

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор др Ане Худомал у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 15. децембра 2020. године именовани смо у комисију за избор др Ане Худомал у звање научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидаткиње и увида у њен рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај.

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Ана Худомал је рођена 8. 3. 1991. године у Београду, где је завршила основну школу и Математичку гимназију. Основне академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, започела је 2010. године и завршила јула 2014. године са просечном оценом 10,0. Мастер академске студије на истом факултету, смер Теоријска и експериментална физика, завршила је октобра 2015. године са просечном оценом 10,0, одбравивши мастер рад на тему „*New Periodic Solutions to the Three-Body Problem and Gravitational Waves*” (наслов на српском: „Нова периодична решења проблема три тела и гравитациони таласи”). Мастер рад је урађен под руководством др Вељка Дмитрашиновића, научног саветника Института за физику у Београду. Новембра 2015. године уписала је докторске академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, ужа научна област физика кондензоване материје. Докторску дисертацију под насловом „*Numerical study of quantum gases in optical lattices and in synthetic magnetic fields*” (наслов на српском: „Нумеричко проучавање квантних гасова у оптичким решеткама и у синтетичким магнетним пољима”) урадила је под менторством др Иване Васић, вишег научног сарадника Института за физику у Београду, и одбранила децембра 2020. године.

Од марта 2016. године Ана Худомал је запослена у Институту за физику у Београду као истраживач приправник у Лабораторији за примену рачунара у науци, у оквиру Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система. Априла 2019. године изабрана је у звање истраживач сарадник. Од марта 2016. до децембра 2019. године била је ангажована на пројекту основних истраживања „*Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система*” (ОН171017) Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, којим је руководио др Антун Балаж, а од јануара 2020. је ангажована институционално. Поред тога, учествовала је и на билатералним пројектима са Немачком (Гете универзитет у Франкфурту) и са Хрватском (Универзитет у Загребу), под руководством др Иване Васић. До сада је похађала неколико школа за докторанде, међу којима су International School on Thermal, Quantum, and Topological Phase Transitions – Bad Endorf, Germany (2016), Winter School on Topological Matter in Artificial Gauge Fields – Dresden, Germany (2018), ICAP2018 Summer School – Barcelona, Spain (2018), International School and Workshop Anyon Physics of Ultracold Atomic Gases – Kaiserslautern, Germany (2018), New Developments in Topological Condensed Matter – Les Houches, France (2019), Virtual Winter School on Strongly Correlated Quantum Matter (2020).

Од 2007. до 2011. године Ана Худомал је била стипендиста Републичке фондације за развој научног и уметничког подмлатка, затим од 2011. до 2013. стипендиста града Београда, док је од 2013. до 2015. била стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије. Током академске 2014/2015. године учествовала је у извођењу наставе на Физичком факултету Универзитета у Београду, као сарадник у настави на предмету Квантна теоријска физика (предметни наставник доц. др Душко Латас).

До сада, Ана Худомал има један рад објављен у часопису категорије M21a, четири рада објављена у часописима категорије M21, као и 11 саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (категорије M34). Из теме доктората, Ана Худомал је објавила 3 рада категорије M21 и 11 саопштења категорије M34.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

На докторским студијама Ана Худомал се у свом научном раду бавила проучавањем особина ултрахладних квантних гасова у оптичким решеткама. Оптичке решетке су стојећи светлосни таласи који представљају периодични потенцијал за атоме и омогућавају квантне симулације физичких модела налик моделима физике кондензоване материје. Основни бозонски модел који се реализује на овај начин је Бозе-Хабард модел и рана истраживања су била посвећена проучавању квантног фазног дијаграма овог модела. У новијим експериментима фокус је на уопштењу физичких модела који се могу проучавати у оптичким решеткама и на разумевању њихове неравнотежне динамике.

Посебно, једна од веома важних и актуелних тема је реализација синтетичких магнетних поља у оптичким решеткама. Почев од 2013. године, јака синтетичка магнетна поља се успешно реализују на посредан начин, у периодично вођеним оптичким решеткама. Коришћењем овог метода реализован је један од основних модела физике кондензованог стања, Харпер-Хофштетер модел. Важна карактеристика овог модела су тополошке инваријанте енергетских зона, тзв. Чернови бројеви, који су у основи целобројног квантног Холовог ефекта. Поврх тога, познато је да при одређеним густинама и за довољно јаке интеракције овај модел има фракционо Холово стање као основно стање. Реализација фракционих Холових стања у систему ултрахладних атома је прекретница која је дефинисана још на самом настанку читаве области, а на коју се и даље чека.

