

Научном већу Института за физику у Београду

На седници Научног већа Института за физику одржаној 26.12.2017. године именовани смо у комисију за избор др Анђела Мађитија (Angelo Maggitti) у звање **научни сарадник**. Пошто смо прегледали одговарајући материјал, досадашње објављене резултате и резултате у припреми за објављивање, а и лично упознали кандидата кроз стручну и научну сарадњу, подносимо Научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци

Анђело Мађити је рођен 4. септембра 1977. године у Базелу, Швајцарска. Завршио је основне студије нанонауке (*Nanoscience*) на факултету за филозофију и природне науке Универзитета у Базелу (*Philosophisch Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Basel*). Након основних студија, наставио је мастер студије такође на Универзитету у Базелу, на смеру нанофизика. Током мастер студија, учествовао је у три научна пројекта од којих је један био основа за мастер рад. Први научни пројекат под називом "Оптимизоване структуре $Mg^+(Ne)_m$ -кластера ($1+m \leq 8$) симулиране методом Фурије интеграла по трајекторијама" [*Fourier Path Integral Simulations and Optimized Structures of $Mg^+(Ne)_m$ -Clusters ($1+m \leq 8$)*] припадао је области теоријске квантне хемије. Други научни пројекат о наномеханичким резонаторима на бази јонских замки (*Towards ion trap transducers of nanomechanical resonators*) био је из области теоријске наномеханике. Мастер рад, под називом "О квантованој проводности у двослојном графену" (*Towards quantized conductance in graphene bilayer*) урађен је на Техничком универзитету у Делфту у Холандији под руководством проф. др Ливен Вандерсајпена (*Lieven Vandersypen*) као ментора и коментора проф. др Мартино Пођоа (*Martino Poggio*). За мастер рад је награђен стипендијом Универзитета у Базелу и учешћем у Еразмус програму.

Анђело Мађити је уписао докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду 2011. године, на смеру Квантна, математичка и нанофизика. Поред докторских студија, Анђело Мађити је учествовао у летњој школи *International Summer Schools on Nanosciences & Nanotechnologies, Organic Electronics and Nanomedicine (ISSON11) 2011*, одржаној у Солуну и на симпозијуму *2nd International Symposium about Quantum Mechanics based on a "Deeper Level Theory": Emergence of Quantum Mechanics*, одржаној у Бечу, у Аустријској академији наука, октобра 2013. године.

Дана 7. априла 2016. године, Анђело Мађити је одбранио докторску дисертацију под називом: "Формирање тамних поларитона и дво-поларитонских везаних стања у низовима атома и оптичких микрорезонатора" ("*Formation of dark-state polaritons and two-polariton bound states in arrays of atoms and optical cavities*") на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Анђело Мађити је аутор/коаутор 2 научна рада који су објављени у врхунским међународним часописима. Још два рада су у припреми за слање у часописе. Додатно, презентовао је три постера као аутор на домаћим и међународним конференцијама.

2. Преглед постигнутих научних резултата

Научно-истраживачки рад др Анђела Мађитија (Dr. Angelo Maggitti) је везан за област теоријске квантне оптике као и за примену квантне теорије информација у квантној оптици. За време докторских студија у Београду (2011-2016) кандидат се бавио двема темама из теоријске квантне оптике:

- проучавање слободних, тамних поларитона у гасу атома са два енергијска нивоа који имају дегенерисане поднивоје,
- реализација дво-поларитонских везаних стања у нивовима оптичких микрорезонатора уз увођење модификованог Џејнс-Камингсовог модела.

Резултати из обе теме су представљени у докторској дисертацији. Докторирао је на теми "*Формирање тамних поларитона и дво-поларитонских везаних стања у нивовима атома и оптичких микрорезонатора*", урађеној под руководством др Милана Радоњића (главног ментора) и др Бранислава Јеленковића (коментора) у Центру за фотонику Института за физику у Београду. Научне активности др Анђела Мађитија су:

2.1. Проучавање слободних, тамних поларитона у гасу атома у ЕИТ конфигурацији

У модерним истраживањима у физици често се тежи повезивању два истраживачка поља што може бити врло плодотворно. Један пример таквог споја је између физике чврстог стања и квантне оптике. Проучавање поларитона и тамних поларитона као подврсте (*dark-state polaritons*) је веома актуелно и представља једну од спона између физике чврстог стања и квантне оптике. У првој половини свог докторског рада Анђело Мађити је проучавао су тамне поларитоне и њихово формирање у одређеним атомским системима. Тамни поларитони се могу образовати у атомским системима код којих постоји кохерентни ефекат електромагнетно индуковане транспаренције (ЕИТ) (*Eletromagnetically Induced Transparency*). Типичан пример таквог система је атомски систем са три нивоа у тзв. Λ -конфигурацији у којој два ласерска поља спрежу два дугоживећа нивоа са једним побуђеним краткоживећим нивоом. Деструктивна интерференција могућих начина побуђивања омогућава формирање тзв. "тамних стања". Таква стања представљају специфичне линеарне комбинације дугоживећих атомских стања са особиним да се не могу побудити ни једним од ласера и у директној су вези са постојањем тамних поларитона. Тамни поларитони су ниско-енергијске колективне ексцитације атома и електромагнетног поља без доприноса побуђених атомских стања. Као такви, тамни поларитони омогућавају успоравање светлости и складиштење фотонских стања у колективним ексцитацијама атомских система. Шта више, могу имати улогу квантних бита и самим тим бити коришћени у квантној информатици и квантном рачунању. Типични поларитони остварени у квантно-оптичким системима су типично неинтерагујући.

У првом делу дисертације др Мађити је проучавао формирање тамних поларитона у ансамблу атома, који поседују два нивоа, основни и побуђени, са дегенерисаним поднивоима. Атомски системи чији нивои поседују дегенерацију су у литератури углавном претходно проучавани помоћу Морис-Шорове трансформације (*Morris-Shore-Transformation*) која омогућава да се поднивои основног и побуђеног нивоа групишу у подсистеме који се састоје од једног, два или три поднивоа.

За разлику од Морис-Шорове трансформације, кандидат је развио нов и другачији метод испитивања тамних поларитона који се заснива на решавању микроскопских операторских једначина кретања. До сада овај метод није примењиван на системе који имају дегенерисане поднивоје. Овај алгоритам представља нетривијално проширење познатог алгоритма за недегенерисане нивоје на случај постојања нивоа са дегенерацијом. Развијени алгоритам омогућава потпуну анализу формираних тамних поларитона у зависности од изабране поларизације примењених ласерских поља. Приказана је примена на експериментално значајне атомске паре рубидијума 87 и

дискутовани су могући тамни поларитони. Додатно је разматрана могућност конверзије фреквенције и линеарне поларизације светлости коришћењем разматраних тамних поларитона. Ови резултати су објављени у раду [A1].

2.2. Проучавање интерагујућих поларитона и реализација дво-поларитонских везаних стања у низовима оптичких микрорезонатора

Интерагујући поларитонски системи су били слабо проучавани до 2010. године услед тешкоћа у успостављању незанемарљиве јачине интеракције. Њихово проучавање је од растућег интереса због бројних могућих примена у реализацији квантних логичких кола и симулације јако корелисаних, вишечестичних бозонских система познатих из физике чврстог стања. Један од често коришћених приступа за обезбеђивање интеракције међу поларитонима, а ефективно преко њих и међу фотонима, је присуство оптичких квантно-електродинамичких микрорезонатора (*optical QED cavities*). Оптички микрорезонатори обезбеђују режим јаког спрезања између фотона оптичких мода и резонантних атома. На тај начин се постиже нелинеарност неопходна за реализацију нетривијалних интеракција, као и могућност прецизног и ефикасног контролисања тих интеракција. Основни модел за опис интеракције атома са два нивоа и електромагнетног поља оптичког, квантно-електродинамичког микрорезонатора је Џејнс-Камингсов модел (*Jaynes-Cummings model*). Физичке особине поменутог модела су детаљно проучене теоријски и проверене експериментално. Квалитативно проширење модела на низове међусобно спрегнутих оптичких микрорезонатора представља Џејнс-Камингс-Харбадов модел (*Jaynes-Cummings-Hubbard-model*) који укључује и могућност размене фотона између суседних микро-резонатора путем еванесцентних поља. Физичке особине овог модела су предмет активних истраживања, између осталог и због доступне експерименталне реализације. Интеракција између поларитона у таквом систему доводи до појаве квантних фазних прелаза, нпр. Мот изолатор-суперфлуид, као и до формирања везаних дво-поларитонских стања. Везана дво-поларитонска стања су тек недавно постала предмет истраживања области квантне оптике и физике вишечестичних система. Проучавање физичких особина везаних дво-поларитонских стања може указати на нове фундаменталне основе за будућу реализацију квантних меморија и квантних мрежа. Са друге стране, остварају се значајне могућности у контексту проучавања квантних фазних прелаза, као и реализације фрустрираних, Хајзенбергових спинских система (*Frustrated Heisenberg Spin systems*), а такође и сасвим нових вишечестичних система.

Из претходно наведених разлога, у другом делу докторске дисертације др Анђела Мађитија проучавани су интерагујући поларитони у једнодимензионалном низу еванесцентно спрегнутих оптичких квантно-електродинамичких микрорезонатора од којих сваки интерагује преко једне од својих мода са атомом са три нивоа (два дугоживећа и један побуђени). Додатно, сваки атом је побуђиван спољашњим ласерским пољем тако да је остварен услов дво-фотонске Раманове резонанце у Λ -конфигурацији поља резонатора и ласера. Показано је да под одређеним условима у оваквом систему Џејнс-Камингс-Хабардовога типа долази до појаве везаних тамних поларитона. Уочено је да пар везаних тамних поларитона показује занимљиву могућност коришћења као квантне меморије за тачно један фотон. Резултати другог дела дисертације су објављени у раду [A2].

У наставку дисертације Анђела Мађитија уведено је контролисано периодично неуређење у једнодимензионалном низу спрегнутих оптичких микрорезонатора преко наизменично променљивог параметра спрезања типа $J_1 - J_2 - J_1 - J_2 - \dots$. Показано је да се у таквој конфигурацији појављује специфичан тип везаних тамних поларитона који до сада није виђен. Нови тип везаних тамних поларитона поседује могућност примене у реализацији квантног бита. Ови резултати су у припреми за слање у часопис [A3].

Проблеми проучени у радовима [A1] и [A2] су од знатног теоријског и експерименталног интереса због могућности контролисања понашања система променом параметара спољашњег ласерског

поља. У раду [A2] је по први пут уведен нов модел у оквиру кога особине везаног пара тамних поларитона могу да се подешавају на поменути начин. Додатно, везани пар тамних поларитона под одређеним условима може постати основно стање система и бити коришћен као квантна меморија. У будућем раду [A3] ће по први пут бити дискутован утицај наизменичног неуређења на везане парове тамних поларитона.

2.3. Списак радова др Анђела Мађитија на које се позива у тачкама 2.1. и 2.2.

[A1] **A. Maggitti**, M. Radonjić and B. M. Jelenković,
"Dark-state polaritons in a degenerate two-level system", *Laser Physics* **23**, 105202 (2013).
Импакт-фактор часописа **3.605** за 2011. годину

[A2] **A. Maggitti**, M. Radonjić and B. M. Jelenković,
"Dark-polariton bound pairs in the modified Jaynes-Cummings-Hubbard model", *Phys. Rev. A* **93**, 013835 (2016).
Импакт-фактор часописа **2.925** за 2016. годину

[A3] **A. Maggitti**, M. Radonjić and B. M. Jelenković,
"Dark-polariton bound pairs under the effect of staggered disorder" – у припреми.

[A4] **A. Maggitti**, N. Paunković and B. M. Jelenković,
"Polaritonic guided Loschmidt Echo in coupled QED cavities" – у припреми.

Научни рад др Анђела Мађитија карактерише се значајном самосталношћу, оригиналношћу, као и темељитошћу у решавању проблема. Кандидат је самоиницијативно покренуо истраживачки пројекат тј. начинио избор теме и истраживачког правца и успешно их реализовао у сарадњи са менторима.

Након успешне одбране докторске дисертације 7.4.2016. др Анђело Мађити наставио је своју истраживачку активност у два основна правца:

- проучавање Џејнс-Камингс-Хабардових решетки (*Jaynes-Cummings-Hubbard-lattices*) које се добијају спрегнутим дводимензионалним квантно-електродинамичким микрорезонаторима у којима су смештени атомски ансамбли са различитим конфигурацијама енергетских нивоа. Циљ је повезивање везаних тамних поларитона са фрустрираним Хајзенберговим спинским системима (*frustrated Heisenberg spin systems*) и могуће остваривање оптичких тополошких изолатора.
- примена метода квантне теорије информације (рад у припреми [A4]) и реализација интерагујућих квантних шетача у низу једно- и дводимензионалних спрегнутих квантно-електродинамичких микрорезонатора на јако корелисане поларитоне где коришћени атоми имају различиту конфигурацију енергетских нивоа.

3. Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

3.1. Ангажованост у развоју услова за научни рад, образовању и формирању научних кадрова

3.1.1. Допринос развоју науке у земљи

Др Анђело Мађити је дао значајан допринос развоју научно-истраживачких тема које су будући предмет истраживања у Центру за фотонику Института за физику. Кандидат је својим теоријским проучавањем неинтерагујућих тамних поларитона у гасу атома поставио темељ за боље разумевање формирања тамних поларитона у системима са дегенерисаним енергетским поднивоима. Додатно, проучавањем везаних интерагујућих поларитонских тамних стања у нивовима оптичких, квантно-електродинамичких микрорезонатора помоћу модификованог Џејнс-Камингс-Хабардовог модела постављен је темељ за будуће проширење експеримената у Центру за фотонику заснованих на феномену електромагнетно индуковане транспаренције (ЕИТ) укључивањем у разматрање оптичких, квантно-електродинамичких микрорезонатора. Целокупан научни рад др Анђела Мађитија у области теоријске квантне оптике допринео је бољем разумевању кохерентних интеракција атома и фотона које доводе до формирања тамних поларитона и њихових особина. Пошто су поларитони тамних стања основ феномена споре и заустављене светлости, постоји мноштво даљих истраживачких праваца са значајним могућностима примене у будућим квантним технологијама.

3.1.2. Међународна сарадња

Кандидат је учествовао у покретању сарадње са др Николом Паунковићем са Института за телекомуникације Техничког универзитета у Лисабону на тему интерагујућих многочестичних квантних шетача у једно- и дводимензионалним нивовима оптичких резонатора (*Interacting multiparticle quantum walks in one and two dimensional arrays of optical cavities*).

3.2. Квалитет научних резултата и цитираност

Кандидат је у оквиру своје научне активности објавио 2 рада у врхунским међународним часописима са ISI листе, **категорије M21** на основу рангирања у години која претходи години објављивања. Додатна два рада су у припреми за слање у часописе.

3.2.1. Утицајност

Према подацима из базе података *Web of Science* на дан 26.12.2017. године, радови др Анђела Мађитија су цитирани укупно 3 пута у међународним часописима (не укључујући самоцитате).

3.2.2. Параметри квалитета часописа

У категорији М21 кандидат је објавио радове у следећим часописима:

- 1 рад ([A1]) у часопису *Laser Physics* (импакт фактор за 2011. годину 3.605),
- 1 рад ([A2]) у часопису *Physical Review A* (импакт фактор за 2016. годину 2.925).

Укупан импакт фактор радова кандидата у часописима категорија **М21** је **6.530**.

3.2.3. Ефективни број радова и број радова нормиран у односу на број коаутора

Оба рада су урађена у сарадњи са ментором и коментором. Сви радови кандидата су са пуном тежином у односу на број коаутора.

3.2.4. Допринос кандидата у реализацији коауторских радова

- Радови [A1] и [A2] су проистекли из рада на докторској тези кандидата, док су радови [A3] и [A4] у припреми. У поменутих радовима др Анђело Мађити је првопотписани аутор и идејни покретач истраживања.

4. Испуњеност квантитативних услова за стицање звања научни сарадник

Др Анђело Мађити (Dr. Angelo Maggitti) испуњава све услове за стицање звања научни сарадник. По класификацији, коју је прописало Министарство просвете, науке и технолошког развоја кандидат има 16 поена - два М21 рада (16 бодова), два М34 рада (1 бод) и одбрањену докторску дисертацију (М70 – 6 бодова). Испуњеност квантитативних услова је приказана у следећој табели (остварени резултати у периоду пре избора):

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова
М21	8	2	16
М34	0.5	2	1
М70	6	1	6

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

Минималан број М бодова		Остварено
Укупно	16	23
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	16
M11+M12+M21+M22+M23	6	16

5. Закључак и предлог

Имајући у виду квалитет научног рада др Анђела Мађитија (Dr. Angelo Maggitti) и достигнути степен истраживачке зрелости и компетентности, као и самосталност у дефинисању и решавању занимљивих, релевантних и комплексних проблема, задовољство нам је да предложимо Научном већу Института за физику да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Анђела Мађитија (Dr. Angelo Maggitti) у звање научни сарадник.

У Београду, 28.12.2017. године

Чланови комисије

1. др Бранислав Јеленковић
Научни саветник
Институт за физику у Београду

2. др Милан Радоњић
Научни сарадник
Институт за физику у Београду

3. проф. др Едиб Добарџић
Ванредни професор
Физички факултет Универзитета у
Београду
