

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/122



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0044
Naslov programa	Teorija trdnih snovi in statistična fizika Theory of the condensed matter and statistical physics
Vodja programa	4943 Janez Bonča
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	63240
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan" 1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program za jema številna sodobna področja fizike trdne snovi ter statistične fizike. Skupne večini raziskav so študije kompleksnih sistemov. Med te sodijo močno

korelirani elektronski sistemi, ki so v zadnjem obdobju v centru sodobnih raziskav na področju fizike trdnih snovi. Posebej aktualno ožje področje raziskav v tem sklopu so študije neravnovesnih sistemov.

V teoriji neravnovesnih pojavov v sistemih močno koreliranih elektronov smo obravnavali različne prototipske modele, pri čemer je bil poudarek na numerični simulaciji in razumevanju nedopiranih in šibko dopiranih Mottovih izolatorjev. Raziskali smo ultra hitri optični odziv ene vrzeli v antiferomagnetnem ozadju sklopljene z vibracijskimi prostostnimi stopnjami. Določili smo stacionarni tok v primeru konstantnega električnega polja ter relaksacijsko dinamiko v primeru vzbuditve s pulzom. Nadalje smo določili rekombinacijski mehanizem optično vzbujenega para holon-dublon.

Pri obravnavi ravnovesnih lastnosti koreliranih elektronov smo izračunali več termodinamskih lastnosti Hubbardovega modela na anizotropni trikotni mreži, ki je primeren za opis faznega diagrama organskih superprevodnikov, ter opazili prehod kovina-izolator. Ugotovili smo vpliv različnih polarizacij vibracijskih nihanj na simetrijo vezanega spinskega bipolarona v antiferomagnetnem ozadju.

Na področju odprtih mnogodelčnih kvantnih sistemov smo določili matrično produktni nastavek v prvih dveh redih v (šibki) konstanti sklopitve z okolico za neravnovesno stacionarno stanje homogene Heisenbergove XXZ verige spinov $1/2$ s preprostimi Lindbladovimi operatorji, ki delujejo le na konceh verige. Prvi red gostotnega operatorja postane v termodinamski limiti ekzaktan psevdolokalen ohranitveni zakon in nam preko Mazurjeve neenakosti omogoči strog dokaz balističnega transporta, oz. izračun spodnje meje za spinsko Drudejevo utež.

V okviru tematike teorije nanosistemov smo proučevali manipulacijo spina elektrona v kvantni piki preko potencialov na elektrodah, ki ustvarijo časovno odvisno lego harmonskega potenciala in spinskotirno sklopitev. Izračunali smo spinski Seebeckov koeficient v dvokanalnem Kondovem modelu v magnetnem polju in opazili temperaturni prehod med režimom Fermijeve tekočine ter ne Fermijeve tekočine.

Pri raziskavah statistične fizike kompleksnih sistemov in omrežij smo analizirali empirične podatke in teoretično modeliranje dinamičnih kompleksnih sistemov na medmrežju, ter modelirali nanosisteme s pomočjo matematičnih grafov nanoomrežja. V okviru projekta CYBEREMOTIONS smo proučevali dinamiko čustvenih interakcij na spletu.

ANG

The research program consists of a wide area of contemporary topics of solid state and statistical physics. Common to all are investigation of complex systems. A typical example, strongly correlated electron systems, are in the forefront of modern research areas of solid state physics. They represent the core research topics in our program. A special emphasis within this area is lately devoted to non-equilibrium response of such systems.

In the theory of nonequilibrium properties of correlated electrons we investigated various prototype models with the emphasis on the numerical simulation of undoped and weakly doped Mott insulators. We have solved the ultra fast response of a single hole in the antiferromagnetic background coupled to vibrational degrees of freedom. In the case of a constant external electric field we have determined the stationary electric current and relaxation dynamics in the case of the excitation with the external pulse.

In the subject of equilibrium properties of correlated electrons we have calculated several thermodynamic properties of the Hubbard model on the anisotropic triangular lattice that describes well the organic superconductors and have observed numerically the metal-insulator transition. We have determined the influence of the polarization of different vibrational modes on the symmetry properties of a bound spin lattice bipolaron in the antiferromagnetic background.

In the field of open quantum systems we have derived an explicit matrix product in the first two orders in the (weak) coupling parameter, for the nonequilibrium steady state of the homogeneous, nearest neighbor Heisenberg XXZ spin 1/2 chain driven by Lindblad operators which act only at the edges of the chain. The first order of the density operator becomes in the thermodynamic limit an exact pseudolocal conservation law and yields via the Mazur inequality a rigorous lower bound on the high temperature spin Drude weight.

Within the theory of nanoscale systems we studied the coherent manipulation of the electronic spin in the quantum dot using the time dependent driving of the harmonic potential and the spin orbit coupling. We have calculated the spin Seebeck coefficient for the two-channel Kondo model in the magnetic field and observed the thermal transition between the Fermi liquid and the non Fermi liquid regimes.

In the research of statistical physics of complex systems and networks, we have analyzed empirical data and conducted theoretical modeling of complex dynamical systems on the Internet, and have modeled nanosystems using mathematical graphs of nanonetworks. We have developed a concept of nanonetworks as a proper methodology for the analysis of complexity at the nanoscale. Within the framework of the FP7 project CYBEREMOTIONS, we have studied the dynamics of emotional interactions online.

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Sodelavci programske skupine za TEORIJO TRDNE SNOVI IN STATISTIČNO FIZIKO smo v zadnjem programskem obdobju raziskovali ravnovesne in neravnovesne lastnosti trdnih snovi z močno koreliranimi elektroni, nanosistemov, ter vedenje kompleksnih sistemov. Objavili smo preko 226 znanstvenih člankov od teh 37 v elitni reviji Physical Review Letters, večina vseh del, 180, sodi v najvišjo kategorijo A1. Člani programske skupine so bili tudi prejemniki najvišjih priznanj v svojih kategorijah. J. Bonča je leta 2012 prejel Zoisovo nagrado za vrhunske znanstvene dosežke, T. Prosen je v letu 2009 prejel mednarodno raziskovalno nagrado Friedrich Wilhelm Bessela, ki jo podeljuje nemška Humboldtova fundacija. J. Mravlje ter L. Vidmar, ki sta doktorirala v programski skupini pa sta prejela nagrado Zlati znak Jožefa Stefana.

