

**Peti znanstveni sastanak
Hrvatskog fizikalnog društva**

5-8. listopada 2007.
Fizički odsjek, PMF, Zagreb

KNJIGA SAŽETAKA

Sponzori:

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti

Fizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb

Institut za fiziku, Zagreb

Zavod za eksperimentalnu fiziku, Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Zavod za fiziku materijala, Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Zavod za teorijsku fiziku, Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Organizacijski odbor:

Antonije Dulčić (PMF, Zagreb)
Zvonko Glumac (Odsjek za fiziku, Osijek)
Nikola Godinović (FESB, Split)
Larisa Jonke (IRB, Zagreb)
Ognjen Milat (IF, Zagreb)
Matko Milin (PMF, Zagreb)
Mirko Planinić (PMF, Zagreb)
Zvezdana Roller-Lutz (MEDRI, Rijeka)
Marko Sever (Studentska sekcija HFD-a)
Hrvoje Skenderović (IF, Zagreb)
Selma Supek (PMF, Zagreb)

Skup je sufinanciran sredstvima Ministarstva znanosti, obrazovanja
i športa Republike Hrvatske

ISBN: 978-953-7178-10-9

Dizajn korica: Vlasta Horvatić

Slog: MySQL + Python + L^AT_EX + 12 pt Computer Modern font

Sadržaj

Program skupa	iv
Popis postera	ix
Sažeci	1
Indeks svih autora	151
Popis sudionika	161

Program skupa

Prvi dan — petak 5. listopada

14:00		Otvaranje	
	<u>Predsjedat: D. JURETIĆ</u>		
14:15	Slaven Barišić	<i>Visokotemperaturna supravodljivost od svojih početaka do danas</i>	1
15:00	Bojan Vršnak	<i>Eruptivni procesi u Sunčevoj atmosferi</i>	2
15:20	Slobodan Brant	<i>Znaju li atomske jezgre što je lijevo a što desno</i>	3
15:40	Srećko Kilić	<i>Helijeve molekule</i>	4
16:00		Stanka	
	<u>Predsjedat: I. PICEK</u>		
16:30	Daniel Denegri	<i>LHC projekt, završne pripreme i očekivani prvi fizikalni rezultati</i>	5
17:15	Milko Jakšić	<i>Stvaranje i analiza nanostrukture ionskim snopovima</i>	6
17:35		Prikazivanje postera - I dio	

Drugi dan — subota 6. listopada

	<u>Predsjedat: M. KRČMAR</u>		
09:00	Krešo Pavlovski	<i>Otvorena pitanja strukture i evolucije zvijezda</i>	7
09:45	Biljana Lakić , Raul Horvat, Milica Krčmar	<i>Aksioni i velike ekstra dimenzije</i>	8
10:05	Hrvoje Buljan , Robert Pezer	<i>Kvantna dinamika Tonks-Girardeau plina</i>	9
10:25		Stanka	
	<u>Predsjedat: S. PALLUA</u>		
10:55	Neven Bilić	<i>Kvantna dinamika Tonks-Girardeau plina</i>	10
11:40	Petar Pervan	<i>Fotoemisijnskom spektroskopijom do elektron-fonon vezanja</i>	11
12:00	Daniel Ferenc , Dario Hrupec	<i>Visokenergijska astrofizika - najnoviji rezultati gama opservatorija MAGIC</i>	12
12:20	Branko Pivac	<i>Što donose nanostrukture u poluvodičkim sklopovima</i>	13
12:40	Tome Antičić	<i>Potruga za kvarkovsko gluonskom plazmom</i>	14
13:00		Ručak	
	<u>Predsjedat: J. PLANINIĆ</u>		
14:30	Dijana Dominis Prester	<i>Potruga za ekstrazolarnim planetima</i>	15
15:15	Ž. Antunović, V. Brigljević, N. Godinović, K. Kadija, S. Morović, S. Pintarić, M. Planinić, D. Polić, Ivica Puljak	<i>Potencijal CMS detektora za pronalazak Higgsovog bozona</i>	16
15:35	Tomislav Živković	<i>Točan opis otvorenih kvantnih sustava</i>	17
15:55	Ivan-Krešimir Furić	<i>Strani B mezoni na Tevatronu</i>	18
16:15		Stanka	
	<u>Predsjedat: R. ČAPLAR</u>		
16:45	Tomislav Prokopec	<i>Pregled bariogeneze</i>	19
17:30		Prikazivanje postera - II dio	

Treći dan — nedjelja 7. listopada

	<u>Predsjedat: A. TONEJC</u>		
09:00	Silvia Tomić	<i>Kompleksna i nelinearna dinamika uređenih struktura naboja i spina</i>	20
09:45	Nils Paar , Tamara Nikšić, Tomislav Marketin, Peter Ring, Dario Vretenar	<i>Egzotične nuklearne rezonancije i procesi od značaja za astrofiziku</i>	21
10:05		Stanka	
	<u>Predsjedat: G. PICHLER</u>		
10:35	Ticijana Ban	<i>Femtosekundni laseri: preciznost u vremenu i frekvenciji</i>	22
11:20		Okrugli stol o razvojnim planovima fizike u Hrvatskoj <i>Uvodna izlaganja za raspravu: A. Bjeliš, M. Dželalija, Z. Lenac, B. Vuković, D. Denegri</i>	
12:40	Hrvoje Meštrić	<i>Programi Fonda "Jedinstvo uz pomoć znanja" - financijska potpora za mlade znanstvenike</i>	
13:00		Ručak	
14:00		Izlet	
19:00		Konferencijska večera <i>B. Guberina: obraćanje sudionicima nakon večere</i>	

Četvrti dan — ponedjeljak 8. listopada

	<u>Predsjedatelj: D. KOTNIK-KARUZA</u>		
09:00	Zoran Basrak	<i>Fuzija atomskih jezgara</i>	23
09:45	Dubravko Horvat , Saša Ilijić, Anja Marunović	<i>Gravastar protiv crne rupe</i>	24
10:05	Miroslav Požek , Antonije Dulčić, Ivan Kupčić, Amir Hamzić, Dalibor Paar, Mario Basletić, Emil Tafra, Grant V. M. Williams	<i>Kolosalni magnetootpor čak i u supravodljivim rutenat-kupratima</i>	25
10:25		Stanka	
	<u>Predsjedatelj: V. LOPAC</u>		
10:55	Blaženka Melić	<i>B fizika i CP narušenje na LHC-u</i>	26
11:15	Darko Androić	<i>Elektroprodukcija hiperjezgara</i>	27
11:35	Iva Tolić-Norrelykke	<i>Kako mikrotubuli organiziraju stanični prostor</i>	28
11:55	Antonio Šiber	<i>Uloga elektrostatskih interakcija u sastavljanju RNA virusa</i>	29
12:40	Đuro Miljanić	<i>Osvrt na konferenciju</i>	
12:55		Zatvaranje	
13:00		Ručak	

Popis postera

- PREMA REDOSLIJEDU PRIJAVA -

Zvonko Glumac , Katarina Uzelać	<i>Kratkovremenska dinamika u Pottsovom modelu s dugodosežnim međudjelovanjem</i>	30
Ognjen Milat	<i>Istraživanje kristalne strukture u direktnom i recipročnom prostoru</i>	31
Tomislav Ivek , Tomislav Vuletić, Bojana Korin-Hamzić, Silvia Tomić	<i>Anizotropna dc i niskofrekventna vodljivost poddopiranih $(La, Y)_y(Sr, Ca)_{14-y}Cu_{24}O_{41}$</i>	32
Mihael Grbić , Dragan Janjušević, Miroslav Požek, Antonije Dulčić, Thomas Wagner	<i>Mikrovalna ispitivanja tankih filmova niobija</i>	33
Emil Tafra , Bojana Korin-Hamzić, Mario Basletić, Amir Hamzić, Martin Dressel	<i>Hallov efekt kvazi-jednodimenzionalnih kuprata</i>	34
Mario Basletić , Emil Tafra, Amir Hamzić, Herranz Gervasi, Anatol Khodan, Manuel Bibes, Cecile Carretero, Eric Jacquet, Karim Bouzehouane, Agnes Barthelemy	<i>Porijeklo velike pokretljivosti u LAO/STO višeslojnim strukturama</i>	35
Antun Rubčić , Jasna Rubčić, Vladimir Paar	<i>Kvantizacija temperatura taljenja jednostavnijih organskih spojeva sličnih kemijskih struktura</i>	36
Ana Sušac , Selma Supek	<i>MEG istraživanje dinamike procesiranja lica</i>	37
Krešimir Salamon , Ognjen Milat, Maja Buljan, Uroš Desnica, Nikola Radić	<i>Istraživanje strukture i morfologije tankih filmova površinski osjetljivim rendgenskim tehnikama</i>	38
Damir Pajić , Krešo Zadro, Nikolina Novosel	<i>Klasična i kvantna magnetska relaksacija u nanomagnetima</i>	39
Anđelka M. Tonejc , Mile Ivanda, Antun Tonejc	<i>Istraživanje CdS_xSe_{1-x} nanočestica u amorfnoj matrici elektronskom mikroskopijom i difrakcijom</i>	40
Nikolina Novosel , Damir Pajić, Krešo Zadro	<i>Magnetska svojstva heterometalnog $(Cu^{II}$ i $Cr^{III})$ kompleksnog spoja</i>	41
Nikola Radić , M. Ristić, R. Grötzschel, Ž. Skoko	<i>Fazni dijagram Ag-W binarnog sistema</i>	42
Mile Ivanda , H. Gebavi, D. Ristić, K. Furić, S. Musić, M. Ristić, S. Zonja, P. Biljanović	<i>Depozicija tankih filmova silicija i silicijevog oksida metodom LPCVD</i>	43
Vladimir Paar , Nenad Pavin, Marija Rosandić, Ivan Basar, Matko Glunčić	<i>Aproksimativne genomske periodičnosti i superperiodičnosti</i>	44

Davor Ristić , Mile Ivanda, Krešimir Furčić	<i>Ramanovo raspršenje na kvadrupolarnim vibracijskim modovima sfernih nanočestica</i>	45
Miroslav Očko , K. Zadro, Dj. Drobac, V. Bermanec, I. Aviani, Ž. Šimek, E.D. Bauer, D. Mixon, J.L. Sarrao	<i>Kondo feromagnet CePt</i>	46
Dario Hrupec , Daniel Ferenc	<i>Korelacija optičkog, rendgenskog i gama-zračenja iz blazara</i>	47
Goran Pichler	<i>Primjena femtosekundnih lasera na izvore svjetlosti</i>	48
Vesna Mikšić-Trontl , Ivo Pletikosić, Petar Pervan, Milorad Milun	<i>Ultratanki slojevi srebra na (111) površini nikla</i>	49
Saša Blagus , Mladen Bogovac, Mladen Koncul, Kasim Kovačević, Krešimir Kvastek, Đuro Miljanić, Andrea Mogaš-Milanković, Karlo Nađ, Ana Šantić	<i>Piroelektrični akcelerator</i>	50
Ines Krajcar Bronić	<i>Srednja energija stvaranja ionskoga para za čestice i plinove koji se koriste u radioterapiji</i>	51
Mario Novak , M. Baćani, D. Babić, I. Kokanović	<i>Utjecaj strukturalnog nereda na vodljivost dopiranog polianilina</i>	52
Denis Stanić , Ante Bilušić, Igor Smiljanić, Neven Barišić, Željko Bihar, Jagoda Lukatela, Jovica Ivkov, Boran Leontić, Ana Smontara	<i>Niskotemperaturna transportna svojstva kompleksnih metalnih spojeva</i>	53
Marin-Slobodan Tomaš	<i>Pojačana van der Wallsova interakcija blizu granice između dva medija</i>	54
Igor Smiljanić , Neven Barišić, Ana Smontara, Helmut Berger, László Forró	<i>Transportna svojstva $Co_{1/3}NbS_2$ pod visokim tlakom</i>	55
Sanja Tomić	<i>Proučavanje međudjelovanja proteina korištenjem računala</i>	56
Mladen Movre , Robert Beuc, Berislav Horvatić	<i>Apsorpcijske vrpce RbCs molekule na površini hladne helijeve kapljice</i>	57
Sanja Dolanski Babić , Tomislav Vuletić, Tomislav Ivek, Sanja Krča, Silvia Tomić, Lorena Griparić, Rudi Podgornik	<i>Dielektrična svojstva vodenih otopina genomske DNA</i>	58
Nikola Poljak , Mirko Planinić	<i>Mjerenje jednostruke spinske asimetrije STAR detektorom</i>	59
Vesna Mikuta-Martiniš	<i>Korelaciona analiza kronobioloških oscilacija u humanoj populaciji</i>	60
Vjera Lopac , Nenad Pavin, Danko Radić	<i>Kaotična svojstva optičkih mikrorezonatora oblika eliptičnog stadiona</i>	61
Ivan Kupčić , Slaven Barišić	<i>Anomalije u elektronskom ramanskom raspršenju na visokotemperaturnim supravodičima</i>	62
Domagoj Kuić , Paško Županović	<i>Relaksacija mehaničkog sustava slabo vezanih oscilatora</i>	63