Подстакнута поменути експерименталним напретком, Ана Худомал је најпре истраживала улогу слабих атомских интеракција при реализацији Харпер-Хофштетер модела у вођеним оптичким решеткама. Недавно је први пут измерен Чернов број тополошке енергетске зоне у систему хладних атома и за успешну интерпретацију резултата било је неопходно извршити додатна мерења како би ефекти интеракција били узети у обзир. Применом апроксимативног аналитичког развоја по инверзној фреквенцији вођења, кандидаткиња је прво показала присуство додатних чланова у ефективном Хамилтонијану и испитала њихов утицај на тополошке карактеристике ефективног Хамилтонијана. Потом су доприноси интеракција урачунати употребом теорије средњег поља. Користећи нумеричке симулације и аналитичке увиде, кандидаткиња је утврдила да интеракције доприносе атомским прелазима између различитих енергетских зона ефективног модела, чиме се усложњава експериментална процедура у складу са очекивањима. Међутим, добијени резултати такође показују да слабе атомске интеракције олакшавају мерење Черновог броја на неколико начина. Како се очекује да мерење Черновог броја постане рутински алат у блиској будућности - први корак у припреми занимљивијих тополошких фаза - досада добијени резултати о ефектима слабих интеракција су од значаја и за будуће експерименте.

У следећој фази истраживања, кандидаткиња је разматрала сличан модел, али у режиму јаких интеракција при густинама на којима можемо очекивати појаву фракционих Холових стања. Најпре је разматран неизбежан процес загревања оваквог система, тј. одређене су реалистичне фреквенције вођења у зависности од јачине локалних интеракција при којима је загревање на бесконачну температуру довољно споро. У овом разматрању почетно стање је припремљено као основно стање идеалног ефективног модела, које је потом изложено пуном вођењу. Поред тога, за довољно мале системе, нумерички је конструисан стробоскопски еволуциони оператор и одређено је при којим најнижим фреквенцијама вођења нека од својствених стања овог оператора одговарају фракционим Холовим стањима. Од највећег експерименталног значаја је реалистична припрема ових стања. Показано је да се полазећи од једнодимензионалних низова, постепеним укључивањем тунелирања и вођења, фракциона Холова стања могу припремити и мерити на релевантним временским скалама реда десетина милисекунди. Резултати ових истраживања представљени су у публикацијама

- **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,
Dynamics of weakly interacting bosons in optical lattices with flux,
Phys. Rev. A **98**, 053625 (2018).
DOI: [10.1103/PhysRevA.98.053625](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.98.053625); ISSN 2469-9926; **IF(2018)=2.907**
- **A Hudomal**, N. Regnault, and I. Vasić,
Bosonic fractional quantum Hall states in driven optical lattices,
Phys. Rev. A **100**, 053624 (2019).
DOI: [10.1103/PhysRevA.100.053624](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.100.053624); ISSN 2469-9926; **IF(2019)=2.777**

Други важан фокус у актуелним истраживањима ултрахладних атома је на разумевању неравнотежне динамике квантних система. Ултрахладни атоми су веома добро изоловани квантни системи, па је њихова динамика заиста описана унитарним оператором на експерименталним временским скалама. Добијени експериментални резултати и теоријски аргументи указују да се интеграбилни системи типично брзо термализују. Међутим, у скорашњим експериментима изведеним на квантном симулатору ултрахладних Ридбергових атома примећена је неочекивано спора термализација одређених почетних стања, што је објашњено појавом специјалних својствених стања ефективног модела, тзв. квантних ожиљака (quantum scars). Са циљем проналажења и разумевања режима споре термализације, кандидаткиња је разматрала уопштене бозонске Хамилтонијане у којима амплитуда тунелирања из међу два суседна чвора оптичке решетке зависи од њихове насељености. Анализом корелационих функција и ентропије увезаности показала је да се одређене почетне конфигурације веома споро термализују. Ова појава је објашњена појавом квантних ожиљака, чије особине су потом детаљно анализирани семианалитичком апроксимацијом. За неке од ових модела показано је и присуство експоненцијално великог броја нултих мода. Резултати су представљени у раду:

- **A. Hudomal**, I. Vasić, N. Regnault, and Z. Papić,
Quantum scars of bosons with correlated hopping,
Commun. Phys. **3**, 99 (2020).
DOI: [10.1038/s42005-020-0364-9](https://doi.org/10.1038/s42005-020-0364-9); ISSN 2399-3650; **IF(2019)=4.684**

Током мастер студија, истраживање Ане Худомал било је фокусирано на проналажење и карактеризацију периодичних решења за класичан проблем три тела која међусобно интерагују гравитационом силом. Њутнов проблем три тела је један од најстаријих нерешених проблема физике и математике, формулисан у 17. веку, а до првих решења за периодичне орбите дошли су Ојлер и Лагранж у 18. веку. У последњим деценијама употреба модерних рачунара је

омогућила интензиван нумерички приступ и систематизацију нових класа решења. У сарадњи са др Вељком Дмитрашиновићем и др Милованом Шуваковом са Института за физику у Београду, Ана Худомал је испитивала гравитационе таласе који се могу придружити новооткривеним периодичним орбитама, што је од директног значаја за детекцију предвиђених решења. Поред тога, Ана је радила на потврди и објашњењу линеарне везе између периода орбите и њеног одговарајућег тополошког индекса, која представља уопштену верзију трећег Кеплеровог закона. Резултати ових истраживања представљени су у публикацијама:

- V. Dmitrašinović, M. Šuvakov, and **A. Hudomal**, Gravitational Waves from Periodic Three-Body Systems, Phys. Rev. Lett. **113**, 101102 (2014). DOI: [10.1103/PhysRevLett.113.101102](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.101102); ISSN 1079-7114; **IF(2014)=7.512**
- V. Dmitrašinović, **A. Hudomal**, M. Shibayama, and A. Sugita, Linear Stability of Periodic Three-body Orbits with Zero Angular Momentum and Topological Dependence of Kepler's Third Law: a Numerical Test, J. Phys. A: Math. Theor. 51, 315101 (2018). DOI: [10.1088/1751-8121/aaca41](https://doi.org/10.1088/1751-8121/aaca41); ISSN 1751-8121; **IF(2014)=2.110**

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА

4.1. Квалитет научних резултата

4.1.1 Значај научних резултата

У току докторских студија, кандидаткиња др Ана Худомал је проучавала бозонску динамику у оптичким решеткама, са циљем проналажења режима споре термализације у којима је могуће припремити и испитати тополошки нетривијална стања.

Најважнији рад кандидаткиње је

- **A. Hudomal**, I. Vasić, N. Regnault, and Z. Papić, Quantum scars of bosons with correlated hopping, Commun. Phys. **3**, 99 (2020), цитиран 5 пута

У овом раду, разматрањем класе бозонских модела у којима амплитуда тунелирања између два суседна чвора оптичке решетке зависи од њихове насељености, кандидаткиња је показала да се спора термализација и тзв. квантни ожиљци могу појавити у систему са slabим кинетичким ограничењима.

У другом делу истраживања кандидаткиња је испитала улогу атомских интеракција на мерење Черновог броја у вођеној оптичкој решетки. Добијени резултати показују да, сем што доводе до загревања система, интеракције на одређене начине такође поспешују процедуру мерења. Како су слабе интеракције између атома скоро увек присутне, а очекује се да овакво мерење Черновог броја постане рутински корак у будућим експериментима, од великог је значаја разумети могуће последице њиховог дејства.

Поред тога, кандидаткиња је одредила оптималне микроскопске параметре за припрему и мерење бозонских Лафлинових стања у периодично вођеном Бозе-Хабард моделу. Ово је једно од главних питања у области, на које још увек не постоји дефинитиван одговор у научној литератури, па су резултати кандидаткиње од великог значаја.

За време мастер студија, кандидаткиња др Ана Худомал се бавила истраживањима везаним за

класични проблем три тела. У фокусу ових истраживања било је проналажење нових периодичних решења и њихова карактеризација. Кандидаткиња је такође испитивала гравитационе таласе емитоване из периодичних система три тела, што је резултирало публикацијом у престижном часопису *Physical Review Letters*.

4.1.2 Параметри квалитета часописа

Кандидаткиња др Ана Худомал је објавила укупно пет радова у међународним часописима и то:

- 1 рад у међународном часопису изузетних вредности *Physical Review Letters* (ISSN 1079-7114; IF(2014)=7.512, SNIP(2014) = 2.65)
- 1 рад у врхунском међународном часопису *Communications Physics* (ISSN 2399-3650; IF(2019)=4.684, SNIP(2019) = 1.28)
- 2 рада у врхунском међународном часопису *Physical Review A* (ISSN 2469-9926; IF(2019)=2.777 , SNIP(2019) = 0.94, IF(2018)=2.907, SNIP(2018) = 0.99)
- 1 рад у врхунском међународном часопису *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (ISSN 1751-8121; IF(2018)=2.110, SNIP(2018) = 0.93)

Додатни библиометријски показатељи су сумирани у наредној табели.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	19,99	42	6,79
Усредњено по чланку	4,00	8,4	1,36
Усредњено по аутору	5,71	11,6	1,95

4.1.3 Позитивна цитираност научних радова

Према бази *Web of Science* на дан 9. децембар 2020. године, радови кандидаткиње су цитирани укупно 20 пута, од чега 19 пута без ауоцитата. Према истој бази, Хиршов индекс кандидаткиње је 2.

