

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на VIII седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 16. 9. 2020. године одређени за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације „Numerical study of quantum gases in optical lattices and in synthetic magnetic fields” (наслов на српском језику: „Нумеричко проучавање квантних гасова у оптичким решеткама и у синтетичким магнетним пољима”) из научне области Физика кондензоване материје, коју је кандидаткиња Ана Худомал, дипломирани физичар, предала Физичком факултету у Београду дана 27. 8. 2020. године, подносимо следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Основни подаци о кандидату

##### 1.1. 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 10,00. Мастер академске студије на истом факултету, смер Теоријска и експериментална физика, завршила је октобра 2015. године са просечном оценом 10,00, одбранивши мастер рад на тему „New Periodic Solutions to the Three-Body Problem and Gravitational Waves” („Нова периодична решења проблема три тела и гравитациони таласи”). Мастер рад је урађен под руководством др Вељка Дмитрашиновића, научног саветника из Института за физику у Београду.

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. 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).

Новембра 2015. године уписала је докторске академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, ужа научна област физика кондензоване материје. Под менторством др Иване Васић завршила је докторску дисертацију са 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”), чија тема је одобрена на седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 26. 12. 2018. године, што је потврђено на седници Већа научних области природно-математичких наука Универзитета у Београду одржаној 18. 2. 2019. године.

##### 1.2. Научна активност

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. Од почетка докторских студија Ана Худомал ради на темама везаним за динамику ултрахладних бозонских атома у оптичким решеткама са посебним фокусом на особине ових система у присуству синтетичких магнетних поља. 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. 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. Априла 2019. године изабрана је у звање истраживач сарадник на Институту за физику у Београду. 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).

До сада, Ана Худомал има један рад објављен у часопису категорије M21a, четири рада објављена у часописима категорије M21, као и 10 саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (категорије M34). Из теме доктората, Ана Худомал је објавила 3 рада категорије M21 и 10 саопштења категорије M34.

## **2. Опис предатога рада**

### **2.1. Основни подаци**

Дисертација је урађена под руководством др Иване Васић, вишег научног сарадника, запослене на Институту за физику у Београду. Ментор испуњава услове Физичког факултета за руковођење израдом докторске дисертације јер је у научном звању и аутор је великог броја радова из области физике кондензоване материје који су објављени у врхунским међународним часописима и представљени на међународним и домаћим конференцијама.

Дисертација је написана на енглеском језику на 108 страна, не рачунајући насловну страну, захвалнице, сажетак, садржај, биографију аутора и изјаве. У тексту се налази 5 табела и 40 слика (35 у главном тексту и 5 у додацима), а у библиографији је наведено 236 референци. Теза је подељена у 5 поглавља и садржи 7 додатака.

### **2.2. Предмет и циљ рада**

Предложена докторска дисертација припада области физике кондензоване материје, а физички системи којима се бави су ултрахладни гасови бозонских атома у оптичким решеткама.

Интензивно проучавање ултрахладних атома започето је са циљем експерименталне реализације Бозе-Ајнштајн кондензације, што је и остварено 1995. године. Од тада је област ултрахладних атома веома активна и данас су питања која се проучавају много општија. Заправо, ултрахладни атоми представљају једну од најзначајнијих експерименталних поставки за имплементацију квантних симулатора, које је као концепт увео Фајнман 1982. године. Увођење оптичке решетке (периодичног светлосног потенцијала за атоме) је приближило ове системе моделима који се проучавају у физици чврстог стања и омогућило је непосредно истраживање физике Хабардовог модела. Први експерименти проучавали су основна стања и квантне фазне прелазе у оквиру овог модела, а изузетно слагање теоријских прорачуна и мерења је потврдило да Хабардов модел прецизно описује особине атома у оптичким решеткама. У актуелним истраживањима фокус је на разумевању неравнотежне динамике квантних система, као и на уопштењу физичких модела који се могу проучавати у оптичким решеткама. Посебно, једна од веома важних и актуелних тема је реализација тополошки нетривијалних модела у оптичким решеткама. Прекретница која је дефинисана веома рано и на коју се и даље чека је реализација фракционог Холовог стања у систему ултрахладних атома.

Неравнотежна динамика квантног система се најчешће проучава тако што се почетно стање припреми као основно стање једног Хамилтонијана, док се временска еволуција одвија под дејством другог Хамилтонијана. Ултрахладни атоми су веома добро изоловани квантни системи па је њихова динамика заиста описана унитарним оператором на експерименталним временским скалама. Уопштено, на основу мерења локалних опсервабли, може се закључити да се у

неинтеграбилном квантном моделу произвољно почетно стање брзо термализује, што се повезује са тзв. ЕТ хипотезом (eigenstate thermalization hypothesis). Грубо говорећи, ова хипотеза претпоставља да својствена стања блиске енергије имају приближне очекиване вредности локалних опсервабли, као и приближне вредности ентропије увезаности (entanglement entropy). Иако не постоји општи доказ ове хипотезе, нумерички тестови и експерименти показују да је најчешће задовољена. Међутим, у скорашњим експериментима изведеним на квантном симулатору ултрахладних Ридбергових атома примећена је неочекивано спора термализација одређених почетних стања. Овај ефекат је објашњен slabим нарушењем поменуте ЕТ хипотезе – присуством одређених својствених стања која су распоређена по читавом спектру модела и чије ентропије увезаности су знатно ниже од ентропија увезаности околних својствених стања. Оваква стања се називају квантни ожиљци (quantum scars). Поменути експеримент је отворио много теоријских питања, од којих је једно од најважнијих о својствима модела која гарантују појаву квантних ожиљака.

Један од основних примера тополошке фазе у физици кондензоване материје је квантно Холово стање. Већ су рана теоријска разматрања целобројног Холовог ефекта показала да се Холова проводност може изразити преко тополошке инваријанте (тзв. Черновог броја), чија се целобројна вредност не мења услед присуства нечистоћа или пертурбација. Основни модел на решетки који описује кретање наелектрисане честице у магнетном пољу и којим се може објаснити овај феномен је Харпер-Хофштетер Хамилтонијан. Како су атоми електрично неутралне честице, реализација оваквог модела у системима ултрахладних атома представљала је дугогодишњи изазов. У модерним експериментима тзв. синтетичка магнетна поља се реализују посредно, периодичним вођењем Бозе-Хабард модела. Конкретно, у основни модел се додаје специфично одабран временски-периодичан члан. На основу Флокеове теореме, стробоскопској динамици вођеног система се може приписати одређени ефективни Хамилтонијан. На пример, у систему у коме су директни прелази атома између суседних чворова решетке практично немогући, користећи технику ласерски-потпомогнутог тунелирања може се обезбедити да атоми ипак тунелирају. Захваљујући присуству додатних ласера тунелирање постаје могуће, а при интеракцији са ласерима атоми добијају комплексну фазу, па ефективни модел заправо одговара Харпер-Хофштетер моделу.

Применом овог метода, које се обично зове Флоке пресликавање, значајно је обогачен скуп експериментално доступних модела у системима хладних атома. Прекретницу у овом правцу представља мерење Черновог броја тополошке енергетске зоне Харпер-Хофштетер модела. Међутим, комбиновање синтетичких магнетних поља и интеракција је и даље изазов, јер периодично вођење интерагујућег модела типично доводи до неинтересантне термализације на тзв. бесконачну температуру. Због тога припрема нових тополошких фаза у будућим експериментима захтева проналажење физичког режима у коме је термализација спора, па су два фундаментална, веома актуелна питања – режим споре термализације и припрема тополошке фазе – блиско повезана.

Главна тема докторске дисертације кандидаткиње је проучавање бозонске динамике у оптичким решеткама, са циљем проналажења режима споре термализације у којима је могуће припремити и испитати тополошки нетривијална стања. Многи аспекти овог проблема су раније проучавани у литератури, али су нека од кључних питања и даље отворена. Конкретни циљеви тезе били су:

1. проучавање неравнотежне динамике у уопштеним бозонским моделима и проналажење режима споре термализације;
2. разумевање утицаја слабих бозонских интеракција на мерење Черновог броја енергетских зона ефективног модела;
3. проналажење оптималног режима у ком је могуће припремити и мерити фракциона Холова стања у периодично вођеном Бозе-Хабард моделу у ком се реализују синтетичка магнетна поља.

При реализацији првог циља, кандидаткиња је разматрала уопштене бозонске моделе у којима амплитуда тунелирања између два суседна чвора оптичке решетке зависи од њихове насељености. За проучавање особина ових модела развила је оптимизоване кодове за егзактну дијагонализацију

у којима су имплементиране све симетрије разматраних модела. За све моделе одређена је статистика енергетских нивоа и зависност ентропија увезаности својствених стања од енергије. За испитивање временске еволуције развијени су и коришћени кодови у којима је еволуциони оператор дискретизован у времену и развијен у ред по малом временском кораку, док се апроксимација контролише провером норме еволуиране таласне функције (метод Крилова).

Други циљ тезе је инспирисан експериментом у коме је по први пут измерен Чернов број у бозонском моделу, а у коме је било неопходно извршити додатна мерења како би се правилно узели у обзир ефекти интеракција. Слабе интеракције између атома су скоро увек присутне, а како се очекује да овакво мерење Черновог броја постане рутински корак у будућим експериментима, од великог је значаја разумети могуће последице њиховог дејства. У оквиру овог циља, за разматрање динамике бозона у вођеном Бозе-Хабард моделу, кандидаткиња је користила теоријски опис динамике некохерентних (некондензованих) слабо интерагујућих бозона. У пракси се метод своди на решавање једначине Грос-Питаевски типа уз усредњавање по почетним условима.

У оквиру трећег циља, кандидаткиња је разматрала стабилност 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. Фракциона Холова стања у бозонском систему се типично појављују при релативно јаким интеракцијама, што значи да је за њихову стабилност потребно наћи режим у коме је могуће комбиновати интеракције и периодично вођење, које уводи синтетичко магнетно поље. Разматрани су мали системи од неколико атома на нумерички егзактан начин. За потврду (дијагностику) фракционог Холовог стања коришћене су карактеристике честичног спектра увезаности (entanglement spectrum).

### 2.3. Публикације чији су резултати приказани у дисертацији

У овој докторској дисертацији су представљени резултати 3 рада категорије M21. Према бази Web of Science, ови радови су цитирани 6 пута, од чега 5 пута без аутоцитата. Резултати су такође представљени на 10 међународних конференција, као саопштења категорије M34.

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. **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**
2. **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**
3. **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**

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34):

1. **A. Hudomal**, I. Vasić, W. Hofstetter, and A. Balaž, Transport dynamics in optical lattices with flux, DPG Spring Meeting 2017, Mainz, Germany, 6-10 Mar 2017.
2. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž, Transport dynamics in optical lattices with flux, 6th International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia, 28 Aug -1 Sep 2017.
3. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž, Transport in optical lattices with flux, Winter School on Topological Matter in Artificial Gauge Fields, Dresden, Germany, 26 Feb – 2 Mar 2018.

4. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž, Artificial gauge potentials in periodically driven optical lattices: numerical simulations of atomic transport, DPG Spring Meeting 2018, Erlangen, Germany, 4-9 Mar 2018.
5. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž, Transport in optical lattices with flux, 26th International Conference on Atomic Physics, ICAP 2018, Barcelona, Spain, 22-27 Jul 2018.
6. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž, Transport in optical lattices with flux, Research Frontiers in Ultracold Quantum Gases, Bad Honnef, Germany, 17-21 Dec 2018.
7. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž, Dynamics of weakly interacting bosons in optical lattices with flux, DPG Spring Meeting 2019, Rostock, Germany, 10-15 Mar 2019.
8. **A. Hudomal**, I. Vasić, N. Regnault, and Z. Papić, Searching for quantum scars in constrained bosonic models, 7th International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia, 26-30 Aug 2019.
9. I. Vasić, **A. Hudomal**, and N. Regnault, Probing fractional Hall states in driven optical lattices, 7th International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia, 26-30 Aug 2019.
10. **A. Hudomal**, I. Vasić, N. Regnault, and Z. Papić, Searching for quantum scars in constrained bosonic models, Symposium on Condensed Matter Physics, Belgrade, Serbia, 7-11 Oct 2019.

#### 2.4. Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Ова докторска дисертација је подељена у пет поглавља.

У првом поглављу дат је кратак увод у област ултрахладних атома и истакнуто је да ови системи представљају једну од водећих експерименталних поставки за реализацију квантних симулатора. Уведен је основни модел коришћен у тези, Бозе-Хабард модел, којим се реалистично описују особине бозона у оптичким решеткама. Сумиране су типичне карактеристике неравнотежне динамике у оваквом систему, а потом су представљени скорашњи експериментални резултати у којима се термализација одвија на нестандартни, спори начин и уведен је концепт квантних ожилјака. Затим је објашњено како се у текућим експериментима применом периодичног вођења и техником Флоке пресликавања реализују синтетичка магнетна поља, односно тополошки Харпер-Хофштетер модел.

У другом поглављу проучавана је неравнотежна динамика у класи бозонских модела у којима амплитуда тунелирања између два суседна чвора оптичке решетке зависи од њихове насељености. Разматрани су Хамилтонијани у којима је тунелирање атома на празан чвор потпуно забрањено, као и модели у којима је вероватноћа прелаза на празан чвор мања у односу на стандардни Бозе-Хабард модел. Најпре је на основу расподеле енергетских нивоа ових модела утврђена њихова неинтеграбилност. Потом је анализом корелационих функција и ентропије увезаности показано да се одређене почетне конфигурације веома споро термализују. Ова појава је објашњена појавом квантних ожилјака чије особине су потом детаљно анализирани семианалитичком апроксимацијом. За неке од ових модела показано је и присуство експоненцијално великог броја нултих мода.

У поглављу 3 испитан је утицај слабих бозонских интеракција на мерење Черновог броја у оптичким решеткама. Представљени су резултати систематичних нумеричких симулација експерименталног протокола који се састоји у следећем: у почетном тренутку атоми приближно равномерно насељавају најнижу енергетску зону ефективног модела, док су у реалном простору конфинирани потенцијалном замком. Потом се замка отвара и атоми су изложени дејству константне силе. Израчунат је померај центра масе атомског облака, разматрано је ширење облака у реалном простору, као и насељеност енергетских зона ефективног модела. Померај у правцу ортогоналном на правац силе заправо садржи информацију о Черновом броју ефективног модела.

Најпре је разматран неинтерагујући модел. Упореджени су резултати добијени за вођен систем са резултатима који одговарају ефективном моделу и показано је да је за добро слагање неопходно узети у обзир чланове вишег реда у ефективном моделу. На основу овог поређења су одређени важни физички параметри, посебно фреквенција вођења, тако да ефективни модел реалистично описује пуну динамику система, као и да одговара Харпер-Хофштетер моделу. Потом су проучавани ефекти интеракција. У складу са очекивањима, утврђено је да интеракције поспешују атомске прелазе у више енергетске зоне ефективног модела и на тај начин компликују мерење Черновог броја. Сем тога, резултати указују и на повољне ефекте интеракција, односно, да у присуству интеракција атоми равномерније насељавају енергетске зоне. Такође, интеракције поништавају доприносе неких мање важних чланова у ефективном Хамилтонијану и на тај начин истичу ефекте тополошких чланова.

У поглављу 4 проучавана је могућност припреме фракционих Холових стања у вођеном Бозе-Хабард моделу. 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 се припрема као основно стање идеалног ефективног модела, које се потом излаже 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 50 милисекунди.

У поглављу 5 сумирани су најважнији резултати и назначени даљи могући правци истраживања. Сви технички детаљи прорачуна приказани су у седам додатака.

### 3. Списак публикација кандидата

Према бази Web of Science, радови кандидаткиње су цитирани укупно 19 пута, од чега 18 пута без аутоцитата, а њен h фактор је 2.

Радови у међународним часописима изузетних вредности (M21a):

1. 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

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. 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
2. 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
3. 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
4. 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

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34):

1. **A. Hudomal**, I. Vasić, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Transport dynamics in optical lattices with flux,  
DPG Spring Meeting 2017, Mainz, Germany, 6-10 Mar 2017.
2. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Transport dynamics in optical lattices with flux,  
6th International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia, 28 Aug -1 Sep 2017.
3. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Transport in optical lattices with flux,  
Winter School on Topological Matter in Artificial Gauge Fields,  
Dresden, Germany, 26 Feb – 2 Mar 2018.
4. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Artificial gauge potentials in periodically driven optical lattices: numerical simulations of atomic transport,  
DPG Spring Meeting 2018, Erlangen, Germany, 4-9 Mar 2018.
5. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Transport in optical lattices with flux,  
26th International Conference on Atomic Physics, ICAP 2018, Barcelona, Spain, 22-27 Jul 2018.
6. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Transport in optical lattices with flux,  
Research Frontiers in Ultracold Quantum Gases, Bad Honnef, Germany, 17-21 Dec 2018.
7. **A. Hudomal**, I. Vasić, H. Buljan, W. Hofstetter, and A. Balaž,  
Dynamics of weakly interacting bosons in optical lattices with flux,  
DPG Spring Meeting 2019, Rostock, Germany, 10-15 Mar 2019.
8. **A. Hudomal**, I. Vasić, N. Regnault, and Z. Papić,  
Searching for quantum scars in constrained bosonic models,  
7th International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia, 26-30 Aug 2019.
9. I. Vasić, **A. Hudomal**, and N. Regnault,  
Probing fractional Hall states in driven optical lattices,  
7th International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia, 26-30 Aug 2019.
10. **A. Hudomal**, I. Vasić, N. Regnault, and Z. Papić,  
Searching for quantum scars in constrained bosonic models,  
Symposium on Condensed Matter Physics, Belgrade, Serbia, 7-11 Oct 2019.

#### 4. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Numerical study of quantum gases in optical lattices and in synthetic magnetic fields**” (наслов на српском језику: „**Нумеричко проучавање квантних гасова у оптичким решеткама и у синтетичким магнетним пољима**”) из научне области Физика кондензованог стања, чији је аутор Ана Худомал, као и на основу оцене тог извештаја коју је дао ментор (извештај из програма и оцена извештаја се налазе у прилогу), констатујемо да је утврђено подударане текста око 2%. Овај степен подударности последица је тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата истраживања кандидаткиње, који су проистекли из њене дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

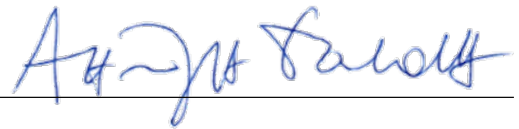
## 5. Закључак

На основу изложеног, Комисија закључује да резултати кандидаткиње Ане Худомал приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају изузетно оригиналан и значајан научни допринос у области физике кондензоване материје. Из области дисертације кандидаткиња је објавила три рада у међународним часописима категорије M21. Сходно томе, комисија предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да одобри јавну одбрану њене докторске дисертације под насловом:

### **Numerical study of quantum gases in optical lattices and in synthetic magnetic fields**

(Нумеричко проучавање квантних гасова у оптичким решеткама и у синтетичким магнетним пољима)

У Београду, 17. 9. 2020. године



др Антун Балаж

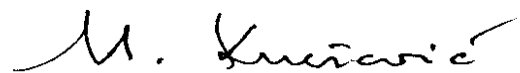
научни саветник

Институт за физику у Београду



проф. др Божидар Николић

ванредни професор Физичког факултета



проф. др Милан Кнежевић

редовни професор Физичког факултета



# Numerical study of quantum gases in optical lat...

By: Ana Hudomal

As of: Sep 5, 2020 5:06:53 PM  
43,584 words - 74 matches - 59 sources

Similarity Index

2%

Mode:  

## sources:

85 words / < 1% match - Internet from 27-Oct-2018 12:00AM  
[eprints.whiterose.ac.uk](http://eprints.whiterose.ac.uk)

77 words / < 1% match - Crossref  
[Monika Aidelsburger. "Artificial Gauge Fields with Ultracold Atoms in Optical Lattices", Springer Nature, 2016](#)

59 words / < 1% match - Internet from 24-Jul-2019 12:00AM  
[eprints.whiterose.ac.uk](http://eprints.whiterose.ac.uk)

39 words / < 1% match - Internet from 05-May-2020 12:00AM  
[www.mysciencework.com](http://www.mysciencework.com)

34 words / < 1% match - Internet from 31-Jan-2020 12:00AM  
[www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)

25 words / < 1% match - Internet from 16-Apr-2020 12:00AM  
[fr.scribd.com](http://fr.scribd.com)

23 words / < 1% match - Internet from 19-Mar-2019 12:00AM  
[dspace.cuni.cz](http://dspace.cuni.cz)

21 words / < 1% match - Internet from 02-Sep-2020 12:00AM  
[research-soran17.osaka-cu.ac.jp](http://research-soran17.osaka-cu.ac.jp)

20 words / < 1% match - Internet from 24-Oct-2019 12:00AM  
[epub.ub.uni-muenchen.de](http://epub.ub.uni-muenchen.de)

18 words / < 1% match - Internet  
[digitalcommons.library.umaine.edu](http://digitalcommons.library.umaine.edu)

---

17 words / < 1% match - Internet from 14-Jul-2020 12:00AM  
[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

---

16 words / < 1% match - Internet from 29-Nov-2018 12:00AM  
[export.arxiv.org](http://export.arxiv.org)

---

15 words / < 1% match - Internet from 04-Aug-2020 12:00AM  
[publications.waset.org](http://publications.waset.org)

---

15 words / < 1% match - Internet from 07-Oct-2011 12:00AM  
[darwin.bth.rwth-aachen.de](http://darwin.bth.rwth-aachen.de)

---

15 words / < 1% match - Internet from 08-Jan-2019 12:00AM  
[ar.scribd.com](http://ar.scribd.com)

---

14 words / < 1% match - Internet from 19-Sep-2019 12:00AM  
[tud.qucosa.de](http://tud.qucosa.de)

---

14 words / < 1% match - Internet from 22-Feb-2018 12:00AM  
[d-nb.info](http://d-nb.info)

---

14 words / < 1% match - Internet from 19-Feb-2019 12:00AM  
[export.arxiv.org](http://export.arxiv.org)

---

14 words / < 1% match - Internet from 01-Jul-2020 12:00AM  
[eprints.whiterose.ac.uk](http://eprints.whiterose.ac.uk)

---

14 words / < 1% match - Internet from 07-May-2019 12:00AM  
[repository.bilkent.edu.tr](http://repository.bilkent.edu.tr)

---

14 words / < 1% match - Internet from 25-Feb-2018 12:00AM  
[d-nb.info](http://d-nb.info)

---

13 words / < 1% match - Internet from 29-Jan-2016 12:00AM  
[duepublico.uni-duisburg-essen.de](http://duepublico.uni-duisburg-essen.de)

---

13 words / < 1% match - Internet from 28-Aug-2020 12:00AM  
[open.library.ubc.ca](http://open.library.ubc.ca)

---

13 words / < 1% match - Internet

[arxiv.org](https://arxiv.org)

---

13 words / < 1% match - Internet from 13-Nov-2018 12:00AM

[export.arxiv.org](https://export.arxiv.org)

---

13 words / < 1% match - Internet from 04-Nov-2018 12:00AM

[archive.org](https://archive.org)

---

13 words / < 1% match - Crossref

[O Boada. "Simulation of gauge transformations on systems of ultracold atoms", New Journal of Physics, 11/30/2010](#)

---

13 words / < 1% match - Crossref

[E. Macaluso, T. Comparin, R. O. Umucalilar, M. Gerster, S. Montangero, M. Rizzi, I. Carusotto. "Charge and statistics of lattice quasiholes from density measurements: A tree tensor network study", Physical Review Research, 2020](#)

---

13 words / < 1% match - Crossref

[Adhip Agarwala, Diptiman Sen. "Effects of local periodic driving on transport and generation of bound states", Physical Review B, 2017](#)

---

12 words / < 1% match - Internet from 26-Nov-2019 12:00AM

[eprints.ucm.es](https://eprints.ucm.es)

---

12 words / < 1% match - Internet from 26-Nov-2018 12:00AM

[amsdottorato.unibo.it](https://amsdottorato.unibo.it)

---

12 words / < 1% match - Internet from 24-May-2019 12:00AM

[d-nb.info](https://d-nb.info)

---

12 words / < 1% match - Internet from 29-Aug-2020 12:00AM

[export.arxiv.org](https://export.arxiv.org)

---

12 words / < 1% match - Internet from 25-Jun-2011 12:00AM

[dml.riken.jp](https://dml.riken.jp)

---

12 words / < 1% match - Internet from 24-Mar-2020 12:00AM

[www.mitpressjournals.org](https://www.mitpressjournals.org)

---

12 words / < 1% match - Crossref

[Tomoki Ozawa, Hannah M. Price, Alberto Amo, Nathan Goldman et al. "Topological photonics", Reviews of Modern Physics, 2019](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 02-Nov-2019 12:00AM

[export.arxiv.org](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 16-Nov-2019 12:00AM

[d-nb.info](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 16-Nov-2019 12:00AM

[d-nb.info](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 16-Nov-2018 12:00AM

[arxiv.org](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 02-Feb-2020 12:00AM

[export.arxiv.org](#)

---

11 words / < 1% match - Internet

[strathprints.strath.ac.uk](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 05-Jun-2018 12:00AM

[epub.uni-regensburg.de](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 22-Feb-2016 12:00AM

[etd.adm.unipi.it](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 13-May-2020 12:00AM

[arxiv.org](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 09-May-2019 12:00AM

[pastel.archives-ouvertes.fr](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 04-Dec-2018 12:00AM

[export.arxiv.org](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 31-Jan-2020 12:00AM

[export.arxiv.org](#)

---

11 words / < 1% match - Internet from 30-Apr-2020 12:00AM  
[eprints.whiterose.ac.uk](https://eprints.whiterose.ac.uk)

---

11 words / < 1% match - Internet  
[arxiv.org](https://arxiv.org)

---

11 words / < 1% match - Internet from 17-Jul-2019 12:00AM  
[www.tandfonline.com](https://www.tandfonline.com)

---

11 words / < 1% match - Internet from 25-Feb-2019 12:00AM  
[arxiv.org](https://arxiv.org)

---

11 words / < 1% match - Internet  
[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

---

11 words / < 1% match - Internet  
[arxiv.org](https://arxiv.org)

---

11 words / < 1% match - Internet  
[arxiv.org](https://arxiv.org)

---

11 words / < 1% match - Internet from 08-Mar-2019 12:00AM  
[scl.rs](https://scl.rs)

---

11 words / < 1% match - Publications  
[Bissbort, Ulf \(Dipl.-Phys.\). "Dynamical effects and disorder in ultracold bosonic matter", Publikationsserver der Goethe-Universität Frankfurt am Main, 2013.](#)

---

11 words / < 1% match - Crossref  
[Johannes Motruk, Frank Pollmann. "Phase transitions and adiabatic preparation of a fractional Chern insulator in a boson cold-atom model", Physical Review B, 2017](#)

---

11 words / < 1% match - Crossref  
[David J. Luitz, Yevgeny Bar Lev. "The ergodic side of the many-body localization transition", Annalen der Physik, 2017](#)

---

## ПРИЛОГ 2

### ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Numerical study of quantum gases in optical lattices and in synthetic magnetic fields**” (наслов на српском језику: „**Нумеричко проучавање квантних гасова у оптичким решеткама и у синтетичким магнетним пољима**”) из научне области Физика кондензованог стања, чији је аутор Ана Худомал, констатујем да је утврђено подударање текста око 2%, након искључивања извора који садрже радове кандидата и дупликате, као и изворе са преклапањем до 10 речи. Овај степен подударности последица је тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата истраживања кандидаткиње, који су проистекли из њене дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Београду, 17. 9. 2020. године



---

др Ивана Васић, ментор  
виши научни сарадник  
Институт за физику у Београду