Anja Marunović , Ivo Batistić, Eduard Tutiš	<i>Tuneliranje i polaronska stanja na metal-molekula-metal spoju</i>	64
Tihomir Surić , Dario Hrupec, Zoran Kaliman, Krunoslav Pisk	<i>Foton-atom interakcija i korelacije</i>	65
Željka Mioković , Damir Veža	<i>Spektroskopska dijagnostika metal-halogenih izboja u mješavinama para alkalija i rijetkih zemalja</i>	66
Vladimir Dananić , Iva Movre Šapić	<i>DFT proračun nekih silokanskih struktura</i>	67
Iva Movre Šapić , Lahorija Bistričić, Vesna Volovšek, Vladimir Dananić	<i>Konformacijska stabilnost i vibracije glicidoksipropiltrimetoksisilana</i>	68
Lahorija Bistričić , Vesna Volovšek	<i>Struktura aminopropilsiloksana nastalog polimerizacijom u električnom polju</i>	69
Vanja Radolić , Branko Vuković, Denis Stanić, Igor Lukačević, Igor Miklavčić, Marina Poje, Maja Varga, Josip Planinić	<i>Izrada radonskog zemljovida za Republiku Hrvatsku</i>	70
Vesna Volovšek , Krešimir Furić, Lahorija Bistričić, Mirela Leskovic	<i>Mikro Raman spektroskopija silicijevih nanočestica modificiranih aminopropiltri-etoksisilanom</i>	71
Krešimir Pavlovski, Ettore Tamajo	<i>Renormalizacija individualnih spektara spektroskopske i interferometrijske dvojne zvijezde Atlas u Plejadama</i>	72
Maja Balarin , Ozren Gamulin, Marin Kosović, Mile Ivanda, Mira Ristić, Svetozar Musić, Krešimir Furić	<i>Istraživanje strukturnih i optičkih svojstava poroznog silicija</i>	73
Branko Vuković , Vanja Radolić, Igor Miklavčić, Marina Poje, Maja Varga, Josip Planinić	<i>Kozmička doza zračenja u zrakoplovu - neutronske detektor</i>	74
Dubravka Krilov , Maja Balarin, Jasminka Brnjas-Kraljević	<i>Djelovanje vanjskih čimbenika na lipoproteine - spektroskopska istraživanja</i>	75
Marija Majer , Matko Milin	<i>Nuklearne reakcije izazvane radioaktivnim snopom ^6He na meti ^9Be</i>	76
Jasmina Magdalenić , Bojan Vršnak, Paolo Zlobec	<i>Milisekundne provale Sunčevog radiovalnog zračenja</i>	77
Nikola Biliškov , Goran Baranović	<i>Mjerenje optičkih konstanti tekućina u srednjem infracrvenom području</i>	78
Gordana Žauhar , Srećko Valić, Goran Baranović	<i>Proučavanje svojstava kaučuka primjenom polarizacijske IR-spektroskopije</i>	79
Andrica Lekić , Srećko Valić, A.P. Meera, Sabu Thomas	<i>ESR istraživanje prirodne gume punjene nanočesticama silicijevog(IV)-oksida</i>	80
Zvezdana Roller-Lutz , Magda Mandić, Diana Bojić, Hans O. Lutz	<i>SILab - laboratorij za masenu spektroskopiju stabilnih izotopa</i>	81
Selim Pašić, Ksenofont Ilakovac	<i>Istraživanje Comptonovog raspršenja</i>	82

Luka Mandić , Stjepko Fazinić, Milko Jakšić, Julijan Dobrinić	<i>Analiza kemijskog stanja 3d elemenata pomoću HR-PIXE spektroskopije Kβ vrpce x-zračenja</i>	83
Tomislav Jurkić , Dubravka Kotnik-Karuza	<i>Cirkumstelarna prašina oko simbiotskih Mira</i>	84
Krešimir Jakovčić , M. Krčmar, B. Lakić, A. Ljubičić	<i>Potruga za 14.4 keV aksionima pomoću CERN teleskopa za Sunčeve aksione</i>	85
Milica Krčmar , K. Jakovčić, B. Lakić, A. Ljubičić	<i>Eksperiment CAST</i>	86
Antonio Šiber, Zlatko Vučić	<i>Modelno istraživanje lokalne supersaturacije kontinuirano rastućeg kristala</i>	87
Davorin Lovrić , Zlatko Vučić, Jadranko Gladić	<i>Odnos površine kristala i lokalne supersaturacije tijekom rasta sfernih kristala bakar selenida</i>	88
Jadranko Gladić , Zlatko Vučić, Davorin Lovrić	<i>Mjerenje rasta faceta (111) laserskom interferometrijom tijekom rasta monokristala Cu_{2-x}Se gotovo ravnotežnog oblika</i>	89
Tomislav Žic , Bojan Vršnak, Manuela Temmer	<i>Nastanak i širenje MHD udarnih valova u Sunčevoj koroni</i>	90
Ivica Prlić , Zlatko Vučić	<i>Novi osobni dozimetar za novi koncept zaštite od zračenja</i>	91
Tomislav Meštrović , Ivica Prlić, Marija Surić Mihić	<i>Istraživanje ozračenja radnih mjesta uz uređaj za rendgensku kontrolu prtljage u zračnim lukama</i>	92
Marija Surić Mihić , Ivica Prlić, Tomislav Meštrović	<i>Vremenski razlučiva osobna dozimetrija liječnika tijekom radiološke intervencije</i>	93
Ivana Bešlić , Leandra Vranješ Markić, Jordi Boronat	<i>Mali čisti i miješani klasteri spin-polariziranog tricija</i>	94
Dubravka Kotnik-Karuza	<i>Dijagnostika i fizička svojstva cirkumstelarne tvari</i>	95
Mariza Sarta Deković , Dijana Dominis Prester, Tomislav Jurkić, Dubravka Kotnik-Karuza	<i>Utjecaj makroturbulencije i rotacije na širenje linija u UV spektrima galaktičkih B-superdivova</i>	96
Aleksandra Turković , Mladen Pavlović, Pavo Dubček, Magdy Lučić-Lavčević, Božidar Etlinger, Sigrid Bernstorff	<i>SAXS/DSC istraživanja Zn²⁺ ion vodljivog polimernog elektrolita</i>	97
Davor Gracin , Krunoslav Juraić	<i>Svojstva nano-kristaliničnog silicija i mogućnost korištenja za fotonaponsku konverziju</i>	98
Ivo Pletikosić , V. Mikšić Trontl, M. Milun, P. Pervan	<i>Elektron-fonon vezanje u jednoatomskim slojevima srebra</i>	99
Marko Kralj , Conrad Becker, Klaus Wandelt, Nicola Seriani, Georg Kresse	<i>Katalizator na atomskoj skali: primjer (110) površine paladija</i>	100

Nedeljko Zorić , Ana Šantić, Vesna Ličina, Davor Gracin	<i>Karakterizacija tankoslojnih solarnih ćelija pomoću Impedancijske Spektroskopije (IS)</i>	101
Krunoslav Juraić , Davor Gracin, Pavo Dubček, Andreja Gajović, Miran Čeh, Sigrid Bernstorff	<i>GISAXS analiza tankih filmova amorfno<i>g</i> i nanokristaliničnog silicija</i>	102
Tihomir Car , Nikola Radić, Jovica Ivkov, Anton Tonejc	<i>Relaksacija Al-(Nb, Mo, Ta, W) amorfnih tankih filmova</i>	103
Davor Kirin , Igor Lukačević	<i>Proučavanje stabilnosti faza II-VI grupe poluvodiča na visokim tlakovima ab initio metodom</i>	104
Dijana Žilić , Boris Rakvin, Marijana Juric	<i>Elektronska paramagnetska rezonancija monokristala [Co(bpy)₃]₂[NbO(C₂O₄)₃]Cl·2H₂O</i>	105
Bono Lučić , Jadranko Batista, Davor Juretić	<i>Poboljšanje modela za predviđanje kristalizacije proteina</i>	106
Dalibor Merunka , Boris Rakvin	<i>Kvantni efekti u feroelektricima s vodikovim vezama</i>	107
Marko Jerčinović , Emil Babić	<i>Pojačanje zapinjanja magnetskih vrtloga u supravodiču MgB₂ dopiranom ugljikovim nanocjevčicama</i>	108
Maja Planinić, Lana Ivanjek , Ana Sušac, Planinka Pečina, Rudolf Krsnik, Mirko Planinić, Željko Jakopović, Vlado Halusek	<i>Konceptualno razumijevanje mehanike kod hrvatskih gimnazijskih maturanata</i>	109
Nadica Maltar-Strmečki , Boris Rakvin	<i>Istraživanje hiperfinog cijepanja ¹⁴N na SAR2 centru u ozračenom L-alaninu pomoću pulsne EPR tehnika</i>	110
Berislav Horvatić , Robert Beuc, Mladen Movre	<i>Apsorpcijske vrpce RbCs molekula u gustoj pari</i>	111
Josip Brana , Ivana Ivković, Vladimir Buljan	<i>Kinetički model mikrotubula</i>	112
Ramir Ristić , Mirko Stubičar, Emil Babić	<i>Veza između mehaničkih, termičkih i elektroničkih svojstava u Zr-Ni, Cu amorfnim slitinama</i>	113
Emil Babić , Ivica Kušević, Ozren Husnjak	<i>Poboljšanje elektromagnetskih svojstava MgB₂ dopiranjem nanočesticama</i>	114
Zoran Kaliman , Krunoslav Pisk	<i>Comptonovo raspršenje na pozitroniju</i>	115
Manuela Temmer , Bojan Vršnak, Astrid Veronig	<i>Energija oslobođena u Sunčevom bljesku</i>	116
Ivana Jelovica Badovinac , Nada Orlić	<i>Strukturna, vibracijska i relaksacijska svojstva nekih porfirinskih prstena</i>	117
Radovan Brako	<i>Ab initio proračuni metodom funkcionala gustoće: Nelokalna korelacija i van der Waalsova interakcija</i>	118

Eduard Tutiš , Ivan Jurić, Ivo Batistić	<i>Udarni presjek za rekombinaciju na granici dva neuređena medija</i>	119
Boris Rakvin	<i>Elektronska spinska relaksacija i njezina primjena</i>	120
Dubravko Pevec , Mile Baće, Tomislav Šmuc, Radomir Ječmenica, Krešimir Trontl	<i>Neutroničko modeliranje nuklearnog goriva koje sadrži integralne sagorive apsorbere</i>	121
Ivica Friščić , Mihael Makek, Damir Bosnar, Tomislav Bokulić	<i>Edukacijski PET (Positron Emission Tomography) sustav</i>	122
Damir Šokčević , Radovan Brako	<i>Projekcije elektronskih vrpca nekih prijelaznih metala na površine: Račun metodom teorije funkcionala gustoće</i>	123
Gorjana Jerbić-Zorc , D. Bosnar, I. Kokanović, S. Bosnar	<i>Spektroskopija pozitronske anihilacije u istraživanjima materijala</i>	124
Hrvoje Zorc , Mladen Pavlović, Ivica Kopriva, Antun Peršin, Dunja Soldo Roudnicki, Vesna Janicki, Dijana Bogunović, Martin Lončarić	<i>Fotonička istraživanja u Zavodu za laserska i atomska istraživanja i razvoj</i>	125
Ivica Aviani , M. Očko, D. Starešinić, K. Biljaković, J. Hemberger, A. Loidl, J.L. Sarrao	<i>Efekti kristalnog polja u YbInCu_4</i>	126
Krešimir Kumerički , Dieter Müller, Kornelija Passek-Kumerički	<i>Holografija protona pomoću komptonskog raspršenja i konformalne simetrije</i>	127
Uroš Desnica , Maja Buljan, Ida Dunja Desnica Franković, Nikola Radić, Pavo Dubček, Krešimir Salamon, Zdravko Sikatić, Iva Bogdanović-Radović, Mile Ivanda, Sigrid Bernstorff	<i>Ge kvantne točke: od amorfnih do kristaliničnih, od slučajano raspoređenih u amorfnoj SiO_2 matrici do organiziranih u 3D super-rešetku</i>	128
Tomislav Vuletić , T. Ivek, B. Korin Hamzić, S. Tomić	<i>Odgovor naboja i supravodljivost kod kvazijednodimenzionalnih kuprata $(\text{Sr}, \text{Ca})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$</i>	129
S. Josef Golubić , A. Sušac, K. Štingl, S. Supek	<i>Numeričke simulacije neurodinamike fokalnih i distribuiranih izvora</i>	130
Željko Skoko , Stanko Popović, Goran Štefanić	<i>Mikrostruktura slitine Al-Zn</i>	131
Paško Županović , Srećko Botrić, Davor Juretić	<i>Relaksacijski procesi i načelo najveće proizvodnje entropije</i>	132
Višnja Henč-Bartolić , Tonica Bončina, Franc Zupanić, Suzana Jakovljević, Davor Pipić	<i>Ozračavanje aluminijske mete laserskim snopom</i>	133
Roman Čaplar	<i>Nova fizika na FAIR akceleratorima</i>	134
Lahorija Bistričić , Mirela Leskovic, Goran Baranović, Sanja Lučić Blagojević	<i>Mehanička svojstva poliuretana</i>	135
Slobodan Cvejanović , Jens Viefhaus, Uwe Becker	<i>Dinamika $(\gamma, 2e)$ procesa u He - preko amplituda do fizičkog modela</i>	136

