

Научном већу Института за физику

Београд, 26.11.2014. год.

На седници Научног већа Института за физику у Београду, одржаној 28.10.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за избор др Сенке М. Ћук у звање **научни сарадник**. Научном већу Института за физику подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци

Сенка (Милорад) Ћук је рођена 09. новембра 1982. године у Сарајеву, БиХ. IX београдску гимназију „Михаило Петровић Алас“ завршила је 2001. године. Маја 2007. године, дипломирала је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на одсеку за Физичку електронику – смер за Оптиелектронику и ласерску технику. Докторске студије на Електротехничком факултету, у групи за Наноелектронику и фотонику, уписала је 2008. године. Дана 09. октобра 2014. године одбранила је докторску дисертацију под називом: „*Techniques for Resolution Improvement in Precision Measurements with Hot and Cold Atoms*“ („Технике за унапређење резолуције у прецизним мерењима са топлим и хладним атомима“), на Електротехничком факултету у Београду.

Школске 2008/2009. године, Сенка М. Ћук је као стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ангажована на пројекту „*Квантна и оптичка интерферометрија*“ (бр. ОИ141003), чиме и почиње њен рад у Центру за фотонику Института за физику у Београду. Кандидаткиња тренутно ради као истраживач сарадник на научноистраживачким пројектима у којима се проучавају особине и примене кохерентних ефеката индукованих у атом-фотон интеракцијама: „*Генерисање и карактеризација нанофотонских функционалних структура у биомедицини и информатици*“ (бр. ИИИ45016) и „*Холографске методе генерисања специфичних таласних фронтана за ефикасну контролу квантних кохерентних ефеката у интеракцији атома и ласера*“ (бр. ОИ171038). Током 2011. и 2012. године, Сенка М. Ћук је као гостујући студент боравила на Масачусетском институту за технологију (МИТ) у Кембриџу (САД), где се у Центру за ултрахладне атоме бавила прецизним мерењима сигнала који потичу од хладних атома, тражећи оптималну технику за мерење физичких величина (фреквенције, магнетног поља и др.) са прецизношћу бољом од стандардне квантне границе.

У досадашњем раду, Сенка М. Ћук је била аутор или коаутор шест чланака у врхунским међународним часописима (категорија М21), једног рада у истакнутом међународном часопису (М22) и једног рада у међународном часопису (М23). Учествовала је у бројним научним скуповима у земљи и иностранству.

2. Преглед научне активности др Сенке М. Ћук

Др Сенка М. Ћук се бави научно-истраживачким радом у области експерименталне квантне оптике. Током докторских студија (2008-2014), кандидаткиња је проучавала кохерентне ефекте индуковане електромагнетним зрачењем у пари алкалних атома рубидијума у различитим експерименталним условима. Као резултат тог рада, настала је докторска дисертација наслова „*Techniques for Resolution Improvement in Precision Measurements with Hot and Cold Atoms*“, урађена под руководством др Бранислава Јеленковића из Центра за фотонику Института за физику у Београду, а одбрањена на Електротехничком факултету у Београду октобра 2014. године.

У Центру за фотонику Института за физику, др Сенка М. Ћук се бави испитивањем утицаја различитих радијалних расподела интензитета ласерског снопа на особине тзв. Ханле резонанци у ефектима *електромагнетно индуковане апсорпције* (ЕИА) и *транспаренције* (ЕИТ) у пари рубидијума [радови (2), (4)-(7)]. Циљ рада је допринос потпунијем разумевању физике на којој почивају ове интеракција, као и да се, погодним избором профила ласерског снопа, те начина његове детекције, оствари сужавање посматраних резонанци. Уже резонанце доприносе побољшању резолуције савремених мерних инструмената базираних на ансамблима честица (еталона учестаности, магнетометара, филтера оптичких учестаности и др.). Истраживањем су обухваћени атоми ^{87}Rb у вакуумској стакленој ћелији на собној температури. Кохерентне резонанце, које се манифестују као „спектрални прозори“ у интензитету трансмитованог зрачења, реализују се у Ханлеовој експерименталној поставци, са једним линеарно поларизованим ласерским снопом стабилне емисионе учестаности у присуству контролисаног хомогеног магнетног поља усмереног дуж правца простирања снопа, а ради постизања Раманове раздешености између магнетних поднивоа атома спрегнутих светлосћу. Атоми се доводе у интеракцију са сноповима Гаусове или П радијалне расподеле интензитета, одговарајућих интензитета и пречника. Информације о особинама резонанци, о њиховим амплитудама и ширинама, добијају се мерењем трансмисије целог снопа или његових појединачних сегмената пропуштених кроз узани отвор постављен испред детектора. У овим интеракцијама, заједничко дејство електричног поља ласера и спољашњег магнетног поља одређује еволуцију стања атома, који пролећу кроз снап. Теоријски прорачуни, за проверу добијених експерименталних резултата, заснивају се на временски зависним оптичким Блоховим једначинама.

Током истраживачког рада у Центру за ултрахладне атоме на Масачусетском институту за технологију (у трајању од 18 месеци), др Сенка М. Ћук се бавила прецизним мерењима сигнала који потичу од хладних атома заробљених у оптичком резонатору, трагајући тако за оптималним начином мерења физичких величина (нпр. магнетног поља) са осетљивошћу бољом од стандардне квантне границе (СКГ). Циљ рада је да се реализује детекциони систем за мерење броја атома у одређеном хиперфином стању са једноатомском резолуцијом. Овакво селективно мерење броја атома са једноатомском резолуцијом је неопходно у експериментима заснованим на детекцији парности, те представља технику која омогућава метрологију знатно испод СКГ-а. Мерења се врше са ласерски охлађеним атомима ^{87}Rb у комори под ултра-високим вакуумом. Атоми су заробљени у трбусима стојећег таласа на 852 nm, унутар оптичког резонатора високе финесе, који смањује нежељене ефекте расејања у слободни простор. Квантне корелације између честица се успостављају интеракцијом са пробном светлосћу на 780 nm. Атоми у резонатору мењају индекс преламања средине, тиме индукујући померај резонантне учестаности шупљине. Мерењем овог помераја, на основу промене фазе пробне светлости рефлектоване од шупљине, мери се и сам број атома. Резолуција је одређена варијансом броја атома добијеном из великог броја поновљених мерења. У селективном мерењу мезоскопског ансамбла који садржи до 100 атома у одређеном хиперфином стању, демонстрирана је једноатомска резолуција у бројању атома и осетљивост детекције од око 21 dB испод границе квантног шума пројекције [рад (3)].

У наставку ових истраживања, постављен је експеримент за генерисање чистих увезаних стања колективног спина у великим атомским ансамблима, а уз помоћ једнофотонске детекције. Квантномеханички увезана стања великог броја честица су од интереса у квантној информатици, рачунарству и метрологији. Фотони трансмитовани кроз ансамбл рубидијумових атома

доживљавају слабу Фарадејеву ротацију услед квантног шума атомског спина. Један фотон који напушта ансамбл честица са поларизацијом ортогоналном упадној поларизацији „оглашава“ стварање увезаног стања колективног спина (Дики стања). Два или више ортогонално поларизованих фотона „оглашавају“ тзв. стиснута Шредингерова „кет“ стања. Предложени метод [рад (1)] производи чиста стања чак и за коначну ефикасност детекције фотона и слабо спрезање између атома и фотона.

Током 2013/2014. године, др Сенка М. Ћук ради на осмишљавању и постављању експеримента за формирање магнето-оптичке замке, тј. облака охлађених атома рубидијума, у Центру за фотонику на Институту за физику у Београду. Очекује се да овакви атоми буду погодни за разноврсне манипулације њиховим стањима, а тиме и уочавање и проучавање нових ефеката (интеракција са специфичним облицима снопова, попут Беселових, понашања у различитим облицима потенцијала у околини нанофибера, проучавање Ридбергових стања, која су кандидати за квантна логичка кола и сл.).

Списак одабраних радова:

- (1) Robert McConnell, Hao Zhang, **Senka Ćuk**, Jiazhong Hu, Monika H. Schleier-Smith, and Vladan Vuletić, “Generating entangled spin states for quantum metrology by single-photon detection,” *Phys. Rev. A* **88**, 063802 (2013)
- (2) **S. M. Ćuk**, A. J. Krmpot, M. Radonjić, S. N. Nikolić, and B. M. Jelenković, “Influence of a laser beam radial intensity distribution on Zeeman electromagnetically induced transparency line-shapes in the vacuum Rb cell,” *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **46**, 175501 (2013)
- (3) Hao Zhang, Robert McConnell, **Senka Ćuk**, Qian Lin, Monika H. Schleier-Smith, Ian D. Leroux, and Vladan Vuletić, “Collective State Measurement of Mesoscopic Ensembles with Single-Atom Resolution,” *Phys. Rev. Lett.* **103**, 133603 (2012)
- (4) A. J. Krmpot, M. Radonjić, **S. M. Ćuk**, S. N. Nikolić, Z. D. Grujić, and B. M. Jelenković, “Evolution of dark state of an open atomic system in constant intensity laser field,” *Phys. Rev. A* **84**, 043844 (2011)
- (5) **S. M. Ćuk**, M. Radonjić, A. J. Krmpot, S. N. Nikolić, Z. D. Grujić, and B. M. Jelenković, “Influence of laser beam profile on electromagnetically induced absorption,” *Phys. Rev. A* **82**, 063802 (2010)
- (6) A. J. Krmpot, **S. M. Ćuk**, S. N. Nikolić, M. Radonjić, D. G. Slavov, and B. M. Jelenković, “Dark Hanle resonances from selected segments of the Gaussian laser beam cross-section,” *Opt. Express* **17**, 22491 (2009)
- (7) A. J. Krmpot, S. M. Ćuk, S. N. Nikolić, M. Radonjić, Z. D. Grujić, and B. M. Jelenković, “Laser Beam Profile Influence on Dark Hanle Resonances in Rb Vapor,” *Acta Phys. Pol. A* **116**, 563 (2009)

3. Елементи за квалитативну оцену рада кандидаткиње

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

3.1.1. Допринос развоју науке у земљи

Др Сенка М. Ћук је значајно допринела проучавању научно-истраживачких тема, које су предмет интересовања Центра за фотонику Института за физику у Београду, и то кроз планирање, постављање и реализацију експеримената за испитивање електромагнетно индуковане апсорпције и транспаренције. Научни рад у изучавању особина наведених кохерентних ефеката, индукованих у интеракцијама ласерског зрачења специфичне расподеле интензитета са атомима рубидијума, допринео је разумевању природе самих ефеката, и омогућио унапређење постојећих и планирање нових примена. У Центру за ултрахладне атоме на МИТ-у,

кандидаткиња је учествовала у развоју експерименталних метода за бројање охлађених атома рубидијума са једноатомском резолуцијом, као и за генерисање Шредингерових „кет“ стања, којима је омогућена метрологија знатно испод стандардне квантне границе за ансамбле великог броја атома. Захваљујући искуству са МИТ-а, др Сенка М. Ћук тренутно ради на постављању експеримента за формирање првог облака охлађених атома рубидијума у нашој земљи.

3.1.2. *Ангажованост у реализацији високошколског образовања*

Од 2010. године, др Сенка М. Ћук учествује у реализацији студентске праксе из домена оптоелектронике и квантне оптике у Центру за фотонику Института за физику, за студенте Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

3.1.3. *Међународна сарадња – учешће у међународним пројектима:*

- „*Ramsey spectroscopy in Rb vapour cells and application to atomic clocks*“ – SCOPES Joint Research Project, Швајцарска национална фондација за науку (2013-2016)
- „*Modern optics and spectroscopy: from research to education*“ – SCOPES Joint Research Project, Швајцарска национална фондација за науку (2009-2012)

3.1.4. *Студијске посете иностраним научним институцијама:*

- Центар за ултрахладне атоме, Масачусетски институт за технологију, Кембриџ (САД), јан – авг 2011. године, феб 2012 – феб 2013. године

3.2. *Квалитет научних резултата*

Кандидаткиња је у свом научном раду објавила укупно **8 радова** у међународним часописима са ISI листе, од чега **6 категорије M21** (врхунски међународни часописи), **1 категорије M22** (истакнути међународни часопис са ISI листе) и **1 рад категорије M23** (међународни часопис са ISI листе).

3.2.1. *Утицајност*

Према Science Citation Index-у, научни радови кандидаткиње др Сенке М. Ћук, цитирани су 21 пут у међународним часописима (не укључујући самоцитате).

3.2.2. *Параметри квалитета часописа*

У категорији M21, кандидаткиња је објавила радове у следећим часописима:

- 1 рад у Physical Review Letters (ИФ=7.943)
- 1 рад у Optics Express (ИФ=3.880)
- 3 рада у Physical Review A (ИФ=3.042)
- 1 рад у Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics (ИФ=2.031)

У категорији M22, кандидаткиња је објавила рад у следећем часопису:

- 1 рад у Physica Scripta (ИФ=1.204)

У категорији M23, кандидаткиња је објавила рад у следећем часопису:

- 1 рад у Acta Physica Polonica A (ИФ=0.433)

Укупан импакт фактор радова кандидаткиње у горњим часописима категорије M21-23 је **24.617**.

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

Сви радови кандидације су са пуном тежином у односу на број коаутора.

3.2.4. Допринос кандидаткиње реализацији коауторских радова

Чланци (2) и (5) су резултат рада кандидаткиње на докторској дисертацији, и ту је др Сенка М. Ћук првопотписани аутор. **Рад (3)** је такође произашао из истраживања у оквиру теме докторске дисертације, а кандидаткиња је трећепотписани аутор. Остали радови кандидаткиње су производ сарадње са колегама из Центра за фотонику Института за физику у Београду, и Центра за ултрахладне атоме на Масачусетском институту за технологију у Кембриџу (САД), где је кандидаткиња самостално обављала бројне експерименталне задатке.

4. Испуњеност квантитативних услова за стицање звања научног сарадника

Др Сенка М. Ћук испуњава све услове за стицање звања научног сарадника. Досадашње научне резултате је објавила у 8 радова, од чега су 6 у часописима са М21 листе врхунских међународних часописа, 1 рад у часопису са М22 листе и 1 рад у часопису са М23 листе. Према подацима са Web of Science на дан 15.10.2014. године, радови су цитирани укупно 21 пут (без самоцитата). Укупан импакт фактор објављених радова кандидаткиње је 24.617. По класификацији коју је прописало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, кандидаткиња је остварила 69.6 бодова - шест М21 радова (48 бодова), један М22 рад (5 бодова), један М23 рад (3 бода), један М33 (1 бод), девет М34 (4.5 бодова), један М61 (1.5 бод) и три М64 (0.6 бодова). Испуњеност квантитативних услова је приказана у табелама које следе.

4.1. Остварени резултати у периоду пре избора:

Категорија	Бр. М-бодова по раду	Бр. радова	Укупно М-бодова
М21	8	6	48
М22	5	1	5
М23	3	1	3
М33	1	1	1
М34	0.5	9	4.5
М61	1.5	1	1.5
М64	0.2	3	0.6
М71	6	1	6

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

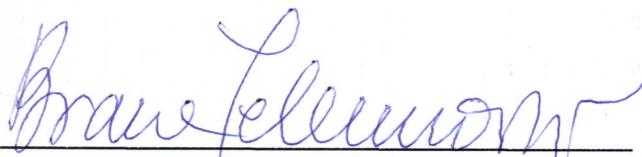
Минималан број М-бодова		Остварено
Укупно	16	69.6
$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42 \geq$	10	57
$M11+M12+M21+M22+M23+M24 >$	5	56

5. Закључак

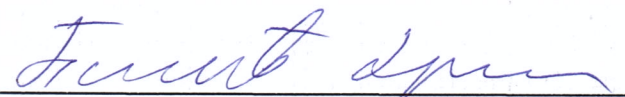
Имајући у виду квалитет научно-истраживачког рада др Сенке М. Ђук и достигнути степен истраживачке зрелости и компетентности, задовољство нам је да предложимо Научном већу Института за физику да Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије предложи избор др Сенке М. Ђук у звање научног сарадника.

У Београду, 26.11.2014. године

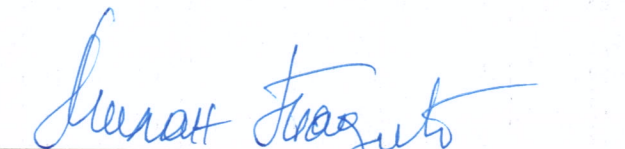
Чланови Комисије:



др Бранислав М. Јеленковић, научни саветник,
Институт за физику, Универзитет у Београду



др Дејан Пантелић, научни саветник,
Институт за физику, Универзитет у Београду



др Милан Тадић, редовни професор,
Електротехнички факултет, Универзитет у Београду