категорије M21a (класификован као “Highly cited paper” у бази података Web of Science), 8 радова у часописима категорије M21, 1 рад у часопису категорије M23 и једно поглавље у зборнику водећег међународног значаја M13. Његови радови су, по бази података Web of Science, цитирани укупно 323 пута без аутоцитата. Његов Хиршов индекс износи 5.

Следе остварени резултати по категоријама.

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M13	7	1	7	5,83
M21a	10	1	10	10
M21	8	8	64	62,67
M23	3	1	3	3
M33	1	2	2	2
M34	0,5	7	3,5	3,5
M71	6	1	6	6

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

М категорије	Минимални услов	Остварени резултати	Остварени нормирани резултати
Укупно	16	95,5	93
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	86	83.5
M11+M12+M21+M22+M23	6	77	75.67

ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду изузетно високу вредност и оригиналност научних радова др Михаила Чубровића, као и његово значајно искуство у међународној сарадњи и педагошком раду, мишљења смо да је кандидат достигао високу истраживачку зрелост и научну компетентност. На основу података из извештаја види се да је он вишеструко задовољио све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Због тога нам је изузетно задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Михаила Чубровића у звање научни сарадник.

У Београду, 08. 02. 2017. године

Чланови комисије:

др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду

др Милица Миловановић
научни саветник
Институт за физику у Београду

др Ивана Васић
научни сарадник
Институт за физику у Београду

др Михајло Ваневић
доцент Физичког факултета
Универзитета у Београду