Nada Orlić , Ivana Jelovica Badovinac, Julijan Dobrinić	<i>Analiza uzoraka iz područja kulturne baštine nedestruktivnim spektroskopskim metodama</i>	137
Dunja Desnica-Franković , Pavo Dubček, Maja Buljan, Uroš Desnica, Sigrid Bernstorff	<i>Klasteriranje vakancija u germaniju izazvano ionskom implantacijom</i>	138
Eduard Tutiš , Hocine Houili, Ivo Batišćić	<i>Modeliranje organskih memorija s metalnim nanočesticama</i>	139
Ivan Balog , Katarina Uzelac	<i>Algoritam invazivnog grozda i trikritična točka</i>	140
Juraj Szavits-Nossan , Katarina Uzelac	<i>Fazni prijelazi u jednodimenzionalnim sustavima daleko od ravnoteže</i>	141
Tomislav Ševa	<i>Spektroskopska studija Λ hiperjezgri do srednje teških masa preko $(e, e'K^+)$ reakcije</i>	142
Vlasta Mohaček Grošev , Krešimir Furić, Jože Grdadolnik, Jernej Stare, Dušan Hadži	<i>Očitovanje jake vodikove veze u dihidratu oksalne kiseline</i>	143
Ivana Capan , Branko Pivac, Vladimir Markevich, Anthony Peaker, Radojko Jacimovic, Leszek Dobaczewski	<i>Defekti u germaniju uvedeni brzim neutronima</i>	144
Igor Smiljanić , Ante Bilušić, Ana Smon-tara, Petar Popčević, Helmuth Berger, László Forró	<i>Toplinska vodljivost antiiferomagneta sa spinskim procijepom</i>	145
Sanja Krajinović, Milorad Milun	<i>Upotreba površinski osjetljivih tehnika u tehnologiji</i>	146
Dubravko Horvat, Saša Ilijić , Anja Marunović	<i>Gravastar i kozmološka konstanta</i>	147
N. Vujičić , H. Skenderović, T. Ban, D. Aumiler, S. Vdović, G. Pichler	<i>Samofokusiranje i samodefokusiranje femtosekundnog laserskog zračenja u rubidijevim parama</i>	148
S. Vdović , T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderović, N. Vujičić, G. Pichler	<i>Poništavanje koherentne akumulacije populacije pobudjene femtosekundnim pulsevima</i>	149

Sažeci

Visokotemperaturna supravodljivost od svojih početaka do danas

Slaven Barišić¹

¹*Fizički odsjek, PMF, Zagreb*

Od 1911.g., kada je otkrivena hlađenjem Hg ispod $T_c = 4.15$ K, sve do danas kada je u $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ postignuta već ispod $T_c = 135$ K, supravodljivost jednako fascinira svojim fundamentalnim kvantnim svojstvima i mogućim primjenama kojima ljudska mašta ne vidi kraja [1]. Iznimna kompleksnost supravodljivog stanja, koja rezultira odsustvom disipacije električne energije prilikom vodjenja električne struje i izuzetnim svojstvima supravodiča u magnetskom polju učinila je od supravodljivosti jedno od najaktivnijih područja istraživanja u cjelokupnoj modernoj fizici. Zauzima, od stotinjak do sada dodijeljenih Nobelovih nagrada za fiziku čak devet se odnosi na supravodljivost i njoj srodnu suprafluidnost. Supravodljivost je dugo nalažena promjenom temperature, tlaka, magnetskog polja ili drugih vanjskih okolnosti, prijelazom iz metalnog u supravodljivo stanje. 1980.g. došlo je međutim do revolucionarnog otkrića izravnog prijelaza iz Mottovog, antiferomagnetskog, izolatorskog stanja u supravodljivo stanje u organskim vodičima, gradjenim od lanaca velikih organskih molekula [2]. Sličan je prijelaz nadjen u supravodičima otkrivenim 1986.g. dopiranjem tih sustava elektronima. Malo dopiranje šupljinama rezultira još kompleksnijim polumetalnim stanjima s intrinzičnim neredom i separacijom faza na malim udaljenostima [3]. Rješenje tih problema je jedan od najvećih izazova u fizici kondenzirane tvari.

[1] L. Hoddeson et al., *Out of the Crystal Maze*, Oxford University Press (1992).

[2] D. Jérôme, *Organic Conductors*, Chem. Rev. **104**, 5565 (2004).

[3] A. Marouchkine, *Room-Temperature Superconductivity*, Cambridge ISP (2007)

Eruptivni procesi u Sunčevoj atmosferi

Bojan Vršnak¹

¹*Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Iznosi se pregled najznačajnijih rezultata istraživanja eruptivnih procesa u Sunčevoj atmosferi, polučeni u okviru projekata MZOŠ 0007017 i 007-0000000-1362. Prikaz se uglavnom odnosi na fizikalnu pozadinu nastanka i razvoja Sunčevih bljeskova, koroninih izbačaja i magnetohidrodinamičkih (MHD) udarnih valova, te na njihov utjecaj na međuplanetarni prostor i magnetosferu Zemlje. Uz opći fizikalni opis navedenih pojava, detaljnije se razlaže uloga najznačajnijih MHD procesa u nastanku i razvoju erupcija (Vršnak, 2003, 2006). Razmatraju se idealne i rezistivne MHD nestabilnosti, pojava gubitka ravnoteže, proces magnetskog prespajanja, plazmene kinetičke nestabilnosti, ubrzavanje visokoenergetskih čestičnih snopova, nelinearan razvoj MHD valova velike amplitude i nastanak udarnih valova, itd. Posebice se prikazuje problematika "svemirske prognoze", tj. mogućnosti predviđanja dramatičnih promjena svojstava Sunčevog vjetra uzrokovanih Sunčevim eruptivnim procesima, posebice onih koje dovode do pojava jakih geomagnetskih oluja.

[1] B. Vršnak, B. 2003, Lecture Notes in Physics, 612, 28

[1] B. Vršnak, B. 2006, Adv. Space Sci. 38, 43

Znaju li atomske jezgre što je lijevo što desno ?

Slobodan Brant¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Rotacija triaksijalne neparne-nejparne jezgre može uzrokovati pojavu para jednakih $\Delta I = 1$ vrpca istog pariteta - kiralnih vrpca [1]. To se može dogoditi kad su protoni visokog momenta impulsa čestičnog tipa, a neutroni visokog momenta impulsa šupljinskog tipa, ili obrnuto. Nužan uvjet je da je pri tome parno-parna sredica triaksijalni rotor [1]. Momenti impulsa valentnih fermiona i sredice usmjereni su duž tri osi triaksijalne sredice, tvoreći pri tome dva sustava koji se razlikuju u intrinzičnoj kiralnosti, lijevi i desni sustav. Uspostavljanje simetrije u laboratorijskom sustavu rezultira pojavom dubleta $\Delta I = 1$ vrpca. U okviru Modela međudjelujućih bozona-fermiona-fermiona (IBFFM) [2], pokazuje se da za pojavu kiralnih vrpca nije nužno da parno-parna sredica bude tvrd triaksijalni rotor. Dovoljno je da bude "mekana" (γ -nestabilna), tj. dinamički efektivno triaksijalna [3]. Sve jezgre, u kojima su dosad otkrivene kiralne vrpce, nalaze se u područjima izrazite γ -nestabilnosti. Na pojavu kiralnih vrpca dominantan utjecaj imaju velike fluktuacije deformacije mekih γ -nestabilnih jezgri. Kiralnost postoji, ali je slaba i dinamičkog porijekla [3].

[1] S. Frauendorf *et al.*, Nucl. Phys. A **617**, 131 (1997); V. I. Dimitrov *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84**, 5732 (2000); K. Starosta *et al.*, Nucl. Phys. A **682**, 375c (2001).

[2] S. Brant *et al.*, Z. Phys. A **319**, 355 (1984); S. Brant and V. Paar, Z. Phys. A **329**, 151 (1988).

[3] S. Brant *et al.*, Phys. Rev. C **69**, 017304 (2004); D. Tonev, ..., S. Brant *et al.*, Phys. Rev. Lett. **96**, 052501 (2006).

Helijeve molekule

Srećko Kilić¹

¹*Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i
kineziologije, Split*

Istraživanje helijevih molekula započelo je odmah po Heitler - Londonovoj teoriji molekule vodika (1929.) i relativno brzo napušteno. Sumnje o postojanju helijevih molekula potaklo je veoma slabo međudjelovanje između helijevih atoma i njihova relativno mala masa. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća, zahvaljujući računalnim mogućnostima, kao i spoznajama o tekućem heliju, ponovno je oživjelo zanimanje za helijeve molekule. U nekoliko radova iz tog perioda predviđena je mogućnost postojanja takvih molekula i to helija 4 [1]. Zanimanje fizičara u Splitu za helijeve dimere počelo je 1978. [2]. Dimer helija 4 otkriven je eksperimentalno 1993. i nezavisno potvrđen 1994. [3]. Otada je teorijski otkriveno više helijevih molekula. Proračuni (osim numeričkog rješavanja diferencijalne jednadžbe) temeljeni su na rješavanju Schroedingerove jednadžbe s varijacijskom funkcijom Wu-Feenbergova tipa. Udio u tim otkrićima imali su i splitski fizičari [4]. Neke od molekula upravo su eksperimentalno verificirane, a neke, kao dimer helija 3 s energijom vezanja od 0.02 mK, još uvijek predstavljaju izazov.

[1] A. Bagchi, Phys. Rev. A 3, 1133 (1970); M. L. Cramer, L. W. Bruch and F. Cabral, J. Chem. Phys. 67, 1442 (1977)

[2] S. Kilić and S. Sunarić, Fizika, 11, 225 (1979)

[3] F. Luo et al., J. Chem. Phys. 98, 3564 (1993); W. Schoellkopf and J. P. Toennies, Science 266, 1345 (1994)

[4] L. Vranješ and S. Kilić, Phys. Rev. A 65, 042506 (2002); M. Aichinger, S. Kilić, E. Krotscheck and L. Vranješ, Phys. Rev. B 70 155412 (2004); I. Bešlić, L. Vranješ and S. Kilić, J. Low Temp. Phys. 143, 257 (2006)

LHC projekt, završne pripreme i očekivani prvi fizikalni rezultati

Daniel Denegri¹

¹*CERN/Geneva i CE Saclay/France*

LHC (Large Hadron Collider) u CERNu - u završnoj fazi konstrukcije - je trenutačno najveći znanstveni projekt na svijetu na kojem je angazirana gotovo cjelokupna svjetska zajednica fizičara elementarnih čestica. Glavni elementi projekta su akcelerator/proton-proton sudarivač na energiji centra mase od 14 TeV-a i četiri velika eksperimenta ATLAS, CMS, ALICE i LHCb. Hrvatska učestvuje na LHC projektu timovima iz Zagreba (IRB i PMF) i Splita (FESB i PMF) na eksperimentima CMS i ALICE. CMS je detektor "opće namjene", njegova koncepcija je optimizirana za studij elektro-slabih interakcija i QCD, traženja Higgs bozona i supersimetričnih čestica, dok je detektor ALICE optimiziran za studij teško-ionskih sudara i fizike kvark-gluonske plazme. Početak rada LHC-a i pridruženih eksperimenata se očekuje za ljeto 2008. Prikazat će se sadašnji stadij konstrukcije i testiranja LHC-a i eksperimenta CMS, kao i neke od očekivanih rezultata istraživanja u prvim godinama rada iz domene elektroslabih interakcija, top-kvark fizike i traženja Higgasa.

[1] The Compact Muon Solenoid, Technical Proposal, CERN/LHCC 94-38, LHCC/p1, 15 Dec. 1994

[2] CMS - Physics Performance, Physics Technical Design Report, Vol II, CERN/LHCC 2006-021, CMS TDR 8.2, 26 June 2006.

Stvaranje i analiza nanostrukturna ionskim snopovima

Milko Jakšić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Metode nanostrukturiranja pomoću brzih teških iona ubrzanih na MeV-ske energije baziraju se na izuzetno velikom transferu energije koji se pri prolasku sa svakog pojedinačnog iona kroz materijal prenosi na okolinu. Uzduž putanje iona se pri tom stvaraju defekti u nanometarskim volumenima, što se ovisno o prirodi samog materijala može iskoristiti kao metoda za nanostrukturiranje. Za razliku od iona keVskih energija koji direktno izbijaju cijele atome iz kristalne rešetke, ioni MeVskih energija prolaze kroz materijal uz dominantni transfer energije na atomske elektrone. Defekti proizvedeni na taj način su na nanometarskim razinama vrlo homogeni, te je time i njihova moguća primjena specifična. Na IRB-u je nedavno usavršena nova metoda za nanostrukturiranje defekata u materijalima, koja se bazira na mogućnosti kontrole pozicije svakog teškog iona koji prolazi kroz sustav ionske mikroprobe. Razvijena metoda je zasada primjenjena na trodimenzionalno strukturiranje elektroničkih defekata u poluvodičima kao i na stvaranje nano-tragova teških iona.

Činjenica da se teški ioni zbog velikih vjerojatnosti Coulomskog raspršenja mogu koristiti i kao 'sonda' za dubinsko profiliranje elementnih distribucija iskorištena je pri razvoju novog TOF-ERDA (Time of Flight - Elastic Recoil Detection Analysis) eksperimentalnog sustava koji je nedavno konstruiran na IRB-u. Detekcijski sustav omogućava multielementno i nedestruktivno dubinsko profiliranje uz razlučivanje od nekoliko nanometara.