4.1.4 Међународна сарадња

Међународне активности др Ане Худомал обухватају:

- учешће на билатералним пројектима Србије и Немачке, (ВКМН, QDDB, ВЕС-Л) у периоду од 2016. до 2020. године,
- учешће на билатералном пројекту Србије и Хрватске TOP-FOP у периоду од 2016. до 2017. године,
- учешће у COST акцији CA16221 Quantum Technologies with Ultra-Cold Atoms.

Такође, др Ана Худомал је остварила сарадњу са др Николом Рењоом са Универзитета Принстон, САД и са др Златком Папићем са Универзитету у Лидсу, Велика Британија.

4.2. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Радови кандидаткиње припадају категорији радова са комплексним нумеричким симулацијама и имају пет или мање коаутора, па се признају са пуним бројем М бодова.

4.3. Учешће у пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидаткиња је учествовала на следећим пројектима:

- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОН171017 “Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система” (март 2016. - децембар 2019.),
- билатерални пројекти Србије и Немачке, (ВКМН, QDDDB, ВЕС-L) у периоду од 2016. до 2020. године,
- билатерални пројект Србије и Хрватске TOP-FOP у периоду од 2016. до 2017. године,
- COST акција CA16221 “Quantum Technologies with Ultra-Cold Atoms”.

Кандидаткиња је члан Центра изузетних вредности за изучавање комплексних система, где је ангажовна на потпројекту Динамика ултрахладних атома, којим руководи др Ивана Васић.

4.4. Педагошки рад

Ана Худомал је током академске 2014/2015. године учествовала у извођењу наставе на Физичком факултету Универзитета у Београду, као сарадник у настави на предмету Квантна теоријска физика (предметни наставник доц. др Душко Латас). У току школске 2016/17. године учествује у раду Државне комисије за такмичења ученика средњих школа из физике као аутор задатака за четврти разред.

4.5. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата кандидаткиње се огледа у броју цитата који су наведени у тачки 4.1.3 овог прилога, као и у прилогу о цитираности. Значај резултата кандидаткиње је такође описан у тачки 1. Посебно истичемо да је њен рад у часопису *Communications Physics* цитиран већ 5 пута, иако је објављен ове године.

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

Кандидаткиња је све своје истраживачке активности реализовала у Институту за физику у Београду. Кандидаткиња је први аутор три публикације, други и трећи аутор по једног рада. Кандидаткиња је дала кључни допринос у свим објављеним радовима који се огледа у изради потребних нумеричких симулација, интерпретацији и презентацији нумеричких резултата, развијању аналитичких апроксимација, писању радова и комуникацији са уредницима и рецензентима часописа.

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати кандидаткиње:

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова*
M21a	10	1	10
M21	8	4	32
M34	0.5	11	5.5
M70	6	1	6

*Радови кандидаткиње припадају категорији радова са комплексним нумеричким симулацијама и имају пет или мање коаутора, па се признају са пуним бројем М бодова.

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

Минимални број М бодова		Остварено М бодова*
Укупно	16	53.5
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	42
M11+M12+M21+M22+M23	6	42

*Радови кандидаткиње припадају категорији радова са комплексним нумеричким симулацијама и имају пет или мање коаутора, па се признају са пуним бројем М бодова.

Према бази *Web of Science* на дан 9. децембар 2020. године, радови кандидаткиње су цитирани укупно 20 пута, од чега 19 пута без ауоцитата. Према истој бази, Хиршов индекс кандидаткиње је 2.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Др Ана Худомал у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Законом о науци и истраживањима, као и Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Током рад на докторској дисертацији показала је изузетну способност за научноистраживачки рад и остварила оригиналне и међународно запажене резултате, што укључује 3 рада у часописима категорије М21.

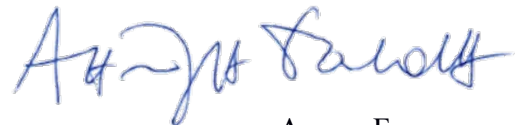
Имајући у виду квалитет њеног научноистраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Ане Худомал у звање научни сарадник.

У Београду, 16. 12. 2020. године

Чланови комисије:



др Ивана Васић
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду



др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду



проф др Божидар Николић
ванредни професор Физичког факултета
Универзитета у Београду