Vsled izjemni količini raziskovalnih dosežkov, se bomo pri opisu dosežkov v poročilu omejili le na nekatere najpomembnejše. V teoriji neravnovesnih pojavov v sistemih močno koreliranih elektronov smo nadaljevali raziskave različnih prototipskih modelov, pri čemer je bil poudarek na numerični simulaciji in razumevanju nedopiranih in šibko dopiranih Mottovih izolatorjev. Raziskali smo ultra hitri optični odziv ene vrzeli v antiferomagnetnem ozadju sklopljene z vibracijskimi prostostnimi stopnjami. Določili smo stacionarni tok v primeru konstantnega električnega polja ter relaksacijsko dinamiko v primeru vzbuditve s pulzom. Nadalje smo izračunali relaksacijo nabitega delca v spinskem ozadju. Potrdili smo eksperimentalno hipotezo, da lahko foto-vzbujen nosilec naboja v spinskem ozadju relaksira na časovni skali nekaj femtosekund. Pokazali smo tudi, da v primeru sklopitve delca z mrežnimi ter spinskimi prostostnimi stopnjami relaksacija poteka v različnih stopnjah.

V fermionskih in bozonskih sistemih smo proučevali temeljne lastnosti neravnovesne dinamike v modelih blizu integrabilnosti, tudi v povezavi z eksperimenti z ultrahladnimi atomi na optičnih mrežah. Teoretično smo obravnavali pojav ultrahitre relaksacije in rekombinacije nabitih delcev, fotoinduciranih v nedopiranih izolatorskih kupratih. Predlagali smo teorijo, ki temelji na multimagnonski emisiji in jo podkrepili z numeričnim računom znotraj enopasovnega efektivnega modela, kot tudi z dobrim ujemanjem z merjenimi relaksacijskimi časi. Uvedli smo metodo reducirane gostote matrike za obravnavo termičnih lastnosti izoliranih neravnovesnih koreliranih sistemov in ugotovili odstopanje od standardne porazdelitve lastnih stanj v primeru stalnih zunanjih sil. Rekombinacija nabitih delcev, fotoinduciranih v nedopiranih izolatorskih kupratih, je bila

obravnavana znotraj enopasovnega modela in posplošena na realistični model za kuprate ter izvedena tudi primerjava analitičnih približkov z direktnim - numerično simulacijo rekombinacije. Z metodo gostotnih matrik in časovnega razvoja smo ugotovili, da integrabilni sistemi v primeru končnega začetnega toka nikoli ne ustrezajo posplošeni Gibbsovi porazdelitvi. Obravnavali smo tudi termične in električne tokove ter Peltierjev efekt v enodimenzionalnih koreliranih modelih z induciranim zunanjim poljem.

Pri obravnavi ravnovesnih lastnosti koreliranih elektronov smo izračunali več termodinamskih lastnosti Hubbardovega modela na anizotropni trikotni mreži, ki je primeren za opis faznega diagrama organskih superprevodnikov, ter opazili prehod kovina-izolator. Raziskali smo vpliv različnih polarizacij vibracijskih nihanj na simetrijo vezanega spinskega bipolarona v antiferomagnetnem ozadju. Proučili smo transportne lastnosti dopiranih Mottovih izolatorjev in ugotovili, da obstajajo dokaj dobro definirane enodelčne vzbuditve, podobne kvazidelcem, tudi daleč onkraj režima veljavnosti teorije Fermijeve tekočine. Z metodo dinamičnega povprečnega polja smo določili feromagnetne faze Kondove rešetke in analizirali topološke prehode med njimi. Raziskali smo optični odziv Fermijevih tekočin. Objavili smo pregledni članek s področja vpliva Hundove sklopitve v večorbitalnih kovinah. Pokazali smo tudi, da nečistoče, modelirane preko naključnih izmenjalnih interakcij v kvantnih spinskih verigah, zmanjšujejo magnetni moment v urejeni fazi in temperaturo prehoda v antiferomagnetno stanje. Nadalje smo raziskovali spektre vezanih stanj v bližini magnetnih nečistoč v superprevodnikih. Proučili smo fenomenologijo teh stanj v primeru kvantne pike, sklopljene na en superprevodni priključek in en priključek v normalni fazi v prisotnosti zunanjega magnetnega polja. Ugotovili smo, da obstajajo razsežna območja vrednosti parametrov, v katerih obstaja zaznavna anomalija pri energiji nič, ki se manifestira podobno kot Majoranova vezana stanja. To pomeni, da je potrebna pazljivost pri interpretaciji tunelskih meritev nanožičk na površinah superprevodnikov, saj k podobnim spektrom vodijo zelo različni mehanizmi. Z numeričnimi metodami, ki omogočajo visoko spektralno ločljivost, smo proučevali modele močno koreliranih elektronov ter skušali razumeti merljive podrobnosti. V modelu Kondove rešetke v bližini polovične zapolnitve pasu, ko ima model antiferomagnetno osnovno stanje, smo našli ostre resonance znotraj pasov: te nastanejo zaradi neelastičnega sipanja v vseh primerih, ko ima sistem Neelovo ureditev, ki nastane iz stanja z "veliko Fermijevo površino".