[1] M. Jakšić, Z. Medunić, N. Skukan, M. Bogovac, D. Wegrzynek, IEEE Trans. Nucl. Sci., 54 (2007) 280

Otvorena pitanja strukture i evolucije zvijezda

Krešimir Pavlovski¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Razumijevanje strukture i evolucije zvijezda sukus je moderne astrofizike. U suštini, bez poznavanja svojstva zvijezda i njihove evolucije nije moguće razumijevanje Svemira u cjelini. Teorijski modeli strukture zvijezda i njihovog razvoja osnovni su alat za istraživanje nastanka i razvoja zvjezdanih populacija u Mliječnom putu i galaksijama. Modeli počivaju na mnogobrojnim fizikalnim pretpostavkama, i tek opažački testovi mogu dati potvrdu njihove ispravnosti. Nedavno je učinjen značajan napredak u teorijskim modelima uvođenjem zvjezdane rotacije koja može potaknuti turbulentna kretanja tvari u zvijezdama, pojačati konvektivni prijenos energije i tvari, i osjetno promijeniti putove zvjezdane evolucije prema prethodnim statičnim modelima [1]. Nova teorijska predviđanja predstavljaju velik izazov za opažače. Fundamentalne zvjezdane veličine kao masa, polumjer, luminozitet i kemijski sastav, moraju biti određeni s vrlo velikom preciznosti. To vodi na veliku aktualnost dvojnih zvjezdanih sustava [2]. U izlaganju ću se posebno osvrnuti na moderne postupke koji to omogućavaju, i na nekoliko primjera prikazati postignute rezultate.

[1] Maeder, A., Meynet, G., *Ann. Rev. Astron. & Astrof.* **38** (2000) 143

[2] Hensberge, H., Pavlovski, K., *Proc. IAU Symp. 240 'Binary Stars as Critical Tools and Tests in Contemporary Astrophysics'*, Cambridge University Press (2007) (u tisku)

Aksioni i velike ekstra dimenzije

Biljana Lakić¹, Raul Horvat¹, Milica Krčmar¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Teorije koje uključuju dodatne prostorne dimenzije u kojima se propagira gravitacija pružaju moguće objašnjenje hijerarhijskog problema u fizici čestica. Dodatni učinak ovih teorija je mogućnost da se u višedimenzionalnom prostoru propagiraju i aksioni, hipotetske čestice koje predstavljaju moguće rješenje jakog CP problema. Propagiranje aksiona u velikim ekstra dimenzijama rezultiralo bi u Kaluza-Klein tornju aksionskih stanja. Izvor aksiona, poput Sunca, emitirao bi sva Kaluza-Klein stanja do kinematičke granice. Ta stanja bi mogla biti opažena u eksperimentu CAST (CERN Axion Solar Telescope) koji traga za Sunčevim aksionima.

- [1] R. Horvat, M. Krčmar and B. Lakić, Phys. Rev. D **69** (2004) 125011
- [2] K. R. Dienes, E. Dudas and T. Gherghetta, Phys. Rev. D **62** (2000) 105023
- [3] N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos and G. Dvali, Phys. Lett. B **429** (1998) 263

Kvantna dinamika Tonks-Girardeau plina

Hrvoje Buljan¹, Robert Pezer²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Tonks-Girardeau (TG) model opisuje jednodimenzionalni (1D) višestruki bozonski sustav s tvrdim odbojnim interakcijama među česticama. Prikazati ćemo metodu za egzaktno numeričko računanje jednočestične matrice gustoće, raspodjele impulsa i drugih observabli za TG model [1]. Metodu ćemo primjeniti za analizu Braggovih refleksija višestruki valnog paketa, te ilustrirati ovisnost raspodjele impulsa o interakcijama / simetriji višestruki valnog paketa. U okviru TG modela opisati ćemo i takozvana tamna solitonska stanja [2,3] te predložiti eksperiment za njihovo pobuđenje [2]. Taj primjer [2] dodatno ilustrira sličnost dinamike bozonskih plinova [1-5] i svjetlosti u fotoničkim sustavima [4]. Na kraju ćemo prikazati egzaktna vremenski ovisna rješenja za slobodnu ekspanziju 1D bozonski plin s konačno jakim interakcijama [5] (Lieb-Liniger plin).

[1] R. Pezer, H. Buljan, Phys. Rev. Lett **98**, 240403 (2007).

[2] H. Buljan, O. Manela, R. Pezer, A. Vardi, M. Segev, Phys. Rev. A **74**, 043610 (2006).

[3] H. Buljan, K. Lelas, R. Pezer, and M. Jablan, Phys. Rev. A, prihvaćeno za objavu (2007)

[4] H. Buljan, M. Segev, A. Vardi, Phys. Rev. Lett **95**, 180401 (2005).

[5] H. Buljan, R. Pezer, T. Gasenzer, poslano u tisak

Tamna materija i tamna energija

Neven Bilić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Prema današnjim spoznajama [1], tamna energija i tamna materija glavni su konstituenti svemira te razvoj svemira do danas kao i u buduću bitno ovisi o njihovim svojstvima. Tamna energija je supstanca negativnog tlaka potrebna radi objašnjenja ubrzane ekspanzije svemira pripisuje se energiji vakuuma odnosno kozmološkoj konstanti [2]. Standardni kozmološki model i standardni model fizike čestica ne daju zadovoljavajuće objašnjenje porijekla tamne energije. Na primjer, energija vakuuma koju daje kvantna teorija polja u nesrazmjeru je za oko sto redova veličine s vrijednošću koju favorizira standardni kozmološki model. Prema mnogim opažanjima u astrofizici i kozmologiji ukupna količina materije u svemiru za dva reda veličine veća je od količine vidljive materije [3]. Od te nevidljive materije samo je oko 10% obična tvar; ostatak je nevidljiva tvar nepoznatog porijekla koju zovemo tamna materija. Mogući kandidati za tamnu materiju su hipotetske čestice koje predviđaju tzv. supersimetrične teorije ali koje se, barem za sada, ne vide u eksperimentima. Alternativa tamnoj materiji je modifikacija Newtonovog zakona gravitacije. Jedno od najnovijih opažanja [4] klastera 1E0657-558, koji se još naziva Tane (Bullet) pokazuje da je veliki dio tamne materije u klasteru odvojen od glavnine obične tvari. Objašnjenje ovog efekta pomoću modificirane teorije gravitacije praktički je isključeno.

[1] P. Coles, *Nature*, **433** (20 Jan 2005) 248

[2] P.J.E. Peebles and B. Ratra, *Rev. Mod. Phys.* **75** (2003) 559

[3] L. Bergstrom, *Rep. Prog. Phys.* **63** (2003) 793

[4] D. Clowe et al., *Astrophys. J.* **648** (2006) L109

Foto-emisijskom spektroskopijom do elektron-fonon vezanja

Petar Pervan¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Jedna od ključnih prednosti foto-emisijske spektroskopije u odnosu na druge eksperimentalne tehnike kondenzirane materije je bogatstvo informacija koje foto-elektron nosi o sistemu kojeg istražujemo. Kako je s vremenom razlučivost foto-emisijske spektroskopije rasla, postalo je moguće ovom tehnikom proučavati više-čestične efekte u materijalima. Napori u povezivanju detalja foto-emisijskih spektara i više-čestičnog međudjelovanja povezani su s očekivanjima da će upravo foto-emisijska spektroskopija značajno doprinijeti u razumijevanju mehanizama visoko temperaturne supravodljivosti. Visoko temperaturni supravodiči imaju jasne potpise više-čestičnog međudjelovanja u fotoemisijskim spektrima ali je izvore tih fenomena vrlo teško precizirati. Zbog toga je posebno korisno istraživati materijale u kojima dominira jedno od više-čestičnih međudjelovanja. U tom kontekstu, posebno je važno da se visoko-temperaturne materijale može smatrati kvazi-dvodimenzionalnima. Površinska stanja i stanja kvantnih jama, kao prototipni kvazi dvodimenzionalni sistemi, pokazali su se idealnim poligonom za razumijevanje life-time efekata. U ovom predavanju prikazat ću neke od recentnih rezultata korištenju kutno razlučive foto-emisijske spektroskopije u istraživanju elektron-fonon vezanja sistema reducirane dimenzionalnosti; površinskih stanja na dobro definiranim površinama plemenitih metala i stanjima kvantnih jama u ultra tankim metalnim slojevima različitih debljina.

Visokenergijska astrofizika - najnoviji rezultati gama opservatorija MAGIC

Daniel Ferenc¹, Dario Hrupec²

¹*University of California, Davis, SAD*

²*Insitut Ruđer Bošković, Zagreb*

Novi gamma opservatoriji HESS u Namibiji i MAGIC na Kanarima otkrili su u posljednjih nekoliko godina velik broj izvora visokoenergijskih fotona, kako u našoj galaksiji tako i izvan nje. Od posebne je važnosti detekcija aktivnih galaktičkih jezgri s crnim rupama mase od oko milijardu solarnih masa [1,3]. U okviru opservatorija MAGIC otkrili smo da se intenzitet emisije ponekad dramatično mijenja čak na sub-minutnoj skali. Ta neočekivana pojava omogućila nam je da koreliramo vrijeme detekcije fotona s energijom. Nalazimo da fotoni viših energija kasne za fotonima nižih energija za oko četiri minute. Ako nije riječ o kašnjenju u samoj emisiji fotona, ovaj rezultat bi ukazivao na neku novu fiziku (efekti kvantne gravitacije [2], slom relativističke teorije, interakcija s tamnom tvari, itd.).

[1] J. Albert et al., MAGIC Collaboration, Variable VHE gamma-ray emission from Markarian 501, astro-ph 0702008, in press in ApJ 669 (2007)

[2] Magic Collaboration, and John Ellis, N.E. Mavromatos, D.V. Nanopoulos, A.S. Sakharov, E.K.G. Sarkisyan, Probing Quantum Gravity using Photons from a Mkn 501 Flare Observed by MAGIC, submitted to Phys. Rev. Let.

[3] Dario Hrupec, Doctoral Disertation, March 2007, Extragalactic sources of rapidly variable high energy gamma radiation.

[4] George Muser, Hints of a breakdown of relativity theory?, Sci. Am. Aug. 22 2007.

[5] Zeeya Meralli, Finally, a MAGIC test for string theory?, New Scientist Sept. 8 2007

Što donose nanostrukture u poluvodičkim sklopovima

Branko Pivac¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Temeljne karakteristike poluvodiča su dominantno bile definirane defektima, pogotovo dok su se izvedbeni sklopovi temeljili na makroskopskoj volumnoj tvari, a što je i danas relevantno u mnogo slučajeva. No međutim, svjedoci smo spoznaja u posljednje vrijeme, da materija nanometarskih dimenzija pokazuje sasvim nova i neobična svojstva i kao takva nalazi nove primjene svuda pa i u naprednim poluvodičkim sklopovima. Pokazat ćemo pravce razvoja nekih naprednih poluvodičkih sklopova kao što su solarne ćelije treće generacije ili memorijski sklopovi koji se temelje na dostignućima u nanotehnologiji[1-3]. Pri tome ćemo ilustrirati poteškoće s kojima se susrećemo u razumijevanju temeljnih procesa u koji su odlučujući za ovakav razvoj, kao što su problemi samoorganizacije i morfologije nanočestica[4].

[1] L. Pavesi, L. Dal Negro, C. Mazzoleini, G. Franzo, F. Priolo, *Nature*, 408 (2000) 440.

[2] G. Conibeer et al., *Thin Solid Films*, 511-512 (2006) 654.

[3] O.M. Nayfeh, D. Antoniadis, K. Mantey, M.H. Nayfeh, *Appl. Phys. Lett.* 90 (2007) 153105.

[4] I. Kovačević, B. Pivac, P. Dubček, N. Radić, S. Bernstorff, A. Slaoui, *Thin Solid Films*, 511-512(2006)463.

Potruga za kvarkovsko gluonskom plazmom

Tome Antičić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Ultrarelativistički sudari teških jezgara omogućavaju proučavanje materije u ekstremnim uvjetima visoke energijske gustoće i temperature. Cilj je stvoriti laboratorijske uvjete za fazni prijelaz normalne hadronske tvari u plazmu kvarkova i gluona, kvark-gluonsku plazmu (QGP). Pretpostavljajući da se prijelaz u suprotnom smjeru, od plazme prema normalnoj hadronskoj tvari, dogodio nekoliko mikrosekundi nakon Velikog praska, istraživanja ovih reakcija mogu doprinijeti i boljem razumijevanju evolucije ranog svemira.

Dosadašnja istraživanja na postojećim RHIC i SPS akceleratorima dali su čvrste indikacije, ali ne i nedvojben dokaz za postojanje QGP. Na predavanju će se iznijeti glavni dokazi za postojanje ovog stanja, te što se može očekivati od istraživanja kvark-gluonske plazme na puno višim energijama na LHC akceleratoru, čiji se početak rada očekuje 2008. godine.

Potruga za ekstrasolarnim planetima

Dijana Dominis Prester¹

¹*Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Odsjek za fiziku*

Od otkrića prvog ekstrasolarnog planeta 1995. godine, potraga za planetima izvan Sunčeva sustava zauzela je vrlo važno mjesto u astrofizici. Dosad je otkriveno više od 200 ekstrasolarnih planeta, od kojih je većina plinovita i velike mase, slična Jupiteru. Većina otkrivenih planeta manje mase nalazi se blizu matičnih zvijezda, i ima visoke temperature na površini. Trenutno se jedino metodom gravitacijske leće mogu pouzdano otkriti istovremeno mali, hladni i čvrsti planeti poput Zemlje. Ova su otkrića utrla put boljem razumijevanju strukture Mliječnog puta i fizikalnih procesa stvaranja zvjezdanih i planetarnih sustava, no bit će potrebna još mnoga istraživanja do pronalaska zadovoljavajućeg modela.

U predavanju ću objasniti postojeće metode potrage za ekstrasolarnim planetima uz iznošenje najznačajnijih dosadašnjih rezultata, te metode koje bi uskoro trebale zaživjeti zahvaljujući novim tehnologijama. Detaljnije ću opisati dvije metode potrage za ekstrasolarnim planetima kojima se bavim u vlastitom radu: potragu za planetima u orbitama oko bijelih patuljaka pomoću astrometrije, te planetima u orbitama zvijezda glavnog niza pomoću gravitacijske leće. Objasnit ću naše otkriće najmanjeg i najhladnijeg dosad pronađenog ekstrasolarnog planeta OGLE-2005-BLG-390Lb, te dati posebni osvrt na ulogu dvojnih zvijezda u potrazi za ekstrasolarnim planetima. Također ću predstaviti inovaciju koje sam uvela u tekuću opažačku sezonu 2007 PLANET kolaboracije, metodu omjera toka zračenja, koja je upravo u fazi testiranja.

[1] Beaulieu, J.-P., ..., 22. Dominis, D., et al., *Nature* **439** (2006) 437

[2] Dominis, D., PhD Thesis, University of Potsdam (2006)

Potencijal CMS detektora za pronalazak Higgsovog bozona

Ž. Antunović¹, V. Brigljević², N. Godinović³, K. Kadija²,
S. Morović², S. Pintarić², M. Planinić⁴, D. Polić³,
I. Puljak³

¹*Fakultet prirodoslovno matem. znanosti i kineziologije,
Split*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

³*Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split*

⁴*Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb*

CMS (Compact Muon Solenoid) je detektor opće namjene za mjerenje fizikalnih događaja u sudarima protona na LHC-u. Optimiziran je za potragu za Higgsovim bozonom u cijelom relevantnom području masa. U ovom radu je prezentiran potencijal CMS detektora za pronalazak Higgsovog bozona, s naglaskom na potragu kroz raspad $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow l^+l^-l^+l^-$ (l predstavlja elektron ili mion). Rezultati pokazuju da se Higgsov bozon može pronaći kroz ovaj kanal već pri integriranom luminozitetu od 3 fb^{-1} , ako mu je masa oko $150 \text{ GeV}/c^2$ ili veća od oko $190 \text{ GeV}/c^2$. U drugom dijelu prezentiran je potencijal CMS detektora za mjerenje proizvodnje para baždarnih bozona (ZZ i WZ) kroz njihove leptonske raspade, te je pokazano da će se ovaj signal moći mjeriti u ranoj fazi eksperimenta, pri integriranom luminozitetu manjem od 1 fb^{-1} . Svi rezultati dobiveni su koristeći potpunu Monte Carlo simulaciju CMS detektora i nove algoritme za rekonstrukciju elektrona i miona te realističnu procjenu sistematskih efekata.

[1] CMS Collaboration, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **34** (2007) 995 - 1579

[2] S. Baffioni et al, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **34** (2007) N23-N46

[3] V. Brigljevic et al, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **34** (2007) N269-N295

[4] S. Baffioni et al, Eur.Phys.J.C44S1:1-10,2006.

Točan opis otvorenih kvantnih sustava

Tomislav P. Živković¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Jedan od najvažnijih matematičkih problema u kvantnoj teoriji je točan opis otvorenih kvantnih sustava (kvantni sustavi koji interagiraju s okolinom). U odsustvu interakcije takovi sustavi se obično mogu aproksimirati kao konačni kvantni sustavi s konačnim brojem vlastitih stanja. Tipični primjeri otvorenih sustava su: a) izolirana molekula u interakciji s elektromagnetskom poljem, b) izolirana molekule adsorbirana na površini čvrstog tijela u interakciji s tim čvrstim tijelom, itd. U tim i sličnim slučajevima "okolina" predstavlja beskonačan kvantni sustav. Problemi toga tipa obično se tretiraju bilo metodom perturbacijskog razvoja, bilo korištenjem nekog semi-empirijskog modela. Oba pristupa imaju svoje nedostatke. Ako je interakcija konačnog kvantnog sustava s okolinom suviše jaka, perturbacijski razvoj divergira i taj pristup je neprimjenjiv. S druge strane, razni semi-empirijski modeli nikada ne mogu u potpunosti zamijeniti točan kvantni opis. Biti će predstavljen novi matematički formalizam za rješavanje takvih problema. Taj formalizam daje točan opis otvorenog kvantnog sustava koji interagira s okolinom, koliko god jaka bila ta interakcija. Formalizam sadrži dvije jednačbe vlastitih vrijednosti, generičku jednačbu i jednačbu frakcionalnog pomaka. Prva jednačba opisuje izolirana rješenja otvorenog sustava, dok druga jednačba opisuje kontinuirana rješenja tog sustava. Obje jednačbe imaju dimenziju konačnog kvantnog sustava, bez obzira na to kolika je dimenzija kvantne okoline tog sustava.

Radi tehničke ograničenosti biti će prezentirana samo vremenski neovisna inačica predloženog formalizma.

[1] T.P. Živković, J. Math. Chem., 39 (2006) 151-175; ibid: 296-343

[2] T.P. Živković, J. Math. Chem., (2006) DOI: 10.1007/s10910-006-9212-8

Strani B mezoni na Tevatronu

Ivan-Krešimir Furić¹

¹*University of Florida, Gainesville, SAD*

Na sudarivaču Tevatron sudaraju se protoni i antiprotoni pri trenutno najvećoj energiji centra mase u svijetu, $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. Radi velike energije, u sudarima se proizvode mnoge interesantne čestice. U sektoru B mezona, u sudarima na Tevatronu se dnevno proizvode teški B hadroni: strani B mezon (B_s^0), šarmantni B mezon (B_c^+), te B barioni (Λ_b, \dots). Teški B hadroni ne proizvode se u rutinskim sudarima u tvornicama B mezona (KEK, PEP-II), stoga je Tevatron jedinstveno mjesto za proučavanje ponašanja ovih čestica.

Strani B mezon, B_s^0 , posebno je interesantan. Poput lakšeg i poznatijeg B^0 mezona, B_s^0 je neutralan mezon koji može titrati iz stanja materije u stanje antimaterije. Efekt prelaska B^0 mezona iz materije u antimateriju otkriven je 1987. godine. Frekvencija titranja je vrlo precizno izmjerena (do oko 1%), i iznosi oko 80 GHz. Standardni Model predviđa mnogo brže titranje u slučaju B_s^0 mezona (otprilike 20 puta brže). Nove interakcije, radi čestica izvan Standardnog Modela, mogu promijeniti frekvenciju titranja.

Radi velike brzine titranja, mjerenje frekvencije prelaska B_s^0 mezona iz materije u antimateriju je tehnički vrlo zahtjevno. Prošle godine, CDF kolaboracija je po prvi puta izmjerila frekvenciju titranja B_s^0 mezona. Izmjerena je frekvencija od 2.8 THz [3], [4], u dobrom slaganju sa predviđanjima Standardnog Modela. D0 kolaboracija je nedavno prezentirala svoje prvo mjerenje frekvencije titranja, u dobrom slaganju sa CDF rezultatom.

Predavanje obuhvaća odabrane komponente mjerenja frekvencije titranja B_s^0 mezona, te dodiruje slična mjerenja u sektoru B_s^0 mezona u kojima interakcije sa novim česticama mogu utjecati na ishod mjerenja.

[1] A. Abulencia *et al.* [CDF], Phys. Rev. Lett. **97**, 062003 (2006).

[2] A. Abulencia *et al.* [CDF], Phys. Rev. Lett. **97**, 242003 (2006).

Pregled bariogeneze

Tomislav Prokopec¹

¹*ITP and Spinoza Institute, Utrecht University,
Nizozemska*

U ovom pregledu bariogeneze - ili teorije o postanku materije u svemiru - prvo ću govoriti o statusu bariogeneze na elektroslabom faznom prijelazu s posebnim naglaskom na bariogenezi u supersimetričnim modelima. Potom ću dati kratki pregled bariogeneze u teorijama velike unifikacije (GUTs). Pregled modela leptogeneze slijedi s naglaskom na termalnoj leptogenezi. Napokon ću istaknuti potencijalne probleme termalne leptogeneze i ukratko spomenuti alternative.

[1] T. Konstandin, T. Prokopec, M.G. Schmidt and M. Seco, Nucl. Phys. B 738, 1-22 (2006) [arXiv:hep-ph/0505103].

[2] W. Buchmuller, R.D. Peccei and T. Yanagida, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 55, 311-355 (2005) [arXiv:hep-ph/0502169]

Kompleksna i nelinearna dinamika uređenih struktura naboja i spina

Silvia Tomić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Jake kulonske interakcije u osnovi su kolektivnih elektronskih stanja u sintetskim vodičima i supravodičima, kako u organskim tako i u oksidima prijelaznih metala, koje nalazimo u širokom rasponu niskih temperatura. Ta stanja, kao što su na primjer stanja vala gustoće, lokaliziranog uređenja naboja i orbitalnog uređenja pokazuju bogatu lepezu nelinearnih svojstava i kompleksne dinamike što ih povezuje sa samoorganiziranim strukturama biomaterijala. Iako biološki molekularni sistemi funkcioniraju u vodenim sredinama samo oko sobne temperature, kulonske interakcije u tim makromolekulama su tako jake da vode na bogatstvo fenomena koje je usporedivo sa onima u nisko-temperaturnoj fizici. U ovom predavanju поближе ću predstaviti konvencionalnu fazu vala gustoće spina stabiliziranu u kvazi-1D organskom supravodiču [1] te egzotičnu fazu vala gustoće naboja stabiliziranu u spinskim ljestvicama kvazi-1D kuprata [2]. Opisat ću nelinearnu dinamiku tih elektronskih struktura i ovisnost o vanjskim parametrima kao što su električno polje, broj nosilaca naboja, temperatura. Na kraju ću pokazati kako karakterizacija kompleksne dinamike nabijenih biopolimera kao što je genomska DNK u vodenoj sredini može pomoći u određenju konformacijske strukture, a time i njihove biološke aktivnosti[3].

[1] S.Tomić et al., Phys.Rev.Lett. **62** (1989) 462.; P.Zornoza et al., Eur. Phys. J. B **46** (2005) 223.

[2] T.Vuletić et al., Phys.Rev.Lett. **90** (2003) 257002.; Phys. Rep. **428** (2006) 169.

[3] S. Tomić et al., Phys.Rev.Lett. **97** (2006) 098303., Phys.Rev.E **75** (2007) 021905.

Egzotične nuklearne rezonance i procesi od značaja za astrofiziku

Nils Paar¹, Tamara Nikšić¹, Tomislav Marketin¹, Peter Ring², Dario Vretenar¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

²*Physik Department, Technische Universitaet Muenchen, Njemačka*

Jedna od značajnijih teorijskih metoda koje su zadnjih godina razvijene za opis novih egzotičnih pobudjenja u nestabilnim jezgrama je relativistička kvazičestična aproksimacija slučajnih faza (RQRPA) zasnovana na relativističkom Hartree-Bogoliubov (RHB) modelu [1]. Ova teorija primjenjena je u opisu strukture egzotičnih nisko-ležećih dipolnih pobudjenja, u analizi izoskalarnih modova, pobudjenja sa izmjenom naboja, određivanju veličine neutronske kože pomoću egzotičnih pobudjenja itd. [1]. Nadalje, inkluzivni elektronski i muonski neutrino-jezgra udarni presjeci opisani su koristeći potpuni spektar pobudjenja sa izmjenom naboja za sve operatore prijelaza koji rezultiraju iz multipolne analize Hamiltonijana slabe interakcije. Osnovno stanje i matrični elementi prijelaza su zasnovani na RHB+RQRPA modelu. Istraživan je uhvat neutrina na jezgrama značajnim za procese nuklearne astrofizike i za kalibraciju detektora solarnih neutrina, odnosno neutrina emitiranih u eksplozijama supernove [2].

[1] N. Paar, D. Vretenar, E. Khan, and G. Colò, *Rep. Prog. Phys.* **70** (2007) 691

[2] N. Paar et al., poslano za objavljivanje (2007)

Femtosekundni laseri: preciznost u vremenu i frekvenciji

Ticijana Ban¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Osnovne karakteristike pulsnog lasera su velika snaga po pojedinom pulsu i vremenska ovisnost emitiranog zračenja. Težnja prema što većim laserskim snagama i što boljim vremenskim rezolucijama dovodi do razvoja pulsnih lasera sa sve kraćim trajanjem pulsa. Danas su komercijalno dostupni laseri trajanja pulseva ispod 10 femtosekundi i vršne snage po pulsu od nekoliko megawatta. Femtosekundni laser emitira zračenje čija vremenska rezolucija odgovara vremenu gibanja jezgri u molekulama. Ova vremenska skala obuhvaća vibracije molekula, te procese stvaranja i razaranja kemijskih veza. Istraživanjem procesa na femtosekundnoj skali ostvaruju se nove spoznaje u razumijevanju dinamike atoma i molekula, što je od ključne važnosti u mnogim granama fizike, kemiji i biologiji. Kratkoća pulsa u vremenskoj domeni implicira široki spektar u frekventnoj domeni. Međutim, odabirom odgovarajućih eksperimentalnih metoda može se dobiti visoka razlučivost i u frekventnoj domeni. Primjer za to su ultrakratki pulsevi visoke repeticije koji čine optički frekventni češalj. Atom-ska spektroskopija frekventnim češljem omogućuje istovremeno praćenje vremenske dinamike sistema uz veliku spektralnu razlučivost. Frekventni češalj u frekventnoj domeni preslikava se u češalj atomskih brzina, čime se ostvaruje mogućnost direktne manipulacije različitih brzinskih grupa [1,2].

[1] D. Aumiler, T. Ban, H. Skenderović and G. Pichler, Phys. Rev. Lett. 95, 233001 (2005).

[2] T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderović and G. Pichler, Phys. Rev. A 73, 043407 (2006).

Fuzija atomskih jezgara

Zoran Basrak¹

¹*Laboratorij za teškoionsku fiziku, Institut Ruđer
Bošković, Zagreb*

Nuklearna fuzija je temeljni proces nukleosinteze, a smatramo ju relativno sporim adijabatskim procesom u toku kojeg se dvocentarski potencijal sudarajućih jezgara transformira u jedinstvenu potencijalnu jamu fuzijom nastale jezgre. Zbog snažne atraktivnosti nuklearne sile čim se jezgre dotaknu, tj. počne djelovati kratkodosežni nuklearni potencijal, one se stapaju, fuzioniraju. Da bi došlo do dodira jezgara energija sudara mora biti znatna, a kako bi se savladao na femtometarskim udaljenostima vrlo snažan elektrostatski odboj pozitivno nabijenih jezgara.

Temeljni teorijski opis nuklearne fuzije čini kvantnomehanički problem potencijala s barijerom [1]. Koliko god sve načelno jest jednostavno, još uvijek ima poteškoća da se teorijski predvide vjerojatnosti fuzije pri niskim energijama kod kojih prevladavaju procesi kvantnog tuneliranja. Razvidno je da takvi procesi krucijalno ovise o detaljnom poznavanju jezgra-jezgra potencijala osobito u rubnom području njegovog iščezavanja (vidi npr. [2]).

Osobito atraktivno područje jest fuzija teških jezgara u svrhu nastanka vrlo teških elemenata, znatno težih od urana. Sudarima u akceleratorima ubrzanih jezgara s teškom metom, obično neki od aktinida, do danas je uspjelo fuzijom načiniti elemente sve do atomskog broja 118 (vidi npr. [2]).

Povećanjem energije sudari jezgara postaju žestoki i nimalo adijabatski. Nestaje fuzija a javljaju se još složeniji izrazito disipativni procesi poput multifragmentacije i vaporizacije u kojima se energija sudara brzo rasprši na brojne produkte sudara. Razlozi i mehanizmi nestanka fuzije su samo djelomično razumljeni [3].

[1] C.Y. Wong, Phys. Rev. Lett. 31 (1973) 766.

[2] L. Corradi et al. (eds), Zbornik "Fusion '06", AIP, N.Y., 2006.

[3] Z. Basrak i P. Eudes, Zbornik "Cluster '99", World Scientific, 316

Gravastar protiv crne rupe

Dubravko Horvat¹, Saša Ilijić¹, Anja Marunović¹

¹*Zavod za fiziku, Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilišta u Zagrebu*

Gravastar, tj. GRAvitational VAcuum STAR (svakako da Nijemci imaju svoju verziju, tj. GRA-VA-STERN), je kompaktni (astrofizički) objekt koji bi mogao zamijeniti poznatiju crnu rupu na pijedestalu popularnosti. Crna rupa, ili kako je ranije nosila ime, kolabirajuća zvijezda, rezultat je gravitacionog kolapsa koji, uz ostale njene karakteristike, proizvodi i horizont događaja, a on (još uvijek) predstavlja teškoću pri razmatranju svojstava i interpretacije rješenja jednadžbi polja koja predstavljaju crnu rupu. Gravastar je također rezultat gravitacionog kolapsa, a predložen je nedavno kao alternativa crnoj rupi [1]. On ne pati od problema horizonta već posjeduje druga (egzotična) svojstva koja ovdje razmatramo kroz postojeća rješenja Einsteinovih jednadžbi polja Opće teorije relativnosti. Od prvobitno zamršenog modela ljuski i slojeva [1], dolazimo, preko saznanja o anizotropnim svojstvima tvari koja čini gravastar [2], do zanimljivih rješenja [3,4], čija su daljnja svojstva i realizacije predmet novih istraživanja.

[1] Mazur PO, and Mottola E, Proc.Nat.Acad.Sci. **111** (2004) 9545

[2] Cattoen C, Faber T, Visser M, Class. Quantum Grav. **22** (2005) 4189

[3] DeBenedictis A, Horvat D, Ilijić S, Kloster K, Viswanathan KS, Class. Quantum Grav. **23** (2006) 2303

[4] Bilić N, Tupper GB, Viollier RD, J.Cosmol.Astropart.Phys. **0602** (2006) 013

Kolosalni magnetootpor čak i u supravodljivim rutenat-kupratima

Miroslav Požek¹, Antonije Dulčić¹, Ivan Kupčić¹, Amir Hamzić¹, Dalibor Paar¹, Mario Basletić¹, Emil Tafra¹, Grant V. M. Williams²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*

²*Industrial Research Limited, Lower Hutt, Novi Zeland*

Metalni oksidi u obliku perovskitnih struktura vjerojatno su najproučavaniji materijali posljednjih desetljeća [1]. Jednu klasu tih materijala čine visokotemperaturni supravodiči temeljeni na ravninama bakrovih oksida, a druga vrlo proučavana klasa materijala temelji se na ravninama oksida magnetskih iona koji su najpoznatiji po kolosalnom magnetootporu.

Hibridni materijali $\text{RuSr}_2\text{RCu}_2\text{O}_8$ objedinjuju te dvije skupine materijala. U njima koegzistiraju dvije vrste, naizgled antagonističkih, dugodosežnih uređenja: supravodljivost i feromagnetizam. Detaljnim proučavanjem mikrovalnih svojstava, magnetotransporta te Hallova efekta na nizu uzoraka raznih dopiranja, pokazali smo da se vodljiva i supravodljiva svojstva mogu korelirati s koncentracijom slobodnih šupljina u slojevima bakrovih oksida. Međutim, za interpretaciju ponašanja magnetootpora i anomalnog Hallova otpora nužno je u razmatranja tenzora vodljivosti uvesti i delokalizirane elektrone u ravninama rutenijevih oksida. Njihov broj je vrlo malen, ali oni osjećaju veliku magnetootpornost usporedivu s onom u manganitnim strukturama poznatim po kolosalnom magnetootporu.

[1] M. Imada, A. Fujimori, and Y. Tokura, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 1039 (1998).

B fizika i CP narušenje na LHCu

Blaženka Melić¹

¹*Zavod za teorijsku fiziku, Institut Ruđer Bošković,
Zagreb*

U ovoj dekadi postoje brojni napori da se istraže B-mezonski raspadi koji pružaju mogućnost za detaljni test opisa kvarkovskog sektora kao i CP narušenja u Standardnom Modelu (SM). Zahvaljujući povećanoj preciznosti mjerenja B raspada u dosadašnjim B-eksperimentima, CP narušenje je sada dobro utemeljen fenomen u B-mezonskom sustavu. Iako postoji sve više indicija da se fenomeni CP narušenja mogu opisati unutar SM, nije isključeno da postoji značajan doprinos nove fizike. Bolji uvid u taj problem se može dobiti detaljnim proučavanjem B-mezonskih raspada što je i ključni cilj programa B-fizike na LHC-u. Izložiti ćemo teorijske aspekte najznačajnijih kanala raspada B-mezona koji će se mjeriti, te ćemo preispitati koliko postoji prostora da se učinci nove fizike vide u tim raspadima.

[1] R. Fleischer, "CP violation and B physics at the LHC", hep-ph/0703112.

[2] G. Duplanić, A. Khodjamirian, Th. Mannel, B. Melić, N. Offen: "Light-cone sum rules for B \rightarrow pi form factors revised", in preparation.

Elektroprodukcija hiperjezgara

Darko Androić¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu; HKS kolaboracija*

Prva elektroprodukcija hiperjezgara napravljena je u eksperimentu E089-009 izvedenom na TJNAF-u 2000. godine[1]. Eksperiment je demonstrirao mogućnost tvorbe hiperjezgara upotrebom elektronskog snopa posebne kvalitete.

Ovom fazom eksperimentiranja dobivena je dobra rezolucija, no vrijeme skupljanja podataka je ocijenjeno predugim. Glavnim uzrokom visokog broja registriranih događaja proglašeni su pozadinski učinci Moellerovog raspršenja i zakočnog zračenja. Uočeno je da se malim nagibom elektronskog spektrometra u odnosu na ravninu raspršenja definiranu elektronskim snopom i kaonskim spektrometrom može ta pozadina smanjiti. Uslijedio je eksperiment (E01-011) s novim kaonskim spektrometrom visoke rezolucije. Kaonska grana eksperimenata osobito je važna obzirom da se događaji prihvaćaju prema detektiranom kaonu u konačnom stanju[2].

Eksperiment E01-011 završen je u jesen 2005. godine i pokazao je utemeljenost nadogradnje eksperimentalne aparature. Proces analize podataka još je u tijeku, no i sadašnji rezultati ukazuju na ostvarenu kvalitetnu (submevsku) rezoluciju. Trenutna obrada rezultata mjerenja teče paralelno s izgradnjom eksperimentalne aparature s novim spektrometrom i u elektronskoj grani detektorskog sustava. Kvalitetna hipernuklearna spektroskopija zahtjeva rezolucije reda stotinjak keV-a, a ona bi trebala novom aparaturom biti dosegnuta u eksperimentu predviđenom za 2008. godinu.

[1] High resolution spectroscopy of the B-12(Lambda) hypernucleus produced by the $(e,e'K^+)$ reaction, Phys. Rev. Lett **90** (2003) 232502

[2] Future hypernuclear program at JLab Hall C, Nucl. Phys. **A 754** (2005) 421-429

Biofizika žive stanice

Iva Tolić-Nørrelykke¹

¹*Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics, Dresden, Njemačka*

Stanica je atom života, a sastoji se od jezgre i citoplazmatskog "oblaka". Da bismo razumjeli kako stanica funkcionira, uz poznavanje gena i proteina, potrebno je razumjeti fizikalne principe koji vode udruživanje molekula i prostorno-vremensku organizaciju stanične unutrašnjosti [1]. Pogreške u pozicioniranju staničnih dijelova mogu uzrokovati staničnu smrt ili bolesti poput raka. Ključnu ulogu u prostornoj organizaciji stanice ima citoskelet, koji je sastavljen od mreže proteinskih vlakana kao što su mikrotubuli.

Moja se grupa bavi pitanjem **kako mikrotubuli organiziraju staničnu unutrašnjost**. Da bismo neposredno proučavali staničnu organizaciju, razvili smo laserske metode (kombinaciju nelinearne mikroskopije, laserskih škara i laserske stupice) uz pomoć kojih je moguće mehanički narušiti tu organizaciju, npr. seciranjem pojedinih mikrotubula i premještanjem stanične jezgre [2]. Naši su eksperimenti na kvascu kao staničnom modelu pokazali da sila polimerizacije mikrotubula odguruje jezgru od rubova stanice i tako je smješta u središte stanice tijekom interfaze (razdoblja između staničnih dioba). Nasuprot tome, za vrijeme spolnog života kvasca, mikrotubuli i molekularni motori vuku jezgru prema krajevima stanice i proizvode oscilacije jezgre. Stoga stanica stvara od istih gradjevničkih jedinica, ali uz pomoć različitih interakcija, različite mehaničke funkcije ovisno o specifičnim potrebama tijekom staničnoga ciklusa.

[1] I.M. Tolić-Nørrelykke *et al.* Anomalous diffusion in living yeast cells. *Phys. Rev. Lett.* **93**, 078102 (2004).

[2] I.M. Tolić-Nørrelykke *et al.* Nuclear and division-plane positioning revealed by optical micromanipulation. *Curr. Biol.* **15**, 1212 (2005).

Uloga elektrostatskih interakcija u samosastavljanju RNA virusa

Antonio Šiber¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Virusi se sastoje od RNA ili DNA molekule zapakirane unutar omotača sačinjenog od proteina [1]. Jednostruka virusna RNA molekula (ssRNA) ima značajan negativan naboj ($\sim e$ po nukleotidu), a proteini omotača ssRNA virusa su tipično pozitivno nabijeni [2]. ssRNA virusi se u povoljnim uvjetima pH i slanosti spontano sastavljaju i stoga ih se može smatrati strukturama koje minimiziraju slobodnu energiju sustava [3]. Preciznost samosastavljanja i nastanak funkcionalnih virusa navodjeni su i elektrostatskim interakcijama koje djeluju između virusne ssRNA molekule, proteina, ali i slobodnih iona (soli). Postojanje elektrostatskih interakcija nameće i ograničenja na dužinu RNA molekule koja se može upakirati unutar proteinskog omotača, a da sastavljanje virusa i dalje bude spontano. Elektrostatske interakcije rezultiraju i efektivnim tlakom (~ 0.5 atm) koji djeluje prema unutrašnjosti ssRNA virusa, što je vrlo različito od dsDNA virusa [4,5]. Količina soli u otopini također bitno utječe na sastavljanje virusa, a u velikim koncentracijama soli (~ 1 M NaCl), termodinamički je povoljnije sastavljanje praznih virusnih omotača (nefunkcionalnih "virusa") [6].

[1] T. S. Baker *et al*, Microbiol. Mol. Biol. Rev. **63**, 862 (1999).

[2] V.A. Belyi and M. Muthukumar, Proc. Natl. Acad. Sci. **103**, 17174 (2006).

[3] R. F. Bruinsma *et al* Phys. Rev. Lett. **90**, 248101 (2003).

[4] D. E. Smith *et al*, Nature (London) **413**, 748 (2001).

[5] A. Šiber, Phys. Rev. E **73**, 061915 (2006).

[6] A. Šiber and R. Podgornik, in preparation.

Kratkovremenska dinamika u Pottsovom modelu s dugodosežnim međudjelovanjem

Zvonko Glumac¹, Katarina Uzelac²

¹*Odjel za fiziku, Sveučilište u Osijeku*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

U feromagnetskom Pottsovom modelu s dugodosežnim međudjelovanjem koje opada s udaljenošću r kao $r^{-(1+\sigma)}$ može doći do promjene iz faznog prijelaza drugog reda u prijelaz prvog reda variranjem parametra dosega σ [1]. Trikritična točka $\sigma_c(q)$ koja razdvaja dva režima i općenito ovisi i o broju stanja nije poznata egzaktno. U blizini te točke, prijelaz prvog reda je vrlo slab, i ona je teško dostupna standardnim pristupima pomoću renormalizacijske grupe ili ravnotežnih Monte Carlo simulacija [2]. Na primjeru 1D Pottsovog modela s $q = 3$ stanja prikazat ćemo istraživanja prijelaza prvog reda u blizini σ_c pomoću dinamičkih Monte Carlo simulacija [3]. Polazeći od potpuno uređenog ili potpuno neuređenog početnog stanja, pratili smo relaksaciju magnetizacije i njezinih viših momenata u ravnotežu na nekoj konačnoj temperaturi. Analiza ovog procesa u kratkom vremenskom intervalu poslije početka relaksacije, daje dvije pseudokritične temperature karakteristične za prijelaz prvog reda. Promjenom parametra σ , ove se dvije temperature stapaju u jednu, i tako određuje trikritičnu točku.

[1] Z. Glumac and K. Uzelac, Phys. Rev. E **58** (1998) 4372

[2] E. Bayong, H-T. Diep, V. Dotsenko, Phys. Rev. Lett. **83** (1999) 14;
K. Uzelac and Z. Glumac, Phys. Rev. Lett. **85** (2000) 5255

[3] L. Schuelke nad B. Zhang, Phys. Rev. E **62** (2000) 7482

Istraživanje kristalne strukture u direktnom i recipročnom prostoru

Ognjen Milat¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Moderni elektronski mikroskopi omogućuju opažanje kristalne strukture, u dva pridružena dualna prostora: u recipročnom prostoru - kroz spektar ogiba, i u direktnom prostoru - kroz ravninu slike.

Kod rendgenske strukturne analize određivanje prostornog rasporeda atoma koji čine molekulu odnosno jediničnu ćeliju vrši se na opažanjima u recipročnom prostoru. Zatim se struktura u direktnom prostoru i elementi simetrije jedinične ćelije izračunavaju i prikazuju kao slikovna informacija u obliku crteža; ovaj drugi korak provodi se računalnim postupcima temeljenim na Inverznoj Fourierovoj Transformaciji (IFT). Nasuprot tome, u elektronskom mikroskopu moguće je opažanje i ogibnog spektra (elektronske difrakcije) i direktne slike kristalne strukture, budući da sama objektna leća mikroskopa vrši optičku IFT. Tako opažena elektronsko-mikroskopijska slika prikazuje kristalnu strukturu u obliku njene kompleksne dvodimenzionalne projekcije. Ta je direktno projekcirana slika općenito neinterpretabilna, i tek ako se kristal orijentira tako da je neka njegova kristalografska os paralelna s optičkom osi mikroskopa, t.j. usmjerena duž projekcijskog smjera, tada položaj i raspored kolona atoma u projekciji jedinične ćelije postaje realno prepoznatljiv.

Elektronsko-mikroskopijsko oslikavanje strukture kompozitnog kristala $(Ca/Sr)_{14}Cu_{24}O_{41}$ u direktnom i recipročnom prostoru omogućilo je razumijevanje veze između osnovne, prosječne i modulirane strukture, kao i uzroka nesumjerljive strukturne modulacije [1].

[1] O. Milat et al. Acta Crystallographica **A48** (1992) 618-625

Anizotropna dc i niskofrekventna vodljivost poddopiranih $(\text{La}, \text{Y})_y(\text{Sr}, \text{Ca})_{14-y}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$

Tomislav Ivek¹, Tomislav Vuletić¹, Bojana
Korin-Hamzić¹, Silvia Tomić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

$(\text{La}, \text{Y})_y(\text{Sr}, \text{Ca})_{14-y}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ su kvazijednodimenzionalni kuprati čiju kompozitnu strukturu čine slojevi kupratnih lanaca i ljestvica. U šupljinama samodopiranom spoju $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ dominantan doprinos električnim svojstvima daje podsustav ljestvica u čijim ravninama dolazi do nastanka faze vala gustoće naboja (VGN). S druge strane, poddopirani ($y > 0$) kvazijednodimenzionalni kuprati za $y \geq 3$ pokazuju bitno različito ponašanje budući da se sve šupljine nalaze na lancima - ne dolazi do VGN prijelaza, a dominantan doprinos električnoj vodljivosti je preskakivanje varijabilnog doseg (eng. variable range hopping) [1]. Intrigantan problem je prebacivanje mehanizma električnog transporta s lanaca na ljestvice kad se y približava 0, pri čemu ljestvice postaju dopirane šupljinama. Visokokvalitetni monokristalni uzorci s $y = 0, 0.55, 1.6, 3, 5.2$ karakterizirani su dc otpornošću i niskofrekventnom dielektričnom spektroskopijom duž dvije kristalografske osi koje definiraju ravnine lanaca odn. ljestvica. Dobivene rezultate diskutiramo u okviru faznog dijagrama [2].

[1] T. Vuletić et al., Phys. Rev. B **67**, 184521 (2003).

[2] T. Vuletić et al., Phys. Rep. **428**, 169-258 (2006).

Mikrovalna ispitivanja tankih filмова niobija

Mihael Grbić¹, Dragan Janjušević¹, Miroslav Požek¹,
Antonije Dulčić¹, Thomas Wagner²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Max-Planck-Institute for Metals Research, Stuttgart,
Njemačka*

Promatrana su mikrovalna svojstva tankih filмова niobija orijentiranih paralelno i okomito s obzirom na DC magnetsko polje mjerenjem kompleksnog frekventnog pomaka za uzorak u rezonantnoj šupljini. Uspoređujući rezultate za tri različite debljine uzoraka do izražaja dolaze efekti smanjene dimenzionalnosti, što stvara preduvjete za različite teorijske pristupe.

U okomitoj orijentaciji [1] najtanji uzorci (10 nm) pokazuju ponašanje slično visokotemperaturnim supravodičima (veliko gornje kritično polje B_{c2} i frekvencija otpinjanja ω_0). Također, mjerenja ukazuju da analiza samo apsorpcijske komponente mikrovalnog odziva takvih uzoraka vodi na krive zaključke. Za potpune podatke o otpornosti tečenja virova ρ_f potrebna su mjerenja obje komponente kompleksnog frekventnog pomaka.

U paralelnoj orijentaciji [2] zanimljivo je promatrati najdeblji uzorak (160 nm) koji omogućuje ulazak dva reda virova. U mjerenju mikrovalnog odziva moguće je opaziti promjene konfiguracije rešetke virova. Ponašanje tog sustava daje informacije o međuinterakciji vorteksa te njihovoj interakciji s rubom uzorka. Rezultati su uspoređeni s razmatranjima ranijih autora.

[1] D. Janjušević, Phys. Rev. B **74** (2006) 104501

[2] M. Grbić, Phy. C, *u tisku*, doi: 10.1016/j.physc.2007.03.415

Hallov efekt kvazi-jednodimenzionalnih kuprata

Emil Tafra¹, Bojana Korin-Hamzić², Mario Basletić¹,
Amir Hamzić¹, Martin Dressel³

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

³*1. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart,
Njemačka*

$\text{Sr}_{14-x}\text{Cu}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ su kvazi-1D kuprati u kojima se naboji i spinovi uređuju unutar podsustava lanaca i ljestvica [1]. Otkriće supervodljivosti pod tlakom (za $x > 10$) potaknulo je intenzivna istraživanja, jer je to prvi supervodljivi kuprat koji ne sadrži CuO_2 ravnine. Pitanje dinamike naboja i raspodjele dopiranih šupljina između podsustava ljestvica i lanaca je još uvijek otvoreno i različite eksperimentalne tehnike su dale kontradiktorne rezultate.

Naši rezultati mjerenja R_H i električne otpornosti pokazuju tipično poluvodičko ponašanje (za $x < 10$). Odredili smo efektivni broj nosioca naboja i njegovu ovisnost o sastavu (x) te ga usporedili s brojem šupljina u sustavu ljestvica (dobivenim drugim mjerenjima). Za $x = 11.5$, koji pokazuje metalno ponašanje, naš rezultat kvalitativno odgovara ponašanju Hallovog koeficijenta za visokotemperaturne supravodiče, koje se u literaturi najčešće pripisuje svojstvu CuO_2 ravnina [2,3].

[1] T. Vuletić, B. Korin-Hamzić, T. Ivek, S. Tomić, B. Gorshunov, M. Dressel, and J. Akimitsu, *Phys. Rep.* **428**, 169 (2006).

[2] Y. Ando, Y. Kurita, S. Komiya, S. Ono, and K. Segawa, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 197001 (2004).

[3] S. Ono, S. Komiya, and Y. Ando, *Phys. Rev. B* **75**, 024515 (2007).

Porijeklo velike pokretljivosti u LAO/STO višeslojnim strukturama

Mario Basletić¹, Emil Tafra¹, Amir Hamzić¹, Herranz
Gervasi², Anatol Khodan², Manuel Bibes³, Cecile
Carretero², Eric Jacquet², Karim Bouzehouane², Agnes
Barthelemy²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*UMP CNRS/THALES, Palaiseau, Francuska*

³*IEF, CNRS Universite Paris-Sud, Orsay, Francuska*

Zbog izolatorskog karaktera i dijamagnetskih svojstava, SrTiO₃ (STO) je često korišten materijal za naparavanje višeslojnih tankih filmova, a u svrhu dobivanja dvodimenzionalnog elektronskog plina velike pokretljivosti. Ohtomo i Hwang (Nature, 427 (2004) 423) su, na 6 nm tankom filmu LaAlO₃ (LAO) naparenom na STO, opazili metalno ponašanje i pokretljivosti veće od 10⁴ cm²/Vs; ta svojstva su u tom radu pripisana dvodimenzionalnom elektronskom plinu, oformljenom na granici STO i LAO.

Naša mjerenja transportnih svojstava ($T \geq 300$ mK, $B \leq 16$ T) [1], pokazala su da metalni karakter i velika pokretljivost tankih filmova LAO na STO supstratu ovise o tlaku kisika za vrijeme pripreme uzorka. Pomoću kutne ovisnosti Shubnikov-de Haas oscilacija magnetootpora i Hall-ovog efekta nedvosmisleno smo utvrdili da je za izmjerena transportna svojstva odgovoran cijeli(!) supstrat STO, te da se radi o trodimenzionalnoj pojavi. Prelazak STO supstrata iz izolatorske u metalnu fazu pripisali smo dopiranju STO-a šupljinama kisika.

[1] G.Herranz, M.Basletić, M.Bibes, C.Carrétéro, E.Tafra, E.Jacquet, K. Bouzehouane, C.Deranlot, A.Hamzić, J.-M.Broto, A.Barthélémy, A.Fert, Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 216803

Kvantizacija temperatura taljenja jednostavnijih organskih spojeva sličnih kemijskih struktura

Antun Rubčić¹, Jasna Rubčić¹, Vladimir Paar¹

¹*Fizički zavod, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

Poznato je da postoji izvjesna regularnost u temperaturama polimorf-nih prijelaza čvrsto-čvrsto ($s-s$) i temperature taljenja ($s-l$) za određenu kemijsku tvar. Na pr. amonijum nitrat (NH_4NO_3) ima četiri prijelaza ($s-s$) i taljenje ($s-l$). Temperature ovih prijelaza definiraju ekvidistantni niz $T_n = n\Delta T + T_0$, gdje je $n=1,2,3,4,5$, ΔT je temperaturna razlika između najbližih susjeda ($\Delta n = 1$), a T_0 je početna temperatura niza za $n = 0$ [1].

Ideju kvantizacije možemo ilustrirati i sa jednostavnim benzenskim derivatima. Za dani derivat, tri različita spoja po geometriji, ali jednaka po kemijskom sastavu daju tri različite temperature taljenja ($s-l$), koje su obuhvaćene gornjom formulom. Proširenje na više različitih radikala daje impresivni spektar diskretnih stanja [2].

Za n -alkane (C_nH_{2n+2}) ($s-l$) se naglo podižu s porastom n , do približno 50, a zatim se postiže jedan plateau sve do $n = 400$. Primjena formalne modifikacije Einsteinovog modela čvrstog tijela dobro opisuje zavisnost ($s-l$) o n . Rezultati [3] će biti uspoređeni sa termodinamičkim pristupom i novijim računskim metodama.

[1] A.Rubčić, J.Rubčić, V.Paar, Quantization of the solid-solid and melting transition temperatures for some elements and simple chemical compounds, Fizika, (na recenziji)

[2] A.Rubčić, J.Rubčić, V.Paar, (rad u pripremi)

[3] A.Rubčić, J.Rubčić, J.S.Chickos, European Polymer Congress, Portorož 02-06, 07, 2007. (rad prihvaćen za prezentaciju)

MEG istraživanje dinamike procesiranja lica

Ana Sušac¹, Selma Supek¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Magnetoencefalografija (MEG) ima milisekundnu vremensku rezoluciju što omogućuje istraživanje neurodinamičkih procesa u mozgu. Lica su posebno zanimljivi vidni podražaji zbog svoje sociološke važnosti. Dosađajna istraživanja dovela su do napretka u razumijevanju procesa vezanih uz prepoznavanje lica, ali još uvijek se malo zna o dinamici tih procesa. U našim studijama posebno smo se usredotočili na proučavanje najranijih odgovora mozga na lica. MEG mjerenja provedena su pomoću 306-kanalnog sustava u magnetski zasjenjenoj prostoriji u BioMag laboratoriju u Helsinkiju. Ispitanici su gledali fotografije lica ili jednostavne crteže dok su im mjerena magnetska polja na površini glave. Prostorno-vremenska analiza je izvršena pomoću softvera Elekta Neuromag, BESA, MRIVIEW i MEGAN. Naši podaci pokazuju da su rani odgovori, 100 ms nakon početka prikazivanja lica, bili osjetljivi na promjenu identiteta i emocionalnog izraza lica, kao i na inverziju lica [1,2]. Pomoću pažljivog eksperimentalnog dizajna pokazali smo da te promjene u ranom odgovoru na lica nisu samo rezultat razlika u fizičkim karakteristikama podražaja (npr. u osvjetljenosti, kontrastu, prostornoj frekvenciji). Razlika u odgovoru na lica i objekte javlja se oko 100 ms u okcipitalnom području [2].

[1] Sušac A, Ilmoniemi RJ, Pihko E, Supek S. Neurodynamic Studies on Emotional and Inverted Faces in an Oddball Paradigm. *Brain Topogr* 2004; 16:265-268.

[2] Sušac A, Ilmoniemi RJ, Pihko E, Nurminen J, Supek S. Early dissociation of face and object processing: a magnetoencephalographic study. (u pripremi)

Istraživanje strukture i morfologije tankih filmova površinski osjetljivim rendgenskim tehnikama

Krešimir Salamon¹, Ognjen Milat¹, Maja Buljan², Uroš
Desnica², Nikola Radić²

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Jedno od važnijih pitanja u znanosti o materijalima je gdje su atomi (ili molekule), tj. da li postoji i kakvo je dugodosezno uređenje u materijalu. Također, kod u novije vrijeme vrlo raširene nanoznanosti materijala, istražuje se morfologija i prostorna raspodjela objekata nanometarskih veličina. To je jednako važno pitanje kod proučavanja površina i tankih površinskih slojeva kao što je i kod proučavanja volumnih materijala. Kod istraživanja nehomogenih, tankih filmova, nekoliko eksperimentalnih tehnika raspršenja x-zračenja se može primjeniti za istraživanje oblika, veličina, korelacijskih duljina i kristalne strukture nehomogenosti. Najuspješnije su tzv. tehnike raspršenja x-zračenja pri malom upadnom kutu ("grazing incidence x-ray scattering") gdje se dubina prodiranja upadnog zračenja može kontrolirati pa se efektivno istražuje tanki površinski sloj. U ovom radu će se pokazati kako se pomoću x-zračenja može uspješno karakterizirati tanki filmovi na primjeru višeslojnog filma koji sadrži izmjenjujuće (Ge+SiO₂) i SiO₂ slojeve. Korištene su tri tehnike: refleksija x-zračenja (XRR), asimetrična difrakcija x-zračenja (AXRD) i raspršenje x-zračenja u mali kut pri malom ili okrnjujućem upadnom kutu (GISAXS). Rezultati analize pokazuju da su se u uzorcima koji su termički tretirani na temperaturama od 600-800 °C izlučili Ge nanokristali, veličine 8-12 nm, koji su ostali 'zarobljeni' u miješanim (Ge+SiO₂) slojevima.

Klasična i kvantna magnetska relaksacija u nanomagnetima

Damir Pajić¹, Krešo Zadro¹, Nikolina Novosel¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Superparamagnetski moment nanomagneta fluktuirá preko potencijalnoga bedema uspostavljenog anizotropijom materijala, a ispod temperature ukočivanja javlja se spora relaksacija magnetizacije ansambla mjerljiva (squid magnetometrom) na vremenskim skalama od sekunde do tjedna, što je određeno aktivacijskim zakonom. Pored toga uočeno je i kvantno tuneliranje magnetizacije ispod temperatura reda 1K.

Proces relaksacije ovisi o raspodjeli nanočestica po veličinama, pa je prepoznavanje tuneliranja problematično, čemu još doprinosi i različitost uređenja površinskog sloja nanočestica od unutrašnjosti, kao u CuFe_2O_4 [1]. Slično je i u slitini $\text{Hf}_{57}\text{Fe}_{43}$ gdje se u nemagnetskoj matrici nalaze magnetske nakupine [2]. Takvih nejasnoća lišeni su jednomolekulski magneti, kakav je Mn_{12} -acetat [3,4]. Tu se kvantno tuneliranje magnetizacije uočava i na magnetskoj histerezi. Stoga su navedene vrste nanomagneta izazovne za proučavanje makroskopskog kvantnog tuneliranja [5].

[1] D. Pajić, K. Zadro, et.al., J. Magn. Magn. Mat. **281** (2004) 353

[2] D. Pajić, K. Zadro, R. Ristić, I. Živković, Ž. Skoko, E. Babić, J. Phys.: Condens. Matter **19** (2007) 296207

[3] D. Pajić, K. Zadro, T. Frišćić, N. Judaš, E. Meštrović, Fizika A **8** (1999) 253

[4] M. Reissner, J. Beiter, D. Pajić, K. Zadro, G. Hilscher, W. Steiner, AIP Conf. Proc. **850** (2006) 1135

[5] D. Gatteschi, R. Sessoli, J. Villain, Molecular Nanomagnets, Oxford University Press 2006, Oxford, UK; L. Gunther, B. Barbara (Ur.), Quantum Tunneling of Magnetization, Kluwer Academic Publishers 1995, Dordrecht, NL

Istraživanje $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ nanočestica u amorfnoj matrici elektronskom mikroskopijom i difrakcijom

Anđelka M. Tonejc¹, Mile Ivanda², Antun Tonejc¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Nanokristalinični materijali dimenzija 1 do 10 nm imaju povoljna svojstva za primjenu u optoelektroničkim uređajima. Nanokristalinični CdS, CdSe i $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$, kada su ugrađeni u amorfnu matricu, nadmašuju ostale materijale svojom visokom optičkom kvalitetom i velikom stabilnošću. Proučavali smo komercijalna Schott filter stakla sa nanokristalima $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ u raznim koncentracijama. Ispitivana je struktura i mikrostruktura ($D=2.6$ do 6.7 nm) metodama transmisijske elektronske mikroskopije, pogotovo elektronskom difrakcijom. Naime, kod ovih materijala rentgensku difrakciju nije moguće primijeniti tako da je elektronska difrakcija jedina moguća metoda za strukturnu analizu. Rezultati su uspoređeni sa rezultatima dobivenih Raman spektroskopijom. Rezultati pokazuju vrlo dobro slaganje distribucija i srednjih veličina kristalita/čestica. Time je pokazano, kao što smo već prije objavili za druge sisteme, te za slobodne nanokristalne čestice dobivene "sol-gel" metodom [1,2], da je Raman spektroskopija metoda koja daje izvrsne rezultate pri mikrostrukturnim istraživanjima nanokristaliničnih materijala.

[1] M. Ivanda, A.M. Tonejc, I. Djerdj, M. Gotić, S. Musić, G. Mariotto and M. Montagna, In Lecture Notes in Physics: Nanoscale Spectroscopy and Its Applications to Semiconductor Research, Eds. Y. Watanabe et al., Springer Verlag 2002, pp16-27.

Magnetska svojstva heterometalnog (Cu^{II} i Cr^{III}) kompleksnog spoja

Nikolina Novosel¹, Damir Pajić¹, Krešo Zadro¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

U posljednjih nekoliko godina kemijskom sintezom dobiveno je mnogo različitih homo- i heteropolinuklearnih kompleksnih spojeva. Paramagnetski centri ovih kompleksnih spojeva najčešće su ioni prijelaznih metala koji su međusobno premošteni dijamagnetskim ligandima, koji omogućuju prijenos interakcije izmjene između pojedinih iona. Magnetska svojstva ovih kompleksnih spojeva određena su interakcijom izmjene između paramagnetskih iona te anizotropnim i antisimetričnim interakcijama (npr. cijepanje energijskih nivoa u odsustvu polja)^[1].

U ovom radu promatrana su magnetska svojstva heteropolinuklearnog kompleksnog spoja [Cu(bpy)₃]₂[Cr(C₂O₄)₃]NO₃·9H₂O (bpy = 2,2'-bipiridin). Uzimajući u obzir poznatu kristalnu strukturu kompleksnog spoja te ranija magnetska istraživanja ovog spoja isključili smo postojanje interakcije izmjene između Cr^{III} i Cu^{II} iona te između dva Cu^{II} iona. Na niskim temperaturama opažena je magnetska anizotropija koja je posljedica cijepanja energijskih nivoa Cr^{III} iona u odsustvu polja. Mjerenjem makroskopske magnetizacije monokristaliničnog uzorka kompleksnog spoja te korištenjem izračunatog egzaktnog izraza za magnetizaciju određen je aksijalni parametar cijepanja energijskih nivoa Cr^{III} iona u odsustvu polja^[2].

[1] M. Jurić, P. Planinić, N. Brničević, D. Milić, D. Matković-Čalogović, D. Pajić, K. Zadro, *Eur. J. Inorg. Chem.* (2006) 2701

[2] N. Novosel, D. Žilić, D. Pajić, K. Zadro, B. Rakvin, M. Jurić, B. Perić, P. Planinić, poslano u *Solid State Sciences*

Fazni dijagram Ag-W binarnog sistema

N. Radić¹, M. Ristić¹, R. Grötzschel², Ž. Skoko³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Forschungszentrum Rossendorf, Dresden, Njemačka*

³*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Rezultati atomističkog modeliranja relativne stabilnosti mogućih (meta-stabilnih) faza u ekstremno nemješljivom Ag-W sistemu objavljeni su nedavno (1) Ovdje prikazujemo eksperimentalni "fazni dijagram" sistema Ag-W dobiven strukturnom analizom metastabilnih Ag-W slitina.

Tanki filmovi Ag-W slitina pripremljeni su u širokom rasponu sastava magnetronskom kodepozicijom srebra i volframa. Kemijski sastava filma određen je RBS metodom, a struktura je ispitana XRD i SEM tehnikama. U rasponu sastava Ag₉₄W₆-Ag₁₂W₈₈ nije dobiven potpuno amorfn film. Prezasićena čvrsta otopina Al(W) sa fcc strukturom formira se pri <0,3 at. udjela W, dok se bcc čvrsta otopina formira pri većem udjelu volframa. Nanokristalna bcc faza (zrna veličine oko 5 nm) formira se u Ag-W slitinama sa 0,3-0,5 at. udjela W. Elektronska mikroskopija (SEM) pokazuje značajne razlike unutar ispitanog raspona sastava: na granici fcc kristalne strukture kompaktni film nanočestica (20-30 nm) rijetko posut sa razvijenim kristalima veličine nekoliko stotina nanometara. Uzorci sa više volframa imaju lisnatu strukturu dekoriranu na površini sa čestim veličine 20-tak nm na međusobnoj udaljenosti oko 50-100 nanometara. U području sastava u kojem film ima nanokristalnu strukturu, film je izgrađen od gusto poslaganih diskolikih čestica pokrivenih na površini kristalčićima veličine nekoliko desetaka nanometara.

[1] X.D. Dai, J.H. Li, H.B. Gao, and B.X. Liu, J. Appl. Phys. 101, 3516 (2007)

Depozicija tankih filmova silicija i silicijevog oksida metodom LPCVD

M. Ivanda¹, H. Gebavi¹, D. Ristić¹, K. Furić¹, S. Musić¹,
M. Ristić¹, S. Zonja², P. Biljanović²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Fakultet elektronike i računarstva, Zagreb*

Biti će opisana kemijska metoda depozicije tankih filmova silicija i silicijevog oksida iz pare pod niskim tlakom LPCVD [1]. Kratko će biti opisane eksperimentalne tehnike Ramanove i FTIR spektroskopije, SEM i AFM analize kao i metode cetiri siljka s posebnim naglaskom na primjenu u karakterizaciji pripremljenih filmova [2]. Biti će opisana moguće primjena Si i SiO₂ filmova u razvoju polisilicijskog grijaca i senzora, kao i nanokristalnih silicijskih filmova za primjene u fotonici.

[1] M. Ivanda, H. Gebavi, D. Ristic, K. Furic, S. Music, M. Ristic, S. Zonja, P. Biljanovic, O. Gamulin, M. Balarin, M. Montagna, M. Ferarri, and G. C. Righini, Silicