

ПРИМЉЕНО: 22. 11. 2024

Рад.јед.	Б р о ј	Арх.шифра	Прилог
0801	1970/3		

## Научном већу Института за физику у Београду

### Извештај комисије за реизбор др Душана Вудраговића у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 5. новембра 2024. године именовани смо у комисију за реизбор др Душана Вудраговића у звање научни сарадник.

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

#### Биографски подаци о кандидату

Душан Вудраговић је рођен 3. маја 1980. године у Сремској Митровици. Основну школу “Доситеј Обрадовић” завршио је у Путинцима, а Гимназију “Стеван Пузић” у Руми. Основне студије је похађао на Физичком факултету Универзитета у Београду на смеру Примењена физика и информатика у периоду од 1999. до 2005. године. Током студија добио је стипендије Министарства науке Републике Србије и Владе Републике Србије, као и награду 1000 најбољих студената у Србији Норвешке амбасаре у Београду. Дипломирао је 2005. године са просечном оценом 9.62. Дипломски рад под називом “Мерење ефективне трансверзалне емитансе јонског снопа” урадио је под руководством проф. др Ивана Аничина.

У периоду од 2006. до 2008. године боравио је у ЦЕРН-у (Женева) као сарадник на ФП6 пројектима SEE-GRID-2 (SEE-GRID eInfrastructure for regional eScience) и EGEE-II (Enabling Grids for E-science).

Докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду уписао је 2012. године. Докторску дисертацију под насловом “Faraday waves in ultracold dipolar Bose gases” (Фарадејеви таласи у ултрахладним диполним Бозе гасовима) урађену под менторством др Антуна Балажа, одбранио је 24. децембра 2019. године.

Душан Вудраговић је запослен у Институту за физику у Београду као научни сарадник у Лабораторији за примену рачунара у науци Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система. Тренутно учествује у реализацији пројекта CTRUST (Topology-derived methods for the analysis of collective trust dynamics) Фонда за науку Републике Србије. У оквиру међународне сарадње, тренутно је ангажован на Хоризонт пројектима Skills4EOSC (Skills for the European Open Science commons: creating a training ecosystem for Open and FAIR science) и EOSC Beyond (EOSC Beyond: advancing innovation and collaboration for research), као и на пројекту EuroCC2 (National Competence Centres in the framework of EuroHPC) из програма Digital Europe.

Душан Вудраговић је делегат Института за физику у Београду у генералној скупштини EOSC (European Open Science Cloud) асоцијације. У оквиру ове

организације активно учествује у раду радне групе за техничку и семантичку интероперабилност EOSC-a која има за циљ да омогући једноставан приступ истраживачким ресурсима и резултатима широм Европе.

Др Душан Вудраговић је до сада објавио 25 радова у међународним часописима, као и више саопштења са међународних скупова штампаних у изводу.

## Преглед научне активности кандидата

Душан Вудраговић ради у Лабораторији за примену рачунара у науци на Институту за физику у Београду. У свом научном раду бави се проблемима ултрахладних бозонских гасова у присуству дипол-дипол интеракције, као и развојем паралелних нумеричких алгоритама и програма за нумеричке симулације ових физичких система.

Кандидат је успешно развио и имплементирао нумерички метод подељеног корака за решавање Грос-Питаевски једначине са контактним и диполним интеракционим чланом. Метод је прво развијен за ултрахладне Бозе гасове чије се интеракције могу описати помоћу контактне интеракционог потенцијала, а затим је уопштен на системе у којима се, поред контактне, у обзир мора узети и дипол-дипол интеракција. Развијени метод омогућава разматрање анизотропних тродимензионалних система, али је проширен и на специјалне ниже-димензионалне случајеве који узимају у обзир различите симетрије замке у којој је смештен Бозе-Ајнштајн кондензат: тродимензионалне аксијално- и радијално-симетричне замке, дводимензионалне цилиндрично-симетричне замке, изотропне сферно-симетричне и анизотропне једнодимензионалне и дводимензионалне замке. Рачунарски кодови су паралелизовани и прилагођени за коришћење на графичким картицама. Резултати су представљени у следећим међународним часописима:

- **D. Vudragović**, I. Vidanović, A. Balaž, P. Muruganandam, and S. K. Adhikari, *C Programs for Solving the Time-dependent Gross-Pitaevskii Equation in a Fully Anisotropic Trap*, *Comput. Phys. Commun.* **183**, 2021 (2012), M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2009.04.015; IF(2012) = 3.078;
- R. Kishor Kumar, L. Young-S., **D. Vudragović**, A. Balaž, P. Muruganandam, and S. K. Adhikari, *Fortran and C Programs for the Time-dependent Dipolar Gross-Pitaevskii Equation in an Anisotropic Trap*, *Comput. Phys. Commun.* **195**, 117 (2015), M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2015.03.024; IF(2015) = 3.635;
- L. Young-S., **D. Vudragović**, P. Muruganandam, S. K. Adhikari, and A. Balaž, *OpenMP Fortran and C Programs for Solving the Time-dependent Gross-Pitaevskii Equation in an Anisotropic Trap*, *Comput. Phys. Commun.* **204**, 209 (2016), M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2016.03.015; IF(2016) = 3.936;
- L. Young-S., P. Muruganandam, S. K. Adhikari, V. Lončar, **D. Vudragović**, and A. Balaž, *OpenMP GNU and Intel Fortran programs for solving the time-*

*dependent Gross-Pitaevskii equation*, Comput. Phys. Commun. **220**, 503 (2017), M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2017.07.013; IF(2017) = 3.748.

- R. Ravisankar, **D. Vudragović**, P. Muruganandam, A. Balaž, and S. K. Adhikari, *Spin-1 Spin-orbit- and Rabi-coupled Bose-Einstein Condensate Solver*, Comput.Phys. Commun. **259**, 107657 (2021), M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2020.107657; IF(2021) = 4.717.

У свом истраживању др Душан Вудраговић је проучавао феномене Фарадејевих и резонантних таласа густине у ултрахладним бозонским системима са контактном и дипол-дипол интеракцијом. Овакви таласи настају као резултат хармонијске модулације система и представљају нелинеарне ексцитације система услед присуства интеракција, спрезањем колективних осцилација и параметарских резонанци. У оквиру теорије средњег поља развио је варијациони приступ за опис динамике Фарадејевих и резонантних таласа у диполним кондензатима. Овај приступ је заснован на Гаусовом варијационом анзацу који за параметре има ширине кондензата, конјуговане фазе, а укључује и модулације густине како би описао динамику таласа густине.

Користећи развијени варијациони приступ, као и пун нумерички приступ, кандидат је детаљно проучавао особине таласа густине у диполним кондензатима на нултој температури, где дипол-дипол интеракција игра важну улогу због нарушења симетрије услед анизотропије система. Извео је једначине кретања које описују динамику модулисаног диполног бозонског система и идентификовао најнестабилније моде које одговарају Фарадејевим и резонантним таласима. Даље, на основу тога, извео је аналитичке изразе за просторне периоде оба типа таласа густине, као и њихову зависност од јачине контактне и дипол-дипол интеракције. Добијене варијационе резултате упоредио је са резултатима детаљних нумеричких симулација које решавају диполну Грос-Питаевски једначину у три просторне димензије и добио веома добро слагање.

Др Душан Вудраговић је проучавао и утицај контактне и дипол-дипол интеракције на својства основног стања и колективних осцилација диполних кондензата. Док повећање јачине контактне интеракције увек доводи до ширења кондензата, ситуација је сложенија када се мења јачина дипол-дипол интеракције. За замку у облику цигаре у којој су диполи оријентисани у радијалном смеру, показао је да повећање јачине дипол-дипол интеракције доводи до ширења кондензата у лонгитудиналном правцу и у правцу поларизације, док се ширина у трећем правцу смањује. Поред тога, проучавао је и фреквенције колективних мода, где су ефекти интеракција мање изражени. Ово се посебно односи на монополну (дишућу) и квадруполну моду, чије вредности практично остају константне у целом распону експериментално релевантних вредности јачина интеракција. Са друге стране, фреквенција радијалне квадруполне моде је осетљивија на промену јачине интеракције, посебно јачине контактне интеракције, док при промени јачине дипол-дипол интеракције показује немонотону понашање. Резултати су представљени у следећем међународном часопису:

- **D. Vudragović** and A. Balaž, *Faraday and Resonant Waves in Dipolar Cigar-Shaped Bose-Einstein Condensates*, Symmetry **11**, 1090 (2019) M22; DOI: 10.3390/sym11091090; IF(2019) = 2.645.

## Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

### 1. Квалитет научних резултата

Као најзначајније радове током каријере кандидата Комисија издваја:

- **D. Vudragović** and A. Balaž, *Faraday and Resonant Waves in Dipolar Cigar-Shaped Bose-Einstein Condensates*, *Symmetry* **11**, 1090 (2019)  
M22; DOI: 10.3390/sym11091090; IF(2018) = 2.143;
- **D. Vudragović**, I. Vidanović, A. Balaž, P. Muruganandam, and S. K. Adhikari, *C Programs for Solving the Time-dependent Gross-Pitaevskii Equation in a Fully Anisotropic Trap*, *Comput. Phys. Commun.* **183**, 2021 (2012)  
M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2009.04.015; IF(2012) = 3.078.

У првом раду кандидат је развио варијациони и нумерички приступ за проучавање особина таласа густине у диполним кондензатима на нултој температури, где дипол-дипол интеракција игра важну улогу због нарушења симетрије услед анизотропије система. Користећи ове приступе, проучио је:

- колективне осцилације и динамику Фарадејевих таласа у ултрахладним бозонским системима са контактном и дипол-дипол интеракцијом;
- појаву резонантних таласа и утицај дипол-дипол интеракције на њихове особине у диполним Бозе-Ајнштајн-кондензованим системима.

Утицај контактне и дипол-дипол интеракције на фреквенције колективних мода и особине Фарадејевих таласа у диполним Бозе-Ајнштајн кондензатима испитао је детаљним нумеричким симулацијама и варијационим приступом. Посебно је проучавао зависност просторног и временског периода Фарадејевих таласа од јачине дипол-дипол интеракције. Сви прорачуни су изведени за реалистичне физичке системе, као што су атомски гасови хрома, диспрозијума и ербијума.

Типично време развоја резонантних таласа је много мање од времена које је потребно за појаву Фарадејевих таласа. Кандидат је проучио утицај јачине диполне интеракције на ова карактеристична времена. Такође, испитао је раније уочени феномен појаве снажнијег резонантног одговора система за модулатиону фреквенцију која је двоструко већа од радијалне фреквенције замке, иако би се очекивало да се најважнија резонанца добија када су ове фреквенције једнаке.

У другом раду кандидат је развио нумеричку методу за решавање Грос-Питаевски једначине за ултрахладне бозонске системе са диполном интеракцијом, која представља резултат теорије средњег поља. Временски зависна диполна Грос-Питаевски једначина је парцијална диференцијална једначина по просторним координатама и времену и има структуру нелинеарне Шредингерове једначине, тако да садржи први извод таласне функције по времену и друге изводе по просторним координатама. Диполни интеракциони члан је описан помоћу просторног интеграла, пошто је у питању дугодоментна интеракција. Развијени метод подељеног корака за решавање Грос-Питаевски једначине укључује дискретизацију по простору и времену, појединачну интеграцију по просторним координатама и временску пропагацију дискретизоване једначине. С обзиром на велику нумеричку захтевност тродимензионалних симулација за проучавање

реалних физичких система, сви алгоритми су паралелизовани и прилагођени за коришћење на графичким картицама.

Најзначајнији рад кандидата у току изборног периода:

- R. Ravisankar, **D. Vudragović**, P. Muruganandam, A. Balaž, and S. K. Adhikari, *Spin-1 Spin-orbit- and Rabi-coupled Bose-Einstein Condensate Solver*, *Comput. Phys. Commun.* **259**, 107657 (2021), M21a; DOI: 10.1016/j.cpc.2020.107657; IF(2021) = 4.717.

У овом раду развијени су нови алгоритми и паралелни програми за прорачун основног стања и динамике у имагинарном и реалном времену спинорских Бозе-Ајнштајн-кондензованих система са спин-орбит и Раби спрезањем. Кандидат је учествовао у развоју алгоритма и програма и надгледао рад првопотписаног студента докторских студија (R. Ravisankar) у оквиру међународне сарадње. Кандидат је такође извршио део нумеричких прорачуна приказаних у раду и детаљно проверио комплексност (скалирање) програма у паралелном окружењу.

#### Подаци о цитираности

Према подацима из базе Web of Science на дан 24. октобар 2024. године, радови др Душана Вудраговића (не укључујући радове АТЛАС колаборације, у којој је кратко учествовао на самом почетку докторских студија) цитирани су укупно 402 пута, од чега 393 пута изузимајући аутоцитате. Хиршов индекс је 7.

#### Параметри квалитета часописа

Кандидат др Душан Вудраговић је објавио укупно девет радова у међународним часописима (без радова АТЛАС колаборације) и то:

- 5 радова у међународним часописима изузетних вредности М21а: *Computer Physics Communications* следећих импакт фактора: IF(2021) = 4.717, IF(2017) = 3.748, IF(2016) = 3.936, IF(2015) = 3.635, IF(2012) = 3.078, односно: SNIP(2021) = 2.271, SNIP(2017) = 1.909, SNIP(2016) = 1.961, SNIP(2015) = 1.869, SNIP(2012) = 2.102;
- 3 рада у врхунским међународним часописима М21: *Journal of Grid Computing*, *Communications in Computational Physics* и *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* следећих импакт фактора IF(2011) = 1.310, IF(2012) = 1.863, IF(2015) = 1.389, SNIP(2011) = 1.902, SNIP(2012) = 1.32, SNIP (2015) = 1.003;
- 1 рад у истакнутом међународном часопису М22 *Symmetry* импакт фактора IF(2019) = 2.645, SNIP(2018) = 1.028.

Додатни библиометријски показатељи у складу са упутством МОФ:

	IF	M	SNIP
Укупно	4.717	10	2.271
Усредњено по чланку	4.717	10	2.271
Усредњено по аутору	0.9434	2	0.4542

Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Кандидат је показао висок степен самосталности у научном раду и дао је одлучујући допринос свим радовима на којима је аутор.

Кандидат има изражену међународну сарадњу, што обухвата:

- активну сарадњу са групама др Садхана Адхикарија са Државног универзитета у Сао Паулу (Бразил), др Александру Николина са Универзитета у Букурешту (Румунија) и др Аксела Пелстера са Техничког универзитета у Кајзерслаутерну (Немачка);
- учешће на билатералним пројектима између Србије и Немачке (QDDB, ИВЕС, ВЕС-Л) у периоду од 2013. до 2020. године;
- учешће на 18 пројеката Европске комисије у програмима FP6, FP7, Horizon 2020 и Horizon Europe. На већини ових пројеката био је руководилац радних пакета или радних задатака.

## **2. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења**

Окосница свих радова кандидата је развој нумеричких метода за проучавање особина кондензата у којима дипол-дипол интеракција игра важну улогу због нарушења симетрије услед анизотропије система. Рад кандидата категорије M21a има 5 аутора, па се не нормира, а поглавље категорије M13 има 7 аутора, па је након нормирања број бодова 5. Укупан број бодова кандидата је 19.5, а након нормирања 17, из чега се види да нормирање не утиче значајно на број бодова.

## **3. Учешће у пројектима, потпројектима и пројектним задацима**

Кандидат је учествовао или учествује на следећим националним пројектима:

- пројекат CTRUST (2024-2026) - Topology-derived methods for the analysis of collective trust dynamics, Фонд за науку Републике Србије, Програм ПРИЗМА;
- пројекат ATLAS (2020-2022) - Artificial Intelligence Theoretical Foundations for Advanced Spatio-Temporal Modelling of Data and Processes, Фонд за науку Републике Србије, Програм за развој пројеката из области вештачке интелигенције;
- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* (од новембра 2012. до децембра 2019. године);
- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ИИИ43007 *Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину - праћење утицаја, адаптација и ублажавање* (од новембра 2012. до децембра 2019. године);
- билатерални пројекти Србије и Немачке (QDDB, ИВЕС, ВЕС-Л) у периоду од 2013. до 2020. године.

Кандидат је учествовао на следећим међународним пројектима као руководилац радног пакета:

- EuroCC2 (2023-2025), National Competence Centres in the framework of EuroHPC; European Commission, Digital Europe programme;
- NI4OS-Europe (2019-2022), National Initiatives for Open Science in Europe; European Commission, Horizon 2020, Implementing the European Open Science Cloud;
- VI-SEEM (2015-2018), Virtual Research Environment (VRE) in Southeast Europe and the Eastern Mediterranean (SEEM); European Commission, Horizon 2020, Research and innovation programme;
- SemaGrow (2012-2015), Data intensive techniques to boost the real-time performance of global agricultural data infrastructures; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- agINFRA (2011-2014), A data infrastructure to support agricultural scientific communities Promoting data sharing and development of trust in agricultural sciences; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- HP-SEE (2010-2012), High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe's Research Communities; European Commission, FP7, Research infrastructures project.

Кандидат је учествовао на следећим међународним пројектима као руководиоца радног задатка:

- EOSC Beyond (2024-2027), EOSC Beyond: Advancing innovation and collaboration for research; European Commission, Horizon Europe programme;
- SMARTCHAIN (2018-2021), Towards Innovation - driven and smart solutions in short food supply chains; European Commission, Horizon 2020, Research and innovation programme;
- SEE-GRID-SCI (2008-2010), European Commission, FP7 project;
- LA@CERN (2008-2010), European Commission, Lifelong Learning Programme.

Кандидат је учествовао на следећим међународним пројектима као члан пројектог тима:

- Skills4EOSC (2022-2025), Skills for the European Open Science commons: creating a training ecosystem for Open and FAIR science; European Commission, Horizon Europe programme;
- PRACE-3IP (2012-2014), Partnership for Advanced Computing in Europe - Third Implementation Phase Project; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- PRACE-2IP (2011-2013), Partnership for Advanced Computing in Europe AISBL -Second Implementation Phase Project; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- PRACE-1IP (2010-2012), Partnership for Advanced Computing in Europe AISBL -First Implementation Phase Project; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- EGI-InSPIRE (2010-2014), Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- EGEE-III (2008-2010), European Commission, FP7 project;
- EGEE-II (2006-2008), Enabling Grids for E-science; European Commission, FP6, eInfrastructure project;

- SEE-GRID-2 (2006-2008), South Eastern European Grid-enabled eInfrastructure Development; European Commission, FP-6, regional eInfrastructure project.

#### **4. Активност у научним и научно-стручним друштвима**

##### Рецензије научних радова

Кандидат је био рецензент пет радова у часопису *Data Technologies and Applications*, два рада у часопису *Physics Letters A*, два рада у часопису *Applied Physics B*, једног рада у часопису *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International* и једног рада у часопису *Journal of Physics: Condensed Matter*.

##### Организација научних скупова

Др Душан Вудраговић је био члан организационог одбора конференције EOSC Regional Event by NI4OS-Europe која је одржана од 28. до 29. септембра 2022. године на Универзитету технологије и економије, Будимпешта, Мађарска.

Др Душан Вудраговић је био члан организационог одбора конференције HP-SEE User Forum 2012, која је одржана од 17. до 19. октобра 2012. године у Народној библиотеци Србије у Београду.

##### Ангажованост у формирању научних кадрова

Др Душан Вудраговић је организовао више уводних и напредних регионалних тренинга из области рачунарства високих перформанси, који су у просеку трајали два дана и на којима је у просеку по тренингу учествовало 30 људи. Овде су наведени неки од њих:

- Machine Learning for Multiple Domains: From Concepts to Implementation, 14-15 October 2024, Online;
- High performance computing in function of business enhancement, 14-15 June 2018, Belgrade, Serbia;
- VI-SEEM regional climate training event, 11-13 October 2017, Belgrade, Serbia;
- VI-SEEM life sciences regional training, 19-21 October 2016, Belgrade, Serbia;

У периоду од 2015. до 2016. године кандидат је објавио серију чланака под називом “Природа кода” у часопису Млади физичар, а од 2014. године учествује као предавач на Научно-едукативном кампу Михајло Идворски Пупин у Идвору за ученике основних и средњих школа.

#### **5. Утицај научних резултата**

Утицај и значај резултата кандидата су описани у тачки 1, укључујући и податке о цитираности. Овде се може навести и чињеница да је један M21a рад, на коме је кандидат први аутор, високо цитиран (тренутни број цитата је 186) и да је омогућио објављивање низа других публикација.

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

Кандидат је све своје истраживачке активности реализовао у Институту за физику у Београду, углавном у оквиру међународне сарадње. Кандидат је дао кључни допринос у свим објављеним радовима, а његов допринос се огледа у изради потребних нумеричких симулација, добијању, интерпретацији и презентацији нумеричких резултата, писању радова и комуникацији са уредницима и рецензентима часописа.

## Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

Остварени М-бодови по категоријама у изборном периоду:

Категорија	М бодова по публикацији	Број публикација	Укупно М бодова (нормирано)
<b>M13</b>	7	1	<b>7 (5)</b>
<b>M21a</b>	10	1	<b>10 (10)</b>
<b>M34</b>	0.5	5	<b>2.5 (2)</b>

Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за реизбор у звање научни сарадник:

Минималан број М бодова потребан за реизбор у звање научни сарадник	Остварено (нормирано)
Укупно	<b>19.5 (17)</b>
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	<b>17 (15)</b>
M11+M12+M21+M22+M23	<b>10 (10)</b>

## Закључак и предлог

Др Душан Вудраговић у потпуности испуњава све услове за реизбор у звање научни сарадник предвиђене Правилником стицању истраживачких и научних звања Министарства науке, технолошког развоја и иновација и Законом о науци и истраживањима. У свом научном раду показао је самосталност и остварио оригиналне и међународно запажене научне резултате, што укључује и један рад у часопису М21а категорије у изборном периоду.

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

Београд, 13. новембар 2024. год.

Чланови комисије:

др Антун Балаж  
научни саветник,  
Институт за физику у Београду

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

академик Милан Дамњановић  
професор емеритус Универзитета у Београду