Na področju odprtih mnogodelčnih kvantnih sistemov smo določili matrično produktni nastavek v prvih dveh redih v (šibki) konstanti sklopitve z okolico za neravnovesno stacionarno stanje homogene Heisenbergove XXZ verige spinov $1/2$ s preprostimi Lindbladovimi operatorji, ki delujejo le na konceh verige. Prvi red gostotnega operatorja postane v termodinamski limiti ekzaktan psevdolokalen ohranitveni zakon in nam preko Mazurjeve neenakosti omogoči strog dokaz balističnega transporta, oz. izračun spodnje meje za spinsko Drudejevo utež. Nadalje smo se osredotočili na obravnavo kombinacije unitarne in antiunitarne simetrije kvantne Liouvillove dinamike v kontekstu odprtih kvantnih sistemov, ki implicira D2 simetrijo kompleksnega Liouvillovega spektra. Določili smo točne rešitve neravnovesnih kvantnih "master" enačb močno koreliranih sistemov v eni dimenziji. Odkrili smo nekaj originalnih analitičnih pristopov v smeri razširitve nabora točnih matrično produktnih rešitev neravnovesnih stacionarnih stanj v integrabilnih sistemih. Med drugim smo odkrili točno rešitev degenerirane družine stacionarnih stanj v Lai-Sutherlandovi verigi spinov 1, nadalje smo predlagali neravnovesni matrično produktni nastavek za odprto robno gnano Hubbardovo verigo. Nadalje smo pokazali kako nove ohranitvene zakone v izotropnih modelih, ki so "kvadratično ekstenzivni" lahko uporabimo za strogo oceno (spodnjo mejo) visokotemperaturne difuzijske konstante (za spine ali naboje). Nadalje smo konstruirali kompletno družino kvazilokalnih in točno ohranjenih operatorjev v anizotropni Heisenbergovi verigi spinov $1/2$ (XXZ model) s periodičnimi robnimi pogoji, ki so lihi na obrat spina. Ti operatorji omogočajo točen račun časovnih povprečij lokalnih operatorjev, npr. toka in posledično celotne Drudejeve uteži pri visokih temperaturah in razložijo odstopanje od posplošenega Gibbsovega ansabla za kvantne kvenče ki inducirajo spinski tok.

V okviru tematike teorije nanosistemov smo proučevali manipulacijo spina elektrona v

kvantni piki preko potencialov na elektrodah, ki ustvarijo časovno odvisno lego harmonskega potenciala in spinsko-tirno sklopitev. Izračunali smo spinski Seebeckov koeficient v dvokanalnem Kondovem modelu v magnetnem polju in opazili temperaturni prehod med režimom Fermijeve tekočine ter ne-Fermijeve tekočine. Predstavili smo analizo termalne prepletenosti sistema treh spinov v trikotni geometriji in v prisotnosti zunanega električnega polja in pokazali, da je z vrtenjem polja možno kreirati maksimalno prepleteno stanje. Z metodo gostotnih funkcionalov smo proučevali časovno odvisnost transporta elektronov skozi kvantno piko v režimu Coulombske blokade. Obravnavali smo tudi vrata spinskih kubitov osnovanih na koherentnem časovnem razvoju stanj v kvantnih pikah z Rashbovo sklopitvijo. Dokazali smo, da je na ta način mogoče realizirati kubitna vrata in doseči popolnoma prepletena stanja dveh kubitov na sosednjih kvantnih pikah, v prisotnosti Coulombove interakcije. Izpejali smo tudi točno rešitev za valovno funkcijo elektrona v eno-dimenzionalni gibajoči se kvantni piki v prisotnosti Rashbove sklopitve.

Pri raziskavah statistične fizike kompleksnih sistemov in omrežij smo analizirali empirične podatke in teoretično modeliranje dinamičnih kompleksnih sistemov na medmrežju, ter modelirali nanosisteme s pomočjo matematičnih grafov nanoomrežja. V okviru projekta CYBEREMOTIONS smo proučevali dinamiko čustvenih interakcij na spletu. Teoretične modele smo razvili za določene Web portale. Razvili smo koncept nanoomrežij, kot primerne metode za analizo kompleksnosti na nanoskali. Študirali smo tudi pojav kolektivnih čustvenih obnašanj agentov na spletnih IRC (Internet-Relayed-Chats) kanalih kot dinamični fazni prehod, ki nastaja v odvisnosti od nivoja aktivnosti čustvenega robota. Študije časovnih vrst čustvenega naboja kažejo na perzistentne fluktuacije in korelacije dolgega dosega, ter definirajo parameter reda, podoben magnetizaciji v fizikalnih sistemih vodenih z zunanjo motnjo. Nadalje smo raziskali vplive spletnih robotov na obnašanje uporabnikov pri eksperimentu na IRC klepetalnici. Statistični rezultati kažejo na različne učinke robotov s čustveno pozitivnimi, negativnimi ali neutralnimi sporočili. S pomočjo simulacij v okviru teoretičnega modela interagirajočih agentov, ki smo ga razvili za ta namen, smo pokazali, da se sporočila robotov prenašajo skozi socialno omrežje agentov in pripeljejo do stanja z definiranim kolektivnim nabojem. Analizirali smo topologijo večplastnih omrežij, ki nastajajo v procesu interakcij med uporabniki, agenti in roboti na spletnih portalih. Pokazali smo, da se različne plasti teh omrežij pojavljajo v zvezi z jezikovno vsebino ali emocionalnim nabojem sporočil, ter da opažena "k-core" struktura celotnega omrežja temelji na adheziji različnih plasti. V okviru mikroskopskega modela interagirajočih agentov na družbenem omrežju, ki smo ga razvili v predhodnem obdobju, smo študirali slučajne zunanje vplive ter vpliv koherentnih motenj določene čustvene vsebine na proces prenosa emocij po omrežju. Poleg tega, model omogoča analizo vpliva družbenega okolja na obnašanje posameznega udeleženca, ki se ga da povezovati s podatki o aktivnosti možganov. Te raziskave kažejo na močno neekstenzivnost dinamike čustev na individualni in kolektivni ravni, ki jo lahko kvantitativno opišemo v okviru teorije q-generalizirane entropije.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Realizacija programa je v skladu s plansko predvidenim obsegom in zastavljenimi cilji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Ni sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	2347108	Vir: COBISS.SI

	Naslov		SLO	Odprta XXZ spinska veriga
			ANG	Open XXZ spin chain
	Opis	SLO	Predstavili smo matrično produktni nastavek v prvih dveh redih v (šibki) konstanti sklopitve z okolico za neravnovesno stacionarno stanje homogene Heisenbergove XXZ verige spinov 1/2 s preprostimi Lindbladovimi operatorji ki delujejo le na koncih verige. Prvi red gostotnega operatorja postane v termodinamski limiti ekzakten psedolokalen ohranitveni zakon in nam preko Mazurjeve neenakosti omogoči strog dokaz balističnega transporta, oz. izračun spodnje meje za spinsko Drudejevo utež . Takšna spodnja meja je neničelna fraktalna (nikjer gladka) funkcija parametra anizotropije Delta, za $\Delta < 1$.	
		ANG	An explicit matrix product ansatz is presented, in the first two orders in the (weak) coupling parameter, for the nonequilibrium steady state of the homogeneous, nearest neighbor Heisenberg XXZ spin 1/2 chain driven by Lindblad operators which act only at the edges of the chain. The first order of the density operator becomes in the thermodynamic limit an exact pseudolocal conservation law and yields via the Mazur inequality a rigorous lower bound on the high temperature spin Drude weight. Such a Mazur bound is found to be a nonvanishing fractal (nowhere smooth) function of the anisotropy parameter Delta for $\Delta < 1$.	
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review letters; 2011; Vol. 106, issue 21; str. 217206-1-217206-4; Impact Factor: 7.370;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.404; A': 1;A'': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Prosen Tomaž	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID		2189924	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sklopitev bipolarona v modelu tJ z longitudinalnimi in trasverzalnimi fononi	
		ANG	Bipolaron in the t-J model coupled to longitudinal and transverse quantum lattice vibrations	
	Opis	SLO	Razvili smo učinkovito numerično metodo za opis stanj ene in dveh vrzeli v antiferomagnetnem ozadju ob prisotnosti mrežnih prostostnih stopenj. Raziskali smo vpliv različnih polarizacij kvantnih vibracijskih stanj kisika na prostorsko simetrijo magnetnega bipolarona v t-J modelu. Linearna in kvadratna elektronsko fononska sklopitev na transverzalne vibracijske načine stabilizira d–simetrijo. Magnetno ozadje pomembno vpliva na nastanek d–simetije bipolarona.	
		ANG	We have developed a new, efficient numerical method for solving one and two holes in the antiferromagnetic background. We have explored the influence of two different polarizations of quantum oxygen vibrations on the spacial symmetry of the bound magnetic bipolaron in the context of the t–J model. Electron phonon coupling to transverse polarization stabilizes the bound bipolaron state with the d–wave symmetry. The existence of a magnetic background is essential for the formation of a d–wave bipolaron state.	
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review letters; 2009; Vol. 103; str. 186401-1-186401-4; Impact Factor: 7.328;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.572; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Vidmar Lev, Bonča Janez, Maekawa Sadamichi, Tohyama Takami	
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID		2357860	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Spinski transport v enodimenzionalnem anizotropnem Heisenbergovem modelu	

		ANG	Spin transport in a one-dimensional anisotropic Heisenberg model	
	Opis	SLO	Uporabili smo kombinacijo numeričnih in analitičnih postopkov in klasificirali transport v t.i. XXZ modelu pri poljubni vrednosti anizotropije. Za velike anizotropije smo pokazali, da difuzijska konstanta skalira linearno z inverzno anizotropijo, v izotropni točki pa, da je transport anomalen. To je prvi primer kvantnega anomalnega transporta v koherentnih sistemih.	
		ANG	Using a combination of numerical and analytical methods we have classified transport in the XXZ model for all values of the anisotropy. For large anisotropies the diffusion constant scales inversely with the anisotropy. At the isotropic point an anomalous transport is demonstrated, being a first example of anomalous transport in a coherent quantum model.	
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review letters; 2011; Vol. 106; str. 220601-1-220601-4; Impact Factor: 7.370; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.404; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Žnidarič Marko	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID		26841383	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kako se slabi prevodniki spremenijo v dobre	
		ANG	How bad metals turn good	
	Opis	SLO	Slabe kovine so materiali, katerih upornost ustreza povprečni prosti poti nosilcev naboja, ki je primerljiva z razdaljo med sosednjimi atomi v kristalni mreži. Tako se obnašajo nekateri močno korelirani materiali, denimo dopirani Mottovi izolatorji. Z uporabo metod dinamičnega povprečnega polja smo raziskali dopiran Hubbardov model ter določili spektralne lastnosti v odvisnosti od temperature. Ugotovili smo, da obstajajo trdoživi kvazidelci, ki so dobro definirani tudi nad Fermijevo temperaturo, in ki bistveno prispevajo k transportu v vmesnem temperaturnem področju do Mott-Ioffe-Regelove limite.	
		ANG	Bad metals are materials with resistivity corresponding to the meanfreepath of charge carriers comparable to the nearest neighbour distance in the crystal lattice. Such behavior is found in some correlated materials, for instance in doped Mott insulators. Using the dynamical mean field theory we studied the doped Hubbard model and established the temperature dependence of the spectral properties. We discovered the existence of resilient quasiparticles that remain well defined above the Fermi temperature and dominate the transport in the intermediate regime up to the Mott-Ioffe-Regel regime.	
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review letters; 2013; Vol. 110, no. 8; str. 086401-1-086401-5; Impact Factor: 7.728; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.852; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Deng Xiaoyu, Mravlje Jernej, Žitko Rok, Ferrero Michel, Kotliar Gabriel, Georges Antoine	
5.	COBISS ID		2579044	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ultra hitri odziv gostote naboja v foto vzbujenem Mott Hubbardovem izolatorju	
		ANG	Ultrafast charge recombination in a photoexcited Mott-Hubbard insulator	
			Za opis rekombinacije nabitih delcev, ki so ustvarjeni pri kratkočasovnem optičnem vzbujanju nedopiranih kupratov, smo predlagali mehanizem, ki temelji na pretvorbi njihove energije v energijo spinskih eksitacij. Izračun rekombinacijskih časov, ki je ustrezen za opis efektivno dvodimenzionalnih kupratov, napove pikosekundno dinamiko, opaž eno tudi v eksperimentih. Predpostavka predlaganega mehanizma je, da efektivno pozitivno in	

	Opis	SLO	negativno nabita delca pred rekombinacijo tvori vezan par, t.i. Mott-Hubbardov eksiton. Izkaže se, da je hitrost rekombinacije eksponentno odvisna od razmerja Mott-Hubbardove energijske rež e in energije magnonskih eksitacij. Ključna fizikalna vsebina za izračunano znatno rekombinacijo pa je obdanost eksitona z lokalnimi spinskimi eksitacijami, kot posledica močne sklopitve med nabitimi delci in spinskimi eksitacijami v dvodimenzionalnih sistemih.
		ANG	We present a calculation of the recombination rate of the excited holon-doublon pairs based on the two-dimensional model relevant for undoped cuprates, which shows that fast processes, observed in pump-probe experiments on Mott-Hubbard insulators in the picosecond range, can be explained even quantitatively with the multimagnon emission. The precondition is the existence of the Mott-Hubbard bound exciton of the s-type. We find that its decay is exponentially dependent on the Mott-Hubbard gap and on the magnon energy, with a small prefactor, which can be traced back to strong correlations and consequently large exciton-magnon coupling.
	Objavljeno v		American Physical Society; Physical review letters; 2013; Vol. 111, iss. 1; str. 016401-1-016401-5, [1] f. pril.; Impact Factor: 7.728; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.852; A'': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Lenarčič Zala, Prelovšek Peter
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	24263207	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Fizikalne lastnosti nanosistemov
		ANG	Physical properties of nanosystems
	Opis	SLO	J. Bonča je bil skupaj z dr. S. Kruchininom urednik konferenčnega zbornika pod okriljem zveze NATO, ki je izšel v založbi Springer. V zborniku so zbrana dela udeležencev konference, ki sta jo skupaj z dr. S. Kruchininom organizirala na Yalti leta 2009. V zborniku so zbrani prispevki udeležencev z aktualnih raziskovalnih področij, kot so: nanosistemi, superprevodnost, sistemi izven ravnovesja, kvantna informatika ter kvantna prepletenost.
		ANG	J. Bonča was coeditor of proceedings of the NATO series that was published by Springer. Proceedings contain contributions from participants of the conference that was organised in collaboration with dr. S. Kruchinin in Yalta 2009. Proceedings contain contributions from various contemporary research areas such as: nanosystems, superconductors, systems far from equilibrium, quantum informatics and quantum entanglement.
	Šifra		C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
	Objavljeno v		Springer; NATO Public Diplomacy Division; 2011; 340 str.; Avtorji / Authors: Bonča Janez, Kručinin Sergej
	Tipologija		2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
2.	COBISS ID	2630500	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Neravnovesna dinamika koreliranih elektronskih sistemov - relaksacija po močnem električnem pulzu
		ANG	Non-equilibrium dynamics of correlated electron systems - relaxation after a strong electric pulse

	Opis	SLO	Vabljen predavatelj na Gordon Godfrey Workshop on Spins and Strong Electron Correlations, School of Physics, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 25th-29th November 2013	
		ANG	Invited lecture on Gordon Godfrey Workshop on Spins and Strong Electron Correlations, School of Physics, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 25th-29th November 2013	
	Šifra		B.04	Vabljen predavatelj
	Objavljeno v		2013; Avtorji / Authors: Bonča Janez	
	Tipologija		3.16 Vabljen predavatelj na konferenci brez natisa	
3.	COBISS ID		260924672	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv fononov na fiziko močno koreliranih elektronskih sistemov	
		ANG	Influence of phonons on physics of strongly correlated electron systems	
	Opis	SLO	V doktorskem delu L. Vidmar obravnava vpliv fononov na statične in dinamične lastnosti močno koreliranih elektronskih sistemov. Za svoje doktorsko delo je dr. L. Vidmar prejel nagrado Zlati znak Jožefa Stefana	
		ANG	In his PhD thesis L. Vidmar investigated the influence of phonons on static and dynamic properties of correlated electron systems. For his PhD thesis, Dr. L. Vidmar was a recipient of the Golden emblem award of J. Stefan	
	Šifra		E.01	Domače nagrade
	Objavljeno v		[L. Vidmar]; 2012; XVI, 206 str.; Avtorji / Authors: Vidmar Lev	
	Tipologija		2.08 Doktorska disertacija	
4.	COBISS ID		2162532	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv fononov na transport elektronov v nanoskopskih sistemih	
		ANG	The influence of phonons on electron transport in nanoscopic systems	
	Opis	SLO	V tezi raziskujemo vpliv fononov na transport elektronov v nanoskopskih sistemih. Lastni nihajni načini molekul zmanjšajo učinkoviti odboj, nihanja molekul med kontakti pa vplivajo predvsem na hibridizacijo. Značilne frekvence nihanj se zaradi elektronskofononske sklopitve zmanjšajo, sistem postane zato bolj občutljiv na perturbacije. To lahko pojasni asimetrične konfiguracije molekul opažene v večini eksperimentov. Dr. Mravlje je za svoje doktorsko delo prejel nagrado Zlati znak Jožefa Stefana.	
		ANG	The electronic transport through nanoscopic systems in the Kondo regime is studied. The effects of electron phonon coupling are investigated. For the internal molecular modes the main effect is suppression of local repulsion. For oscillations of molecule between the contacts it is the hybridization which is affected instead. The stability of the two channel Kondo fixed point arising at the critical value of the electron phonon coupling is investigated. For his PhD thesis, Dr. Mravlje was a recipient of the Golden emblem award of J. Stefan	
	Šifra		E.01	Domače nagrade
	Objavljeno v		[J. Mravlje]; 2009; 161 str.; Avtorji / Authors: Mravlje Jernej	
	Tipologija		2.08 Doktorska disertacija	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine^Z

Sodelavci programske skupine za TEORIJO TRDNE SNOVI IN STATISTIČNO FIZIKO smo v zadnjem programskem obdobju raziskovali ravnovesne in neravnovesne lastnosti trdnih snovi z močno koreliranimi elektroni, nanosistemov, ter vedenje kompleksnih sistemov. Objavili smo

preko 226 znanstvenih člankov od teh 37 v elitni reviji Physical Review Letters, večina vseh del, 180, sodi v najvišjo kategorijo A1. Člani programske skupine so bili tudi prejemniki najvišjih priznanj v svojih kategorijah. J. Bonča je leta 2012 prejel Zoisovo nagrado za vrhunske znanstvene dosežke, T. Prosen je v letu 2009 prejel mednarodno raziskovalno nagrado Friedricha Wilhelma Bessela, ki jo podeljuje nemška Humboldtova fundacija. J. Mravlje ter L. Vidmar, ki sta doktorirala v programski skupini, pa sta prejela nagrado Zlati znak Jožefa Stefana. L.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Raziskave s področja teorije močno koreliranih elektronov predstavljajo predvsem modeliranje modelov za opis visokotemperaturnih kupratov in frustriranih spinskih sistemov ter njihovih anomalnih termodinamskih in transportnih lastnosti. Nabor teh snovi je zelo širok, njihov potencialni tehnološki pomen pa izredno velik (visoka temperatura v superprevodno stanje, velika toplotna prevodnost nekaterih električnih izolatorjev). Raziskave iz sklopa teorije nanosistemov so izrednega pomena za razvoj novih nano-naprav, za katere pričakujemo, da bodo imele v tem trenutku nepredvidljive in zagotovo daljnosežne učinke v družbeni sferi (medicina, uprava, promet, gospodinjstva itd.). Enako pomemben in perspektiven je tudi tretji sklop raziskav, ki obsega kvantno računalništvo in informatiko, kjer je razumevanje pojava dekoherence ključnega pomena za učinkovito implementacijo kvantnega računalništva in komunikacijskih protokolov. Izjemno pomembna uporaba odkritij s tega področja se obeta v kriptografiji. Četrty sklop, pomemben tako za tehnološke aplikacije kot za družbeno infrastrukturo, je sklop statistična fizika s tematiko dinamika kompleksnih omrežij in teorija relaksorskih feroelektrikov. Če so slednji zanimivi npr. za načrtovanje novih čipov s feroelektričnim spominom, je razumevanje dinamičnih lastnosti omrežij in razširjanja informacij po mreži ali skupku mrež izredno pomembno v čedalje bolj informatizirani družbi. Zadnji, a zagotovo nič manj pomemben, sklop predstavlja razvoj in uporabo novih numeričnih metod za kvantne sisteme. Načrtovanje in razvoj novih metod sta ključnega pomena za prenekatero področje raziskav. Na tem področju smo v preteklem obdobju že predlagali povsem novo metodo za študij sistemov pri končni temperaturi, razvijamo pa tudi nove.

ANG

In the theory of strongly correlated electrons we mainly address issues related to models related to the phenomenon of high-T_c superconductivity, to frustrated spin systems and to their anomalous thermal and transport properties. The ever growing list of new materials, while tantalizing for materials' physical properties, offers unforeseen opportunities for technological applications in many areas of human activity (e.g., high transition temperature to superconducting state, anomalously large thermal conduction of certain low-dimensional insulating spin systems etc.). The theoretical investigations in the field of nanosystems are of great importance for the understanding and development of new nano-devices and their potential application in e.g., medicine, public administration and affairs, households, etc.. Equally important is the subject of our third research topic, the quantum computing and informatics, where a thorough understanding of decoherence effects is instrumental to an effective implementation of quantum computation algorithms and communication protocols. This subject is of great importance for the field of cryptography. The fourth topic originates from the more general field of statistical mechanics and is devoted to the study of the complex dynamical systems and networks, a topic with potentially large impact in a vast area of socio-economic infrastructure, and to relaxor ferroelectrics, materials exhibiting properties of great interest for applications. Last, but not least, efforts will be devoted to the development and application of novel numerical methods for quantum systems. As already noted, we have been able to develop such a method in the past and aim to upgrade the method and invent new ones.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Ocenjujemo, da je naša dejavnost pomembna za družbeno-ekonomski ter kulturni razvoj

Slovenije z več vidikov. Uspešno vključevanje v probleme na fronti raziskav s področja fizike trdne snovi in statistične fizike zagotavlja učinkovit stik z drugimi raziskovalnimi skupinami doma in po svetu, s čimer se neposredno povečuje tudi domača zakladnica znanja, bogati jezik z vpeljavo novih terminov v slovenski jezik (diplome in doktorati, poljudnoznanstveni članki) in posredno omogoča prenos novih tehnologij v domače okolje. Organizacija mednarodnih konferenc ter sodelovanje na mednarodnih konferencah v obliki plenarnih vabljenih predavanj in obiski na povabilo na tujih ustanovah, objava v uglednih in prestižnih znanstvenih revijah, citiranost v preglednih člankih in monografijah, sodelovanje v mednarodnih evalvacijskih komisijah – vse to prispeva k razpoznavnosti Slovenije kot moderne evropske države z razvito znanstveno-tehnološko bazo. S tem bistveno prispevamo k utrjevanju nacionalne identitete. Za konec želimo poudariti še dva pomembna "spin-off" segmenta naše dejavnosti: izobraževanje skozi aktivno udeležbo v pedagoških procesih na Univerzi v Ljubljani, Mariboru ter na Podiplomski šoli instituta Jožef Stefan, vzgojo mladih raziskovalcev, ter vzdrževanje kvalitetne raziskovalne baze, ki je predpogoj za doseganje visoke dodane vrednosti vseh domačih raziskovalno-razvojnih dosežkov in produktov v globalizirani svetovni ekonomiji.

ANG

We are confident that our community as a whole benefits from our research efforts – which we strive to keep on an as high level as possible – for several reasons. While keeping pace with research at the forefront of the many topics in statistical physics and physics of the solid state, we are able to competitively interact with research groups worldwide, thus providing direct means for the enrichment of national scientific and cultural heritage. Organization of international conferences, citations of our work in review articles, publication of our research results in renowned journals, membership in international boards, joint EU projects and bilateral projects worldwide, all these contribute to the recognition of Slovenia as a modern European country with a well developed scientific and technological basis. Our achievements contribute also to our self awareness and confidence as a small nation amid the global community. We would like to underscore two more spin-off segments of our research activity for the nationwide benefit: the education of students and young researchers through the constant involvement in teaching processes at the Universities of Ljubljana and Maribor and at the J. Stefan International Postgraduate School. Another segment is maintenance of high-level research conditions, being a sine-qua-non for achieving a high added value to our domestic "products", either intellectual or material, in the world of global economy.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	2
bolonjski program - II. stopnja	4
univerzitetni (stari) program	10

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
30868	Tilen Čadež	☐	☒	☒	
29545	Lev Vidmar	☐	☒	☒	
30657	Bojan Žunkovič	☐	☒	☐	
29745	Gregor Trefalt	☐	☒	☐	
31488	Marija Mitrović	☐	☒	☐	
26458	Jure Kokalj	☐	☒	☒	
26578	Iztok Pižorn	☐	☒	☐	

25625	Jernej Mravlje	☐	☒	☒	
33219	Jacek Wojciech Herbrych	☐	☒	☐	
36364	Boštjan Mavrič	☒	☐	☐	
33317	Denis Golež	☐	☒	☒	
0	Simon Jesenko	☐	☒	☐	
33106	Enej Ilievski	☐	☒	☐	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
30868	Tilen Čadež	☐	☒	E - Tujina	
29545	Lev Vidmar	☐	☒	E - Tujina	
30657	Bojan Žunkovič	☐	☒	E - Tujina	
29745	Gregor Trefalt	☐	☒	E - Tujina	
31488	Marija Mitrović	☐	☒	E - Tujina	
26458	Jure Kokalj	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
26578	Iztok Pižorn	☐	☒	E - Tujina	
25625	Jernej Mravlje	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
33219	Jacek Wojciech Herbrych	☐	☒	E - Tujina	
36364	Boštjan Mavrič	☒	☐	A - raziskovalni zavodi	
33317	Denis Golež	☐	☒	E - Tujina	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

A - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja**B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine**C** - študent – doktorand iz tujine**D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

- prof. dr. Raša Pirc: MULTICERAL Multifunkcionalne keramične tanke plasti z visoko elektromagnetno elastično sklopitvijo v zapletenih geometrijah
- prof. dr. Peter Prelovšek: NOVIMAG 032980 Novi magnetni načini transporta toplote v mikroelektroniki
- prof. dr. Peter Prelovšek: LOTHERM Nizkodimenzionalni kvantni magneti za toplotne procese
- prof. dr. Peter Prelovšek: COST P16 Novi pojavi v korelirani snovi
- prof. dr. Bosiljka Tadić: CYBEREMOTIONS Kolektivne emocije v cyberprostoru
- prof. dr. Bosiljka Tadić: COST MP0801 Fizika konkurenčnosti in konfliktov
- prof. dr. Tomaž Prosen: COST Action MP1006 Fundamentalni problemi v kvantni fiziki

- prof. dr. Janez Bonča: BIUA/0910009 Elektronski transport v nanosistemi
- prof. dr. Janez Bonča: BIUS/0810002 Nova stanja sistemov koreliranih elektronov
- prof. dr. Peter Prelovšek: BIJP/0810002 Računski pristop k dopiranim izolatorjem tipa Mott Hubbard
- prof. dr. Janez Bonča: BIJP/1113003 Teoretične raziskave dinamičnih lastnosti koreliranih elektronskih sistemov
- prof. dr. Janez Bonča: BIUS/1314021: Relaksacijska dinamika sistemov koreliranih elektronov

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

REIMEI, Japan Atomic Energy Agency" (JAEA): Teoretične raziskave materialov v spintroniki in dinamika magnetnih nanostruktur.
Nosilec: J. Bonča

CINT user: Two-stage Dynamics of the Spin-Lattice Polaron Formation, Center for Integrated Nanotechnologies, a U.S. Department of Energy, Office of Basic Energy Sciences user facility.
Nosilec: J. Bonča

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Raziskave s področja teorije močno koreliranih elektronov predstavljajo predvsem modeliranje modelov za opis visokotemperaturnih kupratov in frustriranih spinskih sistemov ter njihovih anomalnih termodinamskih in transportnih lastnosti. Nabor teh snovi je zelo širok, njihov potencialni tehnološki pomen pa izredno velik (visoka temperatura v superprevodno stanje, velika toplotna prevodnost nekaterih električnih izolatorjev). Raziskave iz sklopa teorije nanosistemov so izrednega pomena za razvoj novih nanonaprav, za katere pričakujemo, da bodo imele v tem trenutku nepredvidljive in zagotovo daljnosežne učinke v družbeni sferi (medicina, uprava, promet, gospodinjstva itd.). Enako pomemben in perspektiven je tudi tretji sklop raziskav, ki obsega kvantno računalništvo in informatiko, kjer je razumevanje pojava dekoherence ključnega pomena za učinkovito implementacijo kvantnega računalništva in komunikacijskih protokolov. Izjemno pomembna uporaba odkritij s tega področja se obeta v kriptografiji. Četrty sklop, pomemben tako za tehnološke aplikacije kot za družbeno infrastrukturo, je sklop statistična fizika s tematiko dinamika kompleksnih omrežij in teorija relaksorskih feroelektrikov. Če so slednji zanimivi npr. za načrtovanje novih čipov s feroelektričnim spominom, je razumevanje dinamičnih lastnosti omrežij in razširjanja informacij po mreži ali skupku mrež izredno pomembno v čedalje bolj informatizirani družbi. Zadnji, a

zagotovo nič manj pomemben, sklop predstavlja razvoj in uporabo novih numeričnih metod za kvantne sisteme. Načrtovanje in razvoj novih metod sta ključnega pomena za prenekatero področje raziskav. Na tem področju smo v preteklem obdobju že predlagali povsem novo metodo za študij sistemov pri končni temperaturi, razvijamo pa tudi nove.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☐ DA ☒ NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Diapozitiv v priponki avtor: Marko Žnidarič

Iz makroskopskega sveta smo vajeni, da toplota vedno teče iz toplejšega proti hladnejšemu koncu. Podobno je tudi z električnim tokom, ki teče od mesta z višjim potencialom, proti tistemu z nižjim. V majhnih sistemih pa je drugače: fluktuacije so velike, tako da lahko za kratek čas tok teče tudi v nasprotni smeri od običajne. Kako pogosto se to zgodi, nam pove funkcija velikih odklonov. Izračun te funkcije je za sisteme večih delcev zelo zapleten, posebej še, če gre za kvantne delce. V omenjenem delu smo kot prvi eksaktno izračunali verjetnost za fluktuacije toka v kvantnem sistemu večih delcev. Delci so neinteragirajoči, prvi in zadnji pa sta sklopljena z rezervoarjem, kar poganja tok. Fluktuacije so nezvezna funkcija parametrov, poleg tega pa obstaja tudi zgornja meja za tok. Če želimo skozi verigo pognati preveč elektronov, pride do nekakšnega kvantnega zastoja, podobno kot na avtocesti, in toka ne moremo povečati čez kritično mejo.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Institut "Jožef Stefan"

Janez Bonča

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	10.3.2015
-----------	-----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/122

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij

oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

08-BE-2D-ED-C1-00-0E-7F-C0-90-90-23-A0-7C-D1-8E-22-A9-90-19

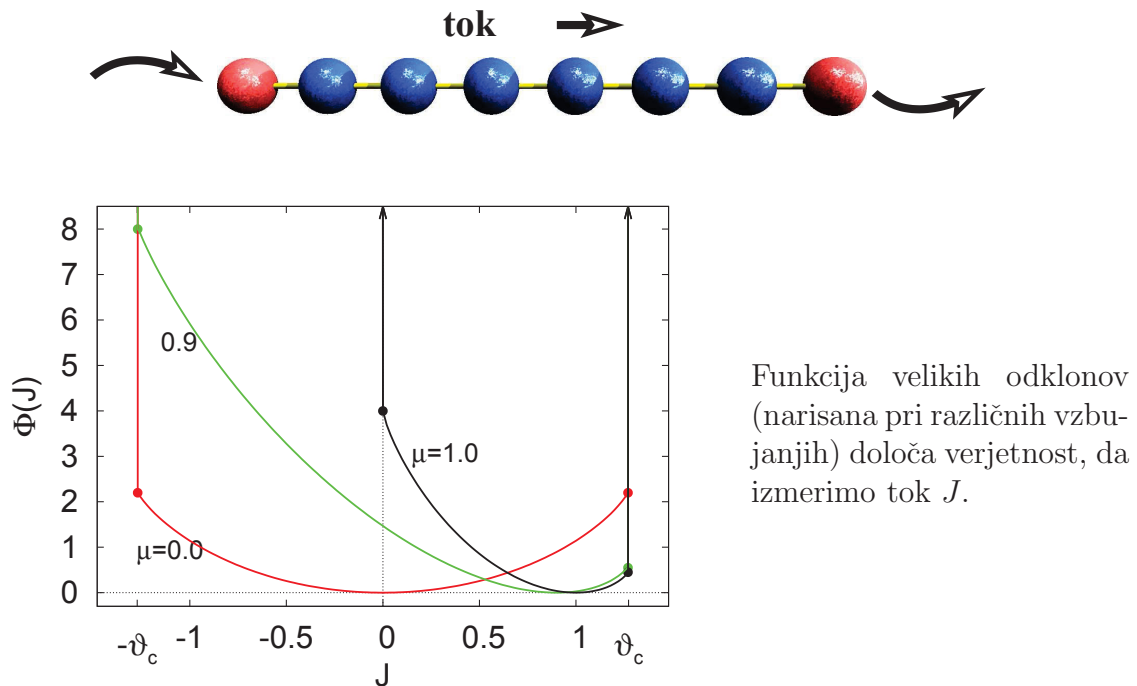
Priloga 1

NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKA

Področje: 1.02 – Fizika

Dosežek: Fluktuacije prevodnosti v kvantnih sistemih

Vir: Žnidarič Marko. Exact large-deviation statistics for a nonequilibrium quantum spin chain. Phys. Rev. Lett. **112**, 040602 (2014) [COBISS.SI-ID 2643044].



Iz makroskopskega sveta smo vajeni, da toplota vedno teče iz toplejšega proti hladnejšemu koncu, kot nas uči termodinamika. Podobno je tudi z električnim tokom, ki teče od pola z višjim potencialom, proti tistemu z nižjim. V majhnih sistemih pa je drugače: fluktuacije so velike, tako da lahko za kratek čas tok teče tudi v nasprotni smeri od običajne. Kako pogosto se to zgodi, nam pove funkcija velikih odklonov $\Phi(J)$. Izračun te funkcije je za sisteme večih delcev zelo zapleten, posebej še, če gre za kvantne delce. V omenjenem delu smo kot prvi eksaktno izračunali verjetnost za fluktuacije toka v kvantnem sistemu večih delcev. Sistem je preprost – delci so neinteragirajoči, prvi in zadnji pa sta sklopljena z rezervoarjem, kar poganja tok – kljub temu pa je fizika zelo bogata. Fluktuacije so nezvezna funkcija parametrov, poleg tega pa obstaja tudi zgornja meja za tok. Če želimo skozi verigo pognati preveč elektronov, pride do nekakšnega kvantnega zastoja, podobno kot na avtocesti, in toka ne moremo povečati čez mejo ϑ_c .