

ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ			
ПРИМЉЕНО:		12. 11. 2019	
Рад.јед.	б р о ј	Арх.шифра	Прилог
0801	1721/1		

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор др Владимира Вељића у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 5. новембра 2019. године именовани смо у комисију за избор др Владимира Вељића 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

Владимир Вељић рођен је 30. 12. 1987. године у Брису. Основну школу "Јован Јовановић Змај" завршио је у Брису као ђак генерације. Гимназију "9. мај" у Нишу, одељење специјализовано за физику, такође је завршио као ђак генерације.

Основне студије на Универзитету у Београду похађао је паралелно на Физичком факултету на смеру Теоријска и експериментална физика у периоду од 2007. до 2011. године и на Машинском факултету у периоду од 2007. до 2010. године. На Физичком факултету дипломирао је као студент генерације са просечном оценом 9,90, а на Машинском факултету је дипломирао са просечном оценом 9,97.

Мастер студије на Машинском факултету похађао је у периоду од 2010. до 2012. године и завршио са просечном оценом 9,90, док је мастер студије на Физичком факултету похађао у периоду од 2011. до 2012. године и завршио са просечном оценом 10,00.

Школске 2008/2009 године Владимир Вељић је био стипендиста Српског пословног клуба Привредник, а од 2009. до 2012. године био је стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије. Током студија боравио је на двомесечним студентским праксама у ЦЕРН-у, током лета 2011. године, и у Кларендон лабораторији на Оксфорду, током лета 2012. године.

Докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду уписао је 2013. године у ужој научној области физика кондензоване материје и статистичка физика. Докторску дисертацију под насловом "Quantum kinetic theory for ultracold dipolar Fermi gases" ("Квантна кинетичка теорија за ултрахладне диполне Ферми гасове") урађену под менторством др Антуна Балажа, одбранио је 4. октобра 2019. године.

Владимир Вељић је запослен у Институту за физику у Београду као истраживач сарадник у Лабораторији за примену рачунара у науци, у оквиру Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система. Поред пројекта основних истраживања ОН171017 којим руководи др Антун Балаж, учествује и на билатералном пројекту QDDB са Немачком.

До сада је похађао више школа за докторанте, нпр. Anyon Physics of Ultracold Atomic Gases, Free University of Berlin, Germany (2013), International Conference on Atomic Physics Summer School, The College of William and Mary, Virginia, USA (2014), International School Probing Macroscopic Quantum Phenomena, Königstein, Germany (2014), Cold-Atoms PreDoc School Exploring new quantum gases, Les Houches, France (2015), Okinawa School in Physics: Coherent Quantum Dynamics, Okinawa, Japan (2015).

У току школске 2012/13. године, као и током 2015/16 и 2016/17. године, учествовао је у раду Државне комисије за такмичења ученика средњих школа из физике као аутор задатака на свим нивоима такмичења, а од 2017. године један је од организатора Турнира младих физичара, новог формата средњошколског такмичења у Србији. Био је руководиолац тима Србије на Интернационалном турниру младих физичара два пута, у Сингапур у јулу 2017. године и у Кини у јулу 2018. године, као и стручни судија на том такмичењу одржаном у Варшави 2019. године.

До сада, Владимир Вељић има 20 саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34) и 3 рада објављена у међународним часописима (2 рада категорије M21 и један рад у новопокренутом часопису *Physical Review Research*, у издању APS).

Преглед научне активности кандидата

Владимир Вељић је започео свој истраживачки рад 2013. године на Институту за физику у Београду у Лабораторији за примену рачунара у науци Центра за изучавање комплексних система, под менторством др Антуна Балажа. У свом научном раду у области физике кондензоване материје бави се темама везаним за ултрахладне квантне гасове са диполном интеракцијом.

Из теоријског, односно аналитичког и нумеричког угла, особине ултрахладних диполних Ферми гасова могу да се проучавају користећи неколико приступа, од којих сваки има одређени број предности и мана. У свом научном раду др Вељић развија и уопштава квантну кинетичку теорију (односно постојећи Болцман-Власов формализам), за коју је раније показано да успешно описује основне карактеристике реалне динамике Ферми гасова са јаком диполном интеракцијом. Поред тога, овај приступ је успешно коришћен за теоријски опис деформације Ферми сфере која је експериментално измерена за фермионски гас.

Међутим, ову теорију је било могуће применити само у случају када су диполи оријентисани дуж једне од оса потенцијалне замке у којој се систем налази, и то само у два посебна гранична сударна режима: у режиму када су судари између атома занемарљиви, као и када се систем налази у хидродинамичком режиму, у

којем су судари доминантни. Др Владимир Вељић је ову постојећу теорију током свог досадашњег научноистраживачког рада уопштио и развио у више различитих праваца.

У првој фази истраживања др Вељић је проширио постојећу теорију примењујући апроксимацију релаксационог времена која омогућава да се систем опише у различитим сударним режимима, односно у свим режимима између два претходно поменута гранична случаја. Такође, релаксационо време је моделирао на самоусаглашен начин, за разлику од претходних приступа из литературе где је оно третирано као феноменолошки параметар. Важно је истаћи да поређење теоријских предвиђања са мерењима базираним на времену лета (time-of-flight) омогућава проверу таквог модела. Резултати су представљени у раду:

- **V. Veljić, A. Balaž, and A. Pelster,**
Time-of-flight expansion of trapped dipolar Fermi gases: From the collisionless to the hydrodynamic regime,
Phys. Rev. A **95**, 053635 (2017).
M21; DOI: 10.1103/PhysRevA.95.053635; IF(2016)=2.925

У експериментима са ербијумовим атомима је примећено да деформација Ферми сфере прати промену оријентације дипола, односно да се Ферми сфера увек издужује у правцу атомских диполних момената, који се оријентишу у правцу спољашњег магнетног поља. Због тога је у другој фази истраживања, са аналитичке стране, др Вељић уопштио раније развијену квантну кинетичку теорију тако да може да опише произвољну геометрију система, односно општу оријентацију дипола у односу на систем везан за потенцијалну замку, што је посебно од значаја за интерпретацију експерименталних резултата.

Полазна тачка ове теорије је облик Вигнерове функције којом се систем описује у глобалној равнотежи, док је гас заробљен у замци. С обзиром на то да је теорија развијена за ултрахладне квантне гасове на нултој температури, претпоставка је да се Вигнерова функција може добро описати Хевисајдовом степ функцијом, која за аргумент има збир елипсоида у реалном простору и елипсоида у моментном простору, при чему главна оса овог елипсоида има правац дипола. Развој овог новог приступа омогућава да се проучавају ефекти произвољне оријентације дипола на својства основног стања система. Од посебног значаја је резултат који је др Вељић извео, а тиче се универзалности стабилности заробљених диполних фермиона, за коју је показао да зависи само од односа фреквенција замке и оријентације дипола.

Даље, узимајући у обзир геометрију система, кандидат је показао да се елипсоидна деформација Ферми површи може реконструисати из експериментално мерљивог односа асиметричности облака гаса у реалном простору, уз претпоставку балистичке експанзије. То је омогућило поређење добијених теоријских резултата са експерименталним подацима који су измерени за различите параметре замке и оријентације дипола у атомском гасу ербијума, у сарадњи са експерименталном групом из Инзбрука. Штавише, за системе са још јачим диполним моментом, теорија предвиђа додатни неочекивани ефекат: Ферми површ не само да ригидно прати оријентацију дипола, већ мења и своју запремину и дужине оса елипсоида у

зависности од оријентације дипола у односу на геометрију замке, као и саме анизотропије замке. Резултати су представљени у радовима:

- **V. Veljić**, A. R. P. Lima, S. Baier, M. J. Mark, L. Chomaz, F. Ferlaino, A. Pelster, and A. Balaž,
Ground state of an ultracold Fermi gas of tilted dipoles in elongated traps,
New J. Phys. **20**, 093016 (2018).
M21; DOI: 10.1088/1367-2630/aade24; IF(2016)=3.789
- **V. Veljić**, A. Pelster, and A. Balaž,
Stability of quantum degenerate Fermi gases of tilted polar molecules,
Phys. Rev. Research **1**, 012009(R) (2019).
новопокренути часопис; DOI: 10.1103/PhysRevResearch.1.012009

Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

1. Квалитет научних резултата

Као најзначајније радове кандидата Комисија издваја:

- **V. Veljić**, A. Balaž, and A. Pelster,
Time-of-flight expansion of trapped dipolar Fermi gases: From the collisionless to the hydrodynamic regime,
Phys. Rev. A **95**, 053635 (2017).
M21; DOI: 10.1103/PhysRevA.95.053635; IF(2016)=2.925
- **V. Veljić**, A. R. P. Lima, S. Baier, M. J. Mark, L. Chomaz, F. Ferlaino, A. Pelster, and A. Balaž,
Ground state of an ultracold Fermi gas of tilted dipoles in elongated traps,
New J. Phys. **20**, 093016 (2018).
M21; DOI: 10.1088/1367-2630/aade24; IF(2016)=3.789
- **V. Veljić**, A. Pelster, and A. Balaž,
Stability of quantum degenerate Fermi gases of tilted polar molecules,
Phys. Rev. Research **1**, 012009(R) (2019).
новопокренути часопис; DOI: 10.1103/PhysRevResearch.1.012009

У првом раду кандидат је проучавао динамику диполних Ферми гасова. Прво је увео формализам Болцманове квантне кинетичке једначине, а онда је дао физички мотивисани скалирајући анзац који омогућава аналитичко извођење једначина за скалирајуће параметре и опис динамике система кроз временски зависне Томас-Ферми радијусе и моменте. Добијене динамичке једначине је онда искористио за опис понашања система у типичним експерименталним ситуацијама, када се фермионски гас ослободи из замке, пусти да се током одређеног времена слободно разлеће, а онда се сними његов профил густине. Стандардно се овакви профили користе за реконструкцију основног стања система пре ослобађања из замке уз претпоставку балистичке експанзије, а кандидат је у раду показано да ова претпоставка није у потпуности оправдана у случају јаке диполне интеракције или

веће густине честица у систему. Поред тога, кандидат је развио моделе за опис динамике система не само у граничним случајевима система у којима се судари могу занемарити или у хидродинамичком граничном случају, када се претпоставља да судари доминирају у понашању система, већ и у колизионом режиму. Ово је постигао увођењем самоусаглашеног приступа одређивања релаксационог времена.

У другом раду кандидат је представио главне теоријске резултате везане за опис основног стања диполних Ферми гасова са диполном интеракцијом. Прво је увео Вигнерову функцију, а након тога предложио различите физички мотивисане варијационе анзаце, за које је израчунао укупну енергију система. На основу тога је извео одговарајуће једначине за варијационе параметре, а поређењем добијених вредности енергије показао да је оптималан општи сценарио, у којем је дозвољена произвољна оријентација елипсоида којим се описује гас у моментном простору. Валидност изведених резултата је показана поређењем са експерименталним резултатима, које је обезбедила група из Инзбрука. Добијено је одлично слагање са експерименталним резултатима и показано како се асиметричности облака гаса у реалном простору могу искористити за прорачун облика Ферми површи у основном стању система.

У трећем раду кандидат је даље проширио теорију, тако што је узео у обзир утицај дипол-дипол интеракције не само на облик Ферми површи у моментном простору, него и на облак гаса у реалном простору. Извео је једначине које могу да се искористе за проучавање особина основног стања диполних Ферми гасова. Прво је показао да се ове једначине могу написати у бездимензионом облику, тако да зависе само од неколико параметара: односа фреквенција хармонијске замке и бездимензионе јачине дипол-дипол интеракције. На основу тога је нумерички израчунао универзалне дијаграме стабилности система за реалистичне гасове ^{167}Er и $^{40}\text{K}^{87}\text{Rb}$, из којих је могуће добити критичне вредности јачине диполне интеракције које одређују границе стабилности система за задате вредности параметара. Поред тога, кандидат је нумерички испитао и угаону зависност деформације Ферми површи у стабилној фази и показао да при јакој дипол-дипол интеракцији оријентација дипола или геометрија замке могу на битан начин да промене деформацију Ферми површи и облака гаса у реалном простору, као и границе стабилности система.

Подаци о цитираности

Према бази Web of Science на дан 12. 11. 2019. године, радови др Владимира Вељића цитирани су укупно 5 пута, од чега 4 пута без аутоцитата. Хиршов индекс је 1.

Параметри квалитета часописа

Кандидат др Владимир Вељић је објавио укупно три рада у међународним часописима и то:

- 1 рад у врхунском међународном часопису *Physical Review A* (M21, IF2016=2,925, SNIP2015=1,06),
- 1 рад у врхунском међународном часопису *New Journal of Physics* (M21, IF2016=3,789, SNIP2016=1,21),

- 1 рад у новоформираном међународном часопису *Physical Review Research*, у издању APS (Americal Physical Society).

Библиометријски показатељи су сумирани у наредној табели.

	IF	M	SNIP
Укупно	6,682	16	2,15
Усредњено по чланку	3,357	8	1,135
Усредњено по аутору	1,449	3,667	0,505

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 на свим радовима на којима је аутор. То се може видети и по томе да је на свим овим радовима први аутор, укључујући и рад који је објављен у сарадњи са експерименталном групом из Инзбрука.

Кандидат има изражену међународну сарадњу, што обухвата:

- учешће на билатералним пројектима између Србије и Немачке (QDDB, IBEC, BEC-L) у периоду од 2013. до 2020. године,
- учешће на билатералном пројекту између Србије и Аустрије (DUDFG) у периоду од 2016. до 2018. године

2. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Окосница свих радова кандидата је развој теоријских модела и интерпретација резултата нумеричких прорачуна. Имајући у виду да 2 објављена рада кандидата имају укупно 3 аутора, они се рачунају са пуном тежином, док се 1 објављен рад са 8 аутора рачуна са тежином 1/1,2. Ово смањује укупан број бодова са 32 на 30,58, што је од занемарљивог значаја.

3. Учешће у пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидат је учествовао или учествује на следећим пројектима:

- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* (од новембра 2012. године),
- билатерални пројекти Србије и Немачке (QDDB, IBEC, BEC-L) у периоду од 2013. до 2020. године,
- билатерални пројект између Србије и Аустрије (DUDFG) у периоду од 2016. до 2018. године.

4. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Рецензије научних радова

Кандидат је био рецензент једног рада у часопису *Physical Review Letters*.

Организација научних скупова

Др Владимир Вељић је био члан Организационог одбора конференције “The 19th Symposium on Condensed Matter Physics”, која је одржана 2015. године у Београду, као и конференције “VI International School and Conference on Photonics” која је одржана 2017. године у Београду.

Педагошки рад

У току школске 2012/13. године, као и током 2015/16 и 2016/17. године, учествује у раду Државне комисије за такмичења ученика средњих школа из физике као аутор задатака на свим нивоима такмичења, а од 2017. године један је од организатора Турнира младих физичара, новог формата средњошколског такмичења у Србији. Био је вођа тима Србије на Интеранционалном турниру младих физичара два пута, у Сингапуру у јулу 2017. године, и у Кини у јулу 2018. године, као и стручни судија на том такмичењу одржаном у Варшави 2019. године.

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 на основу објављених резултата успостављен контакт са једном од водећих група на свету у области ултрахладних фермиона (JILA, University of Colorado, USA), која је изразила интерес за сарадњу у проучавању стабилности фермионских молекула са јаким електричним диполним моментом.

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. Кандидат је дао кључни допринос у свим објављеним радовима и у свим радовима је први аутор. Његов допринос се огледа у развоју и извођењу аналитичких једначина, 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:

Категорија	М бодова по публикацији	Број публикација	Укупно М бодова (нормирано)
M21	8	2	16 (14,67)
M34	0,5	20	10 (9,92)
M70	6	1	6 (6)

Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за избор у звање научног сарадника:

Минималан број М бодова потребан за избор у звање научни сарадник		Остварено (нормирано)
Укупно	16	32 (30,58)
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	16 (14,67)
M11+M12+M21+M22+M23	6	16 (14,67)

Према бази Web of Science на дан 12. 11. 2019. године, радови др Владимира Вељића цитирани су укупно 5 пута, од чега 4 пута без аутоцитата. Хиршов индекс је 1.

Закључак и предлог

Др Владимир Вељић у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Током рада на докторској дисертацији показао је изузетну способност за научноистраживачки рад и остварио оригиналне и међународно запажене научне резултате које је објавио у 2 рада М21 категорије, једном раду у новопокренутом часопису *Physical Review Research* (у издању American Physical Society) и саопштио на већем броју конференција.

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 избор др Владимира Вељића у звање научни сарадник.

Београд, 12. новембар 2019. год.

Чланови комисије:

др Антун Балаж
научни саветник,
Институт за физику у Београду

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

др Милан Дамњановић
редовни професор
Физичког факултета Универзитета у Београду