

др Душан Арсеновић, научни саветник ИФа
проф др Воја Радовановић, редовни професор Физичког Факултета
др Братислав Маринковић, научни саветник ИФа

Београд, 18.01.2016.

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ

Дана 18.12.2015. поднет је захтев а на седници Научног већа Института за физику, одржаној 22.12.2015. године, именовани смо у Комисију за писање извештаја за стицање звања научног саветника, за др Душку Поповић. Пошто смо прегледали одговарајућа документа и досадашње објављене резултате, а и лично упознали кандидаткињу кроз стручну и научну сарадњу, подносимо Научном већу Института за физику следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци

Др Душка Поповић је рођена 25. септембра 1960. године у Београду, где је завршила основну школу и гимназију. Дипломирала је физику, смер Теоријска физика, на Природноматематичком факултету Универзитета у Београду 5. јуна 1986. године. Магистарску тезу под насловом *«Сударни процеси са вибрационо побуђеним молекулом водоника»* одбранила је 17. јануара 1991. године на Физичком факултету под менторством др Истока Чадежа. Наслов докторске дисертације коју је одбранила 29. децембра 1994. године био је *«Неке нове особине помакнутих и стиснутих стања квантног осцилатора»* а ментор је био др Исток

Мендаш. Запослила се у Институту за физику 26.10.1986. године. Звање научни сарадник стакла је 27. 09.1995. године, али га није обновила процедуром реизбора, нити је изабрана у следеће звање због боравка и рада у иностраним научним центрима и то у Универзитету у Фрибургу у Швајцарској (1995-1998) и Колорадо Универзитету у Болдеру САД (1998-2006). Од 1.02.2010. поново је запослена у Институту за физику Универзитета у Београду. У звање виши научни сарадник изабрана је 25.05.2011. године.

Објавила је 37 радова у водећим међународним часописима, од тога од претходног избора у звање 12 од којих 7 категорије М21. Укупан број радова у категорији М21 је 31, у категорији М22 је 4, а у категорији М23 објавила је 2 рада.

Цитираност радова према подацима са Web of Science је 376, а без аутоцитата 352.

Најцитиранији рад је (цитиран 133 пута):

Paci, I; Johnson, J; Chen, X; Rana, G; David, D E; Nozik, A; Popović, D B; Ratner, M; Michl, J.

[Singlet Fission for Dye-Sensitized Solar Cells: Can a Suitable Sensitizer Be Found?](#)

Journal of American Chemical Society, **128**: 16546 (2006).

2. Преглед научне активности др Душке Поповић

Научна истраживања др Душке Поповић везана су за атомску и молекулску физику и за квантну механику. Научне активности су биле усмерене на експерименте расејања електрона на молекулима у гасном и кондензованом стању, расејању електрона на вишеструко наелектрисаним јонима, као и на теоријске методе проучавања квантних феномена сажетих (стиснутих, squeezed) и премештених (помакнутих, displaced) стања квантног осцилатора, као и на Хамилтонову формулацију квантне механике.

Научна активност др Душке Поповић може се поделити у неколико периода и на више научних тематика. Први период представља рад који се одвијао у

Институту за физику, у сарадњи са Универзитетом Пјер и Марија Кири (Париз VI), крајем осамдесетих година. Започета су истраживања и мерења насељености ротирационих нивоа молекула водоника и његових изотопа заснованих на детекцији нискоенергијских јона водоника и деутеријума H (D) насталих у процесу дисоцијативног захвата. Процеси који доводе до насељености нивоа молекула и дисоцијативног захвата, као и улога површина на процесе рекомбинације разматрани су у магистарској тези *«Сударни процеси са вибрационо побуђеним молекулом водоника»*.

Други период представља рад на квантномеханичким проблемима: анализа услова за постојање осцилација у расподели вибрационих кваната сажетих (стиснутих) стања квантног осцилатора, налажење геометријске (Панчаратнамове) фазе за премештена (помакнута) стања и одређивање релације неодређености за број кваната и фазу премештених и сажетих стања квантног осцилатора. У докторској дисертацији *«Неке нове особине помакнутих и стиснутих стања квантног осцилатора»* проучаван је квантни хармонијски осцилатор и формулација оператора за број кваната и фазу. Разматране су релације неодређености за број кваната и фазу, и неодређености овог производа су израчунате за сажета и премештена стања.

Трећи период представља боравак на Универзитету у Фрибургу у Швајцарској на постдокторском усавршавању код професора Мајкла Алана (Michael Allan) и рад на електронским сударима са молекулима од интреса за животну средину (озон). Поред озона проучавани су, експериментално и теоријски, и молекули HBr и DBr, односно расејање нискоенергијских електрона на њима. Одређени су пресеци за ексцитацију вибрационих нивоа у функцији упадне енергије. Пронађене су оштре структуре у близини прага, а измерен је и пресек за дисоцијативни захват. Овај, претежно експериментални, период наставио се на Колорадо Универзитету у Болдеру, у САД (1998-2006). Прво у групи Гордона Дана (Gordon Dunn) где су мерења рађена у Националној Лабораторији Oak Ridge у Тенесију, у Болдеру у Колораду и на storage ring-у тешких јона CRYRING у Manne Siegbahn лабораторији Универзитета у Стокхолму у Шведској. Изучавани су судари моноенергијских млазева електрона са вишеструко наелектрисаним јонима.

У истраживањима са укрштеним и препокривеним млазевима електрона и јона одређени су апсолутни ефективни пресеци за ексцитацију дискретних нивоа јона. Електрони су селективно детектовани тако да се могу испитивати и оптички забрањени и дозвољени прелази. У Шведској су извршена мерења при којима је разматран процес формирања јонског пара у судару електрона са NO^+ јонима, као и у случају судара електрона са HD^+ јонима. У лабораторији у Oak Ridge-у рађена је анализа и вршена су мерења апсолутних пресека за ексцитацију He^+ , Ti^{2+} , Cl^{6+} , Al^{2+} . У Болдеру су мерени апсолутни пресеци за формирање H^+ јона насталих из дисоцијације при судару електрона са C_2H^+ и C_2H^{2+} и са CN^+ јонима. Касније, у групи професора Џозефа Михла (Josef Michl) Душка Поповић је радила на оспособљавању инструмента који се користи за мерење губитака енергије електрона при судару са молекулима како у гасовитом тако и у чврстом стању. Провера поузданости резултата добијених коришћењем ове апаратуре рађена је у случају мерења ${}^3E_{1u}$ електронског спектра молекула бензена. Након тога овај инструмент је искоришћен за мерење вибрационог спектра губитака енергија за пропан на различитим упадним енергијама и на разним угловима. Установљено је добро слагање са теоријским прорачунима. Изучаване су и угаоне расподеле еластично и нееластично расејаних електрона са хладних чврстих молекулских филмова етилена и азота. Последња активност у групи проф. Михла била је везана за пројекат проналажења погодних материјала за израду двоструко ефикаснијих соларних ћелија које раде на принципу фисије синглета (singlet fission) у два триплета. За ово су потребни повољни положаји енергијских нивоа побуђених стања $E(T_2)$, $E(S_1) > 2E(T_1)$. У оквиру овог пројекта Душка Поповић је мерила положаје енергијских нивоа нових материјала синтетизованих у лабораторији професора Михла.

Од последњег избора у звање научна активност Душке Поповић може се поделити на две области (теме), обе из квантне механике.

Предмет интресовања прве била је геометријска фаза, односно њена промена при временски зависној унитарној трансформацији. Показано је да се геометријска фаза (као и динамичка и укупна фаза) мења у реалном случају система са три нивоа Γ – типа. На истом систему разматрана је и апроксимативна теорија за мултифотонску ексцитацију и то за модел парно наелектрисаних хомонуклеарних двоатомских молекула. Показано је да се она добро слаже са тачним нумеричким прорачунима. Такође је разматрана геометријска фаза квантног система са два нивоа која је релевантна за контролу квантних битова.

Mendaš, I P and Popović D B

[Change of the Pancharatnam phase under unitary transformation and application to a model three-level \$\Gamma\$ -type system specified by a pair of dipole-coupled excited states](#)

Physica Scripta **85** 015008 (2012).

Popović D B and Mendaš, I P

[Multiphoton excitation in a \$\Gamma\$ -type three-level system with generally nondegenerate excited states](#)

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B **279** 31-33 (2012).

I. Mendaš, N. Burić, D. B. Popović, S. Prvanović and M. Radonjić

[Geometric phase for analytically solvable driven time-dependent two-level quantum systems](#)

Acta Physica Polonica A **126** 670 (2014).

Друга област истраживања су квантно-класични хибридни системи, односно њихова Хамилтонова формулација. Хамилтонова формулација квантне механике омогућава алтернативну математичку формулацију која је еквивалентна стандардној, базираној на Хилбертовим просторима. Полазећи од сложеног квантног система у Хамилтоновој формулацији, наметнути су услови за класично понашање за један од подсистема, и изведене су динамичке једначине за хибридни систем у чистом и у мешаном стању.

Разматране су могуће репрезентације генералног статистичког ансамбла за хибридни квантно-класични систем у Хамилтоновој формулацији. Изведене су и анализиране динамичке једначине за статистичке операторе који представљају мешана стања хибридног система.

Burić N; Mendaš I; Popović D B; Radonjić M; Prvanović S
[Statistical ensembles in the Hamiltonian formulation of hybrid quantum-classical systems](#)
Physical Review A **86** (3) 034104 (2012).

Проучаван је опис квантног мерења помоћу две хибридне теорије. Ове теорије се разликују у правилима која повезују стање хибридног система са стањем квантног система. Правило типа I повезује (придружује) чиста стања хибрида са чистим квантним стањем док правило типа II повезује статистичке мешавине чистог стања хибрида са чистим квантним стањем. Показано је да хибридна теорија са правилом повезивања типа II правилно моделује процес мерења, док хибридна теорија са правилом повезивања типа I моделује само усредњене резултате мерења.

Burić N; Popović D B; Radonjić M; Prvanović S
[Hybrid quantum-classical model of quantum measurements](#)
Physical Review A **87** (5) 054101 (2013).

Анализирано је представљање (репрезентација) квантних стања помоћу статистичких ансамбала на квантном фазном простору у Хамилтоновом облику квантне механике. Испитиване су разне математичке особине и неке физичке интерпретације еквивалентних класа ансамбала којима је представљено мешано кванто стање у Хамилтоновој формулацији.

Burić N; Popović D B; Radonjić M; Prvanović S
[Hamiltonian Formulation of Statistical Ensembles and Mixed States of Quantum and Hybrid Systems](#)
Foundation Of Physics **43** 1459 (2013).

Проучавана је теорија хибридни квантно класичних система где је еволуција представљена унитарном трансформацијом на одговарајућем

Хилбертовом простору. Чињеница да се и квантна и класична механика могу формулисати на истом Хилбертовом простору омогућава увођење фамилије апстрактних система (зависних од параметра) који представљају интерполацију између класичног система и њему одговарајућег квантног система. Решен је проблем унитарног описа ових система са општом потенцијалом интеракцијом.

M. Radonjić, D. B. Popović, S. Prvanović, and N. Burić

[Ehrenfest Principle and Unitary Dynamics of Quantum-Classical systems with General Potential Interaction](#)

Physical Review A **89** (5) 024104 (2014).

Конструисана је теорија хибридних квантно-класичних система у којој су и квантни и класичнаи опис одговарајућих подсистема третирани као фундаментални. Основни захтев који је наметнут на ову теорију је да се добију динамичке једначине хибридног система тако да је збир дисперзија квантних опсервабли које се јављају у опису интеракције подсистема минималан у току еволуције. Динамика је дата преко нелинеарне стохастичке диференцијалне једначине која садржи и градијентне чланове. Ова теорија даје успешан динамички опис колапса приликом квантног мерења.

Nikola Burić, Duška B. Popović, Milan Radonjić, Slobodan Prvanović

[Phase space theory of quantum-classical systems with nonlinear and stochastic dynamic](#)

Annals of Physics **343** 16-26 (2014).

Показано је постојање универзалног (уједињеног) третмана геометријске фазе код класичних, квантних и хибридних квантно-класичних система у чистом или у мешаном стању.

Burić N; Popović D B; Radonjić M; Prvanović S

[Unified Treatment of Geometric Phases for Statistical Ensembles of Classical, Quantum and Hybrid Systems](#)

International Journal of Theoretical Physics **53** 1046 (2014).

У циљу проучавања динамике класичног подсистема који је спрегнут са различитим типовима квантних система коришћена је Хамилтонова теорија хибридних квантно-класичних система. Показано је да квалитативне особине орбита класичног подсистема јасно показују да ли квантни подсистем поседује или не поседује додатне симетрије.

N. Burić, D. B. Popović, M. Radonjić, S. Prvanović
[Orbits of hybrid systems as qualitative indicators of quantum dynamics](#)
Physics Letters A **378** 1081-1084 (2014).

Изучавана је могућност клонирања стања у нелинеарној Хамилтоновој квантној и хибридној механици. Прво је показано да нелинеарна Хамилтонова квантна механика не дозвољава клонирање без “машине за клонирање”. Затим је показано да додавање “машине за клонирање” (која се третира као квантни или као класични систем) омогућава клонирање преко нелинеарне Хамилтонове еволуције.

D. M. Arsenović, N. Burić, D. B. Popović, M. M. Radonjić, S. L. Prvanović
[Cloning in nonlinear Hamiltonian quantum and hybrid mechanics](#)
Physical Review A **90** (4) 042115 (2014).

Такође је разматрано мерење у Хамилтоновој формулацији квантне механике. Идеална мерења физичких величина у формулацији квантне механике разматрају се преко Хилбертових простора коришћењем спектралне теорије Хермитских оператора и одговарајућих пројектора (ПВМ). Међутим, за опис општијих типова мерења потребни су позитивни оператори, ПОВМови. Представљени су резултати анализе описа, интерпретације и примене ПОВМова у Хамилтоновом формализму. Пронађен је критеријум који унутар Хамилтоновог формализма разликује објекте који представљају ПОВМ од оних који представљају ПВМ.

D. M. Arsenović, N. Burić, D. B. Popović, M. M. Radonjić, S. L. Prvanović
[Positive-operator-valued-measures in the Hamiltonian formulation of quantum mechanics](#)
Physical Review A **91** (6) 062114 (2015).

3. Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

1. Показатељи успеха у научном раду

1.1. Награде и признања за научни рад

Награда Института за физику за најбољи магистарски рад 1992. године.

«Изградња једне институције Првих педесет година Института за физику у Београду» С. Бубњевић и М. Видић страна 131.

1.2. Уводна предавања на конференцијама и друга предавања по позиву

Од избора у претходно звање објављено је једно предавање по позиву у целини (рад категорије М31). Предавање “A quantum-classical theory with nonlinear and stochastic dynamics” је у Шведској одржао др Никола Бурић, а штампано је у *Phys. Scr.* **T163**, 014003 (2014) [4 pp] Proceedings of Quantum Theory: Advances and Problems—QTAP, Linnaeus University, Sweden, June 10–13, 2013.

http://lnu.se/polopoly_fs/1.81963!QTAP%20affisch%202013-02.pdf

1.3. Чланства у одборима међународних научних конференција и одборима научних друштава

а) Организација научних скупова:

Члан Организационог одбора конференције *Photonica '13*

<http://www.photonica.ac.rs/index.php/committees>

1.4. Чланства у уређивачким одборима часописа, уређивање монографија, рецензије научних радова и пројеката

а) Уредник часописа, монографија и књига радова са конференција

Едитор тематског броја *Physica Scripta T162 Proc. 4th International School and Conference on Photonics (PHOTONICA'13)*,

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-8949/2014/T162/010301/pdf>

б) Рецензије научних радова и пројеката:

Кандидаткиња је била један од рецензената радова за конференције:
- *Photonica '13*

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

2.1 Допринос развоју науке у земљи

Др Душка Поповић је члан Лабораторије за физику атомских сударних процеса. Својим досадашњим ангажовањем, научним радом, те значајном међународном сарадњом, допринела је развоју науке у земљи преносом искустава и знања стечених у иностранству. Допринела је и препознатљивости Лабораторије за физику атомских сударних процеса и Института за физику у свету.

2.2. Менторство при изради магистарских и докторских радова, руковођење специјалистичким радовима

Званично није била ментор, али је била коментор при изради докторске тезе Anne-Christelle Sergenton у Фрибургу у Швајцарској што се може видети из захвалнице у тези и заједничког објављеног рада и писма потврде званичног ментора проф. Michael-a Allan-a.

<https://journals.aps.org/pra/pdf/10.1103/PhysRevA.63.062710> (рад број 10.)

Такође је током 2005. и 2006. учествовала у руковођењу докторске тезе Andrew Schwerin-a на Универзитету у Болдеру у Колораду. И у овом случају постоји заједнички рад. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jp907401t> (рад број 23.)

Руководила је и изработом дипломског рада Kristiana Holmberga, урађеним у Болдеру у Колораду. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevA.64.052709> (рад број 12.)

2.3. Педагошки рад

Кандидаткиња је две школске године (1987/1988 и 1988/1989) радила као асистент на Физичком факултету, на предмету Физика молекула.

2.4. Међународна сарадња

Др Душка Поповић је у току целе своје каријере имала веома развијену међународну сарадњу са више Универзитета и са Националном лабораторијом:

Institute Pierre et Marie Curie, Universite Paris VI, France,
Universitet Fribourg, Switzerland,
Oak Ridge National Laboratory,
JILA, Colorado University at Boulder, USA
CRYRING, Manne Siegbahn Laboratory, Stocholm University, Sweden

у којима је укупно провела 11 година.

У протеклом периоду била је укључена у COST акцију MP1006, а тренутно је укључена у билатералну сарадњу са Републиком Португал.

*Пројекти међународне билатералне сарадње:
ESF COST пројекти:*

Учесница COST акције MP1006 (*Fundamental Problems in Quantum Physics*)
http://www.cost.eu/COST_Actions/mpns/MP1006

Учесница билатералног пројекта са Републиком Португал „Шум и грешке мерења у вишекомпонентним квантним безбедносним протоколима“ (451-03-01765/2014-09/04).
<http://www.mpn.gov.rs/medjunarodna-naucna-saradnja/portugal/>

2.5 Организација научних скупова:

Кандидаткиња је била члан Организационог одбора међународне конференције *Photonica '13*, одржане у Београду.

<http://www.photonica.ac.rs/index.php/committees>

3. Организација научног рада:

3.1. Руководјење научним пројектима, потпројектима и задацима

У оквиру Теме 4 *Информациони и експертски системи у спектроскопији, физици сударних процеса и квантна информатика*, Др Душка Поповић руководи задатком 4.2. (*квантна информатика*) од 2013. године до данас.

Прилози: Годишњи извештаји пројекта ОИ 171020 потписани од стране руководиоца пројекта.

4. Квалитет научних резултата:

4.1. Утицајност кандидатових научних радова

Током своје **целокупне** научне каријере др Душка Поповић објавила је 37 радова у међународним часописима са SCI листе од чега 31 категорије M21, 3 категорије M22 и 3 рада категорије M23. Др Поповић је и коаутор 1 међународне монографије категорије M14. Кандидат такође има, од 2000. године, 2 предавања по позиву на међународном скупу штампаном у целини M31, 3 саопштења са међународних скупова штампаних у целини категорије M33 и 10 саопштења са међународних скупова категорије M34 (штампаних у изводима).

Након избора у претходно звање, др Душка Поповић је објавила 12 радова у међународним часописима са SCI листе, од чега 7 категорије M21, 3 категорије M22, 2 категорије M23. Такође има 2 саопштења са међународних скупова штампаних у целини категорија M31 и M33 и 3 саопштења са међународних скупова категорије M34 (штампаних у изводима).

Потребно је напоменути да је у периоду између покретања процедуре за избор у претходно звање и самог избора кандидаткиња објавила два рада и то један категорије M21 (8 поена) и један категорије M22 (5 поена). Ови радови нису међу 12 горе поменутих радова и не доприносе броју остварених поена за избор у ово звање (мада би требало јер нису били међу радовима који су допринели броју поена за избор у претходно звање).

4.2. Позитивна цитираност кандидатових научних радова

Утицајност научних радова кандидаткиње се види и по њиховој цитираности (преко 376 од чега 352 без аутоцитата), што показује интерес других истраживача из области за њен научни рад.

4.3. Углед и утицајност публикација у којима су кандидатови радови објављени

Показатељи угледа и утицајности публикација у којима су публиковани радови кандидаткиње могу бити импакт фактор часописа и ранг часописа у оквиру одговарајуће научне категорије. Треба истаћи радове штампане у водећим

међународним часописима које је кандидаткиња публиковала у периоду након избора у претходно звање и то су: *Physical Review A* (6 радова IP=3.042), *Annals of Physics* (1 рад IP=3.318).

4.4. Ефективни број радова и број радова нормиран на основу броја коаутора

Радови кандидата имају пуну тежину у односу на број коаутора.

4.5. Степен самосталности у научноистраживачком раду и улога у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству; Значај радова; Допринос кандидата реализацији коауторских радова

Кандидаткиња је у досадашњем раду показала велику самосталност у истраживачком раду. Први аутор је на 5 радова (радови: 1, 12, 13, 19, 25).

4. Елементи за квантитативну анализу рада кандидата

Квантитативни резултати др Душке Поповић, након избора у звање виши научни сарадник

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова*
M21	8	7	56
M22	5	3	15
M23	3	2	6
M31	3	1	3
M33	1	1	1
M34	0,5	3	1,5
УКУПНО			82,5

*Поред овде приказаних радова постоје и два рада категорије M21 који су публиковани након извештаја комисије за звање виши научни сарадник а пре одлуке Комисије за избор у то звање.

Диференцијални услов- Од првог избора у претходно звање до избора у звање научни саветник	потребно је да кандидат има најмање XX поена, који треба да припадају следећим категоријама:	Неопходно XX=	Остварено
Научни саветник	Укупно	65	$7 \times 8 + 3 \times 5 + 2 \times 3 + 3 + 1 + 3 \times 0,5 =$ 82,5
	$M10 + M20 + M31 + M32 + M33 +$ $M41 + M42 + M51 \geq$	50	$7 \times 8 + 3 \times 5 + 2 \times 3 + 3 + 1 = 81$
	$M11 + M12 + M21 + M22 +$ $M23 + M24 + M31 + M32 \geq$	35	$7 \times 8 + 3 \times 5 + 2 \times 3 + 3 + 1 = 81$

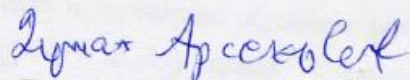
5. Закључак и предлог за избор у звање

На основу свега наведеног види се да др Душка Поповић задовољава квантитативне и квалитативне услове за избор у звање научни саветник који су прописани правилником Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Имајући у виду вредност научних радова и њихову оригиналност а тиме и значајан допринос областима атомске и молекулске физике и Хамилтоновој формулацији квантне механике, те активну међународну сарадњу и искуство у педагошком раду

ПРЕДЛАЖЕМО

Научном већу Института за физику да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Душке Поповић у звање НАУЧНИ САВЕТНИК.

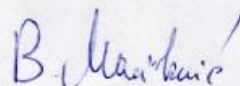
У Београду, 18.01.2016.



др Душан Арсеновић,
научни саветник, Институт за физику



проф др Воја Радовановић,
редовни професор Физичког факултета



др Братислав Маринковић,
научни саветник, Институт за физику