

Naučnom veću Instituta za fiziku

Izveštaj komisije za izbor dr Zlatka Papića u zvanje viši naučni saradnik

Na sednici Naučnog veća Instituta za fiziku održanoj 24. 12. 2013. godine, imenovani smo u komisiju za izbor dr Zlatka Papića u zvanje viši naučni saradnik.

Pregledom materijala koji nam je dostavljen, kao i na osnovu ličnog poznavanja kandidata i uvida u njegov rad, Naučnom veću Instituta za fiziku podnosimo ovaj izveštaj.

BIOGRAFSKI PODACI O KANDIDATU

Zlatko Papić je rođen 25. 10. 1981. godine u Zrenjaninu. Diplomirao je 2006. na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu sa diplomskim radom *Bozonske korelacije u kvantnom Holovom dvosloju na punjenju 1*, koji je realizovan pod mentorstvom dr Milice Milovanović u Laboratoriji za primenu računara u nauci Instituta za fiziku u Beogradu. Ovaj rad je iste godine osvojio nagradu "Prof. dr Ljubomir Ćirković" za najbolji diplomski rad na Fizičkom fakultetu. Nakon diplomskih i master studija, 2007. godine upisuje doktorske studije na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu i Univezitetu Pariz XI u Francuskoj, pod zajedničkim mentorstvom dr Milice Milovanović, dr Marka Gerbiga i dr Nikolasa Rinjoa. Tokom boravka u Francuskoj 2007-2008. godine primao je stipendiju Marija Kiri, a u periodu 2009-2010. bio je zaposlen na Institutu za fiziku u Beogradu u zvanju istraživač-saradnik na projektu ON141035 *Modeliranje i numeričke simulacije složenih fizičkih sistema*, pod rukovodstvom dr Aleksandra Belića. Tema doktorske disertacije pod imenom *Fracioni kvantni Holov efekat u višekomponentnim sistemima* bili su jako korelisani elektronski sistemi i topološke faze materije, kao što su pre svega kvantne jame i grafen. Ovoj tezi je dodeljena studentska nagrada Instituta za fiziku 2010. godine. Nakon odbrane teze, kandidat u septembru 2010. godine, prelazi na Univerzitet Princeton (SAD) kao istraživač na postdoktorskim studijama u grupi prof. Ravina Bata i prof. Dankana Holdejna. Od oktobra 2013. godine je na Perimeter institutu u Kanadi kao postdoktorant.

ELEMENTI ZA KVALITATIVNU ANALIZU RADA KANDIDATA

Pokazatelji uspeha u naučnom radu

Nagrade i priznanja za naučni rad

- Nagrada "Prof. dr Ljubomir Ćirković" za najbolji diplomski rad na Fizičkom fakultetu 2006. godine
- Godišnja studentska nagrada Instituta za fiziku za najbolji doktorski rad odbranjen tokom 2010. godine

Uvodna predavanja na konferencijama i druga predavanja po pozivu

Kandidat je održao predavanje po pozivu na **Martovskom skupu Američkog društva fizičara (APS March meeting)** 22. marta 2013. godine u Baltimoru (SAD) pod nazivom *Tunable interactions and ways of engineering fractional quantum Hall states*. Predavanje je bilo deo sesije o novim pravcima u fizici frakcionog kvantnog Holovog efekta (<http://meetings.aps.org/Meeting/MAR13/Event/190149>). Tokom 2013. kandidat je održao predavanje po pozivu i na Purdue univerzitetu (<http://www.physics.purdue.edu/seminar/abstract.php?id=230>), na McGill univerzitetu (http://www.physics.mcgill.ca/events/CPM_papic.html), kao i na Univerzitetu u Tuluzu (<http://www.lpt.ups-tlse.fr/spip.php?article1058&lang=fr>).

Tokom 2011-2012. kandidat je održao predavanja po pozivu u okviru *Conference on Computational Physics CCP2011* (http://ccp2011.ornl.gov/sessions_schedule.shtml) u Getlinburgu (Tenesi, SAD), kao i konferencije *U potrazi za topološkim fazama (In search of topological phases)*, http://pctp.princeton.edu/pctp/lowDsys/lowDsys_SearchTopologicalPoster.pdf na Univerzitetu Princeton (SAD). Pored ovoga, kandidat je održao predavanja po pozivu na Laboratoire de Physique Theorique de la Matiere Condensee – LPTMC u Parizu, Microsoft Station Q <http://research.microsoft.com/en-us/labs/stationq/seminars.aspx> (Santa Barbara, SAD) i Perimeter institutu u Kanadi <http://pirsa.org/12110081/>.

Kandidat je takođe u dva navrata učestvovao na programima Kavli instituta za teorijsku fiziku (KITP) u Santa Barbara: program *Low-dimensional electron systems* 2009. godine, <http://online.itp.ucsb.edu/online/lowdim09/>, kao i *Exotic Phases of Frustrated Magnets* 2012. godine. Pored ovoga, u nekoliko navrata je učestvovao i u programima Nordite u Stokholmu, gde je 2010. održao predavanje (<http://agenda.albanova.se/contributionDisplay.py?contribId=250&confId=1128>).

Dokazni materijal o gorenavedenim predavanjima po pozivu (pozivna pisma na konferencije, najava predavanja i sl.) priložen je u priložnoj dokumentaciji zahteva za izbor u zvanje.

Članstva u uređivačkim odborima časopisa, uređivanje monografija, recenzije naučnih radova i projekata

Recenzent je časopisa Science, Physical Review B i Physical Review Letters (40 recenzija).

Angažovanost u razvoju uslova za naučni rad, obrazovanju i formiranju naučnih kadrova

Doprinos razvoju nauke u zemlji

Oblasti naučnog rada kandidata su u fizici kondenzovane materije i jako korelisanih sistema: **(1)** frakcioni kvantni Holov efekat, posebno u tzv. višekomponentnim sistemima gde spin ili pseudospin igraju ulogu, **(2)** grafen, **(3)** numeričke simulacije jako korelisanih sistema koje se oslanjaju na koncepte iz polja kvantne informacije, poput

entanglement-a i DMRG ("density-matrix renormalization group"), i (4) neuređeni višestručni sistemi. Svi navedeni radovi u ovom poglavlju su iz kategorije **M21**.

(1) *Frakcioni kvantni Holov efekat:*

U radovima **M21 [1]**, **M21 [2]** proučavan je problem dva kvantna Holova sistema koja su na malom rastojanju jedan od drugog i čine tzv. dvosloj, pri čemu je rastojanje između njih moguće varirati u eksperimentu, dok je totalno punjenje 1. Pri velikim rastojanjima između slojeva, sistem je kompresibilan, dok je za mala rastojanja nekompresibilan fluid koji ispoljava ekscitonsku superfluidnost. Prelaz između ovih, vrlo različitih režima, prilikom promene rastojanja između slojeva predstavlja otvoreni problem. Radovi **M21 [1]**, **M21 [2]** daju doprinos razumevanju ovog problema sa tačke gledišta varijacionih funkcija koje reprezentuju mešana stanja tzv. kompozitnih fermiona i kompozitnih bozona, koji predstavljaju kvazičestice u limitu velikih, odnosno malih rastojanja, respektivno. Na osnovu varijacionih funkcija za osnovno stanje, konstruisane su i Čern-Sajmons topološke teorije polja na osnovu kojih je računat linearni odgovor sistema, ispitivana topološka svojstva ekscitacija i sl.

U seriji radova **M21 [3]**, **M21 [5]**, **M21 [6]**, **M21 [8]** proučavane su tzv. široke kvantne jame gde višekomponentni stepeni slobode predstavljaju elektronske nivoe u kvantnoj jami. U prisustvu jakih interakcija u magnetnom polju, u ovim sistemima nastaju stanja koja se mogu opisati tzv. Halperinovim funkcijama koje predstavljaju uopštenje Laflinove talasne funkcije. Ono što je posebno zanimljivo sa eksperimentalne tačke gledišta je mogućnost da se, variranjem tuneliranja između elektronskih nivoa, uspostavi prelaz između višekomponentnih i jednodimenzionalnih (polarizovanih) stanja, koja u određenim slučajevima poseduju neabelijanske ekscitacije. Najvažniji primer ovog scenarija se odnosi na punjenje $1/2$ gde je moguće uspostaviti prelaz između 331 Halperinovog stanja i tzv. Fafijana, koji je reprezentovan čuvenom talasnom funkcijom koju su formulisali Greg Mur i Nikolas Rid. Fafijan je sparno stanje koje se može opisati kao "p-wave" superprovodnik. Njegove kvazičestice su Majorana fermioni koje odlikuje neabelijanska statistika: stanje nakon izmene dveju kvazičestica nije jednako početnom stanju (do na fazu, kao kod fermiona ili bozona). U radu **M21 [6]** detaljno je izučavan ovaj prelaz putem BCS modela, kao i egzaktne dijagonalizacije. Istaknuto je da prelaz od 331 stanja ne vodi u sparno stanje, već verovatnije u kompresibilno stanje koje ima svojstva Fermi tečnosti.

(2) *Grafen*

Rad **M21 [7]** pružio je teorijski opis kvantnog Holovog stanja na punjenju $1/3$ u grafenu koje je eksperimentalno uočeno tokom 2009. godine. Iznenadjući aspekt ovog stanja u grafenu je da se razlikuje od Laflinovog stanja koje nastaje pri istom punjenju u galijum arsenidu (GaAs). Razlog za ovo je veća unutrašnja simetrija u slučaju grafena koja potiče od prisustva spina i zonskog pseudospina koji ukupno daju SU(4) simetriju. Posledica ovoga u slučaju $1/3$ je da, iako talasna funkcija osnovnog stanja ima oblik Laflinove funkcije, ekscitacioni spektar je drastično različit: najniža ekscitacija je spinski ili pseudospinski talas, a ne tzv. magneto-roton koji nastaje u slučaju Laflinovog stanja.

U radovima **M21 [10]**, **M21 [11]**, **M21 [12]** ispitivane su praktične mogućnosti grafenskih sistema (jednosloj, dvosloj itd.) za kontrolisano variranje oblika i jačine efektivne Kulonove interakcije između elektrona, u cilju potpunijeg izučavanja jako korelisanih faza i kvantnih faznih prelaza. U radu **M21 [10]** pokazano je da se postavljanjem dielektrika u blizini grafenskog sloja može uzrokovati odgovarajući tip “screening”-a koji stabilizuje neabelijanska stanja. U radovima **M21 [11]**, **M21 [12]** ispitivana je modifikacija interakcije usled promene zonske strukture, na primer dodavanjem masenog člana putem električnog polja u slučaju grafenskog dvosloja. Pokazano je da ovaj metod takođe omogućava proučavanje različitih faznih prelaza između topoloških faza i onih sa narušenom simetrijom.

(3) Numeričke simulacije bazirane na entanglement-u

Poslednjih decenija došlo je do intenzivnog razvoja numeričkih simulacija jako interagujućih sistema u fizici kondenzovane materije. Neki od uticajnih metoda, poput “density-matrix renormalization group” (DRMG), direktno su zasnovani na primeni “entanglement”-a u karakterizaciji kvantnih višestičinih stanja. U slučaju sistema sa topološkim uređenjem, nedavno je pokazano da tzv. entanglement spektar donosi potpunu informaciju o sistemu, uključujući ekscitacije na granici. U radu **M21 [9]** proučavan je entanglement spektar za kvantne Holove sisteme u prisustvu određenog broja kvazičestica. Pokazano je da kod ovih, topoloških uređenih, sistema entanglement spektar daje potpunu informaciju i o eksitacijama, a ne samo o osnovnom stanju. Pored toga, demonstrirano je da entanglement spektar daje jasan uvid u statistiku kvazičestica kada se one premeštaju unutar sistema. U radu **M21 [15]** implementiran je DMRG metod za kvantne Holove sisteme i testiran na nekoliko tipova graničnih uslova, kao što su geometrija sfere ili cilindar. Pokazano je da je geometrija cilindra znatno pogodnija sa aspekta numeričke konvergencije, što omogućava DMRG metodu da uspešno simulira znatno veće sisteme od onih koje je moguće egzaktno dijagonalizovati. Razvoj DMRG metoda otvara mogućnosti za proučavanje mnogih fenomena gde egzaktna dijagonalizacija nije uspešla da dostigne odgovarajući broj čestica kod kojih korelaciona dužina postaje znatno manja od dimenzije sistema.

(3) Neuređeni interagujući sistemi i lokalizacija

Još 1958. u svom čuvenom radu, Anderson je pokazao da prisustvo neuređenosti u izolovanim kvantnim sistemima dovodi do lokalizacije i odsustva provodnosti. Međutim, do današnjih dana je ostalo nerazjašnjeno šta se događa kada pored neuređenosti postoji i interakcija među česticama. U radovima **M21 [18]** i **M21 [20]** ispitivana su svojstva nove faze – tzv. višestičine lokalizovane faze – koja je uočena u numeričkim simulacijama modela interagujućih spinova u prisustvu neuređenosti. Pokazano je da se takva faza razlikuje od dobro-poznatog Andersonovog izolatora po vremenskoj evoluciji entanglement entropije sistema. Pored ovoga, pronađeno je da stanja interagujućih neuređenih sistema imaju posebnu strukturu koju odlikuje kratkometni entanglement, što sugeriše da bi takvi sistemi mogli biti uspešno simulirani tehnikama poput DMRG-a. Postojanje višestičine lokalizovane faze je važno za eksperimentalne sisteme poput polarnih molekula ili NV centara u dijamantu koji se koriste za kvantno računanje.

Mentorstvo pri izradi magistarskih i doktorskih radova, rukovođenje specijalističkim radovima

Dr Zlatko Papić je, tokom svog boravka na Univerzitetu u Princetonu (SAD) učestvovao u rukovođenju izradom doktorske teze PhD studenta Bo Yanga. Zajednički rad sa njim je rezultirao u dva rada, jedan u Phys. Rev. Lett. i jedan u Phys. Rev. B.

Pedagoški rad

Kandidat je aktivan u pedagoškom radu, i radio je sa više PhD studenata na Univerzitetu Paris Sud i na Univerzitetu u Princetonu, sa kojima ima zajedničke objavljene radove.

Međunarodna saradnja

Kandidat ima izraženu naučnu saradnju sa nekoliko jakih istraživačkih grupa. Prvobitno je ostvario saradnju sa grupom Nicolasa Regnaulta i Marca Goerbiga sa Univerziteta Paris Sud, a kasnije sa grupom F. D. M. Haldanea sa Univerziteta u Princetonu.

Organizacija naučnih skupova

Kandidat je član organizacionog odbora konferencije "Many-body localization", koja će biti održana tokom sledeće godine na Perimeter Institute u Waterloo, Kanada.

Organizacija naučnog rada

Rukovođenje projektima, potprojektima i zadacima

Kandidat je učestvovao/učestvuje u sledećim projektima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije:

- Od 2006. do 2010. godine pa nadalje, projekat ON141035, "Modeliranje i numeričke simulacije kompleksnih sistema u fizici", rukovodilac dr Aleksandar Belić.
- Od 2011. godine pa nadalje, inostrani saradnik na projektu ON171017, "Modeliranje i numeričke simulacije složenih višečestičnih sistema", rukovodilac dr Aleksandar Belić.

Takođe, dr Zlatko Papić je učestvovao u realizaciji međunarodnog projekta:

- Od 2006. do 2009. godine učestvuje u EU FP6 projektu CX-CMCS (Centre of Excellence for Computational Modeling of Complex Systems), čiji je koordinator Laboratorija za primenu računara u nauci Instituta za fiziku.

Kvalitet naučnih rezultata

Zlatko Papić je objavio 22 naučna rada, od čega **20 kategorije M21 (11 u Physical Review B i 7 u Physical Review Letters), 1 kategorije M22 i 1 kategorije M23**.

Uticajnost

Kandidatovi radovi su citirani **153** puta, od toga **123** puta bez autocitata.

U visokocitiranom radu **M21 [3]** (citiran 12 puta bez autocitata) dat je teorijski model za tzv. široke kvantne jame na kojima je vršen veći broj transportnih eksperimenata u režimu kvantnog Holovog efekta, što je dovelo do detekcije novih stanja poput onog na punjenju $1/4$. Teorijski model ovih eksperimenata je proučavan u okviru obimnih numeričkih simulacija koristeći tehniku egzaktne dijagonalizacije, u potpunosti razvijenu od strane kandidata. Pored objašnjenja novog kvantnog Holovog stanja na punjenju $1/4$, ovaj rad je otvorio mogućnosti za proučavanje niza eksperimenata na sličnim sistemima i drugim punjenjima.

U visokocitiranim radovima **M21 [7]** (citiran 12 puta bez autocitata) i **M21 [10]** (citiran 14 puta bez autocitata) proučavane su jako korelisane faze u grafenu. U radu **M21 [7]** dato je prvo teorijsko objašnjenje stanja na punjenju $1/3$ koje je nedavno pre toga bilo otkriveno u eksperimentima. Pokazano je da se ovo stanje razlikuje od uobičajenog Laflinovog stanja koje bi se naivno moglo očekivati na punjenju $1/3$, usled narušenja $SU(4)$ simetrije koja u grafenu nastaje od kombinacije spinskih i zonskih stepena slobode. Rad **M21 [10]** iznosi predlog za eksperimentalnu postavku koja bi omogućila kontrolisano variranje efektivne Kulonove interakcije između elektrona u grafenu pomoću dielektrika ("screening" efekat). Ovaj predlog može dovesti do povećanja stabilnosti određenih jako korelisanih stanja (čak i onih sa tzv. neabelijanskom statistikom), a takođe omogućava proučavanje kvantnih faznih prelaza na kontrolisan način.

Parametri kvaliteta časopisa i pozitivna citiranost kandidatovih radova

Najveći deo publikacija Zlatka Papića je objavljen u vrhunskim međunarodnim časopisima **Physical Review B** i **Physical Review Letters** i citirani su od strane radova objavljenih u istim ili drugim vrhunskim međunarodnim časopisima. Jedan od elemenata za procenu kvaliteta naučnih rezultata kandidata je i kvalitet časopisa u kojima su radovi objavljeni, odnosno njihov impakt faktor (IF). Zlatko Papić je objavio **20 radova kategorije M21**, od kojih

- **11 u Physical Review B** (za poslednjih pet radova: IF=3.364 za 3 rada u 2010, IF=3.405 za 1 rad u 2011, IF=3.603 za 1 rad u 2012. godini, i 2 rada su izašla u 2013. godini)
- **7 u Physical Review Letters** (IF=7.155 za 1 rad, IF=7.013 za 2 rada, IF=7.435 za 2 rada, i dva rada su izašla u 2013. godini)

Ukupan impakt faktor radova kandidata u gornjim časopisima kategorije M21 je **veći od 85**.

Efektivni broj radova i broj radova normiran na osnovu broja koautora

Svi radovi kandidata su sa punom težinom u odnosu na broj koautora.

Stepen samostalnosti i stepen učešća u realizaciji radova

Kod kandidata je izražena samostalnost u naučnom radu i doprinos osnovnim idejama, tj. idejnim rešenjima u skoro svim radovima kandidata

**ELEMENTI ZA KVALITATIVNU OCENU NAUČNOG DOPRINOSA
KANDIDATA I MINIMALNI USLOVI ZA IZBOR U ZVANJE DR ZLATKA
PAPIĆA**

Pošto se kandidat nakon sticanja doktorata bira direktno u zvanje viši naučni saradnik, prikazani su minimalni uslovi za izbor u zvanje naučni saradnik i viši naučni saradnik, kao i zbirni uslov za oba zvanja. Nakon toga su prikazani kvantitativni rezultati kandidata u dosadašnjem naučnom radu i upoređeni sa minimalnim zbirnim uslovima za izbor u zvanje viši naučni saradnik.

Minimalni kvantitativni uslovi za izbor u zvanje

Zvanje	Minimalan broj M bodova	
Naučni saradnik	Ukupno	16
	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10
	M11+M12+M21+M22+M23+M24	5
Viši naučni saradnik	Ukupno	48
	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51	40
	M11+M12+M21+M22+M23+M24+M31+M32+M41+M42	28
Zbirno za oba zvanja	Ukupno	64
	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	50
	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51	50
	M11+M12+M21+M22+M23+M24	33
	M11+M12+M21+M22+M23+M24+M31+M32+M41+M42	33

Ostvareni rezultati kandidata

M kategorija	M bodova po radu	Broj radova	Ukupno M bodova
M21	8	20	160
M22	5	1	5
M23	3	1	3
M31	3	1	3
M32	3	2	3
M34	2	4	2
M61	1	1	1
M62	0,5	1	0,5

Poređenje minimalnih uslova sa ostvarenim rezultatima kandidata

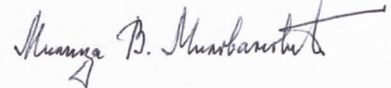
Zbirno za oba zvanja	Uslov	Ostvareni rezultat
Ukupno	64	177,5
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	50	174
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51	50	174
M11+M12+M21+M22+M23+M24	33	174
M11+M12+M21+M22+M23+M24+M31+M32+M41+M42	33	174

ZAKLJUČAK

Imajući u vidu visoku vrednost i originalnost naučnih radova, njihovu brojnost i odjek u međunarodnoj naučnoj zajednici, mišljenja smo da je kandidat dostigao visoku istraživačku zrelost i kompetentnost. Na osnovu podataka iz izveštaja vidi se da je on višestruko zadovoljio sve kvantitativne i kvalitativne uslove za izbor u zvanje viši naučni saradnik koji su propisani pravilnikom Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Zbog toga nam je izuzetno zadovoljstvo da predložimo Naučnom veću Instituta za fiziku izbor dr Zlatka Papića u zvanje viši naučni saradnik.

U Beogradu, 25. decembra 2013. godine

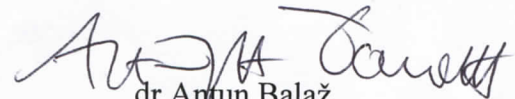
Članovi komisije:



dr Milica Milovanović
naučni savetnik,
Institut za fiziku Beograd



prof. dr Zoran Radović
redovni profesor Fizičkog fakulteta
Univerziteta u Beogradu



dr Antun Balaž
viši naučni saradnik,
Institut za fiziku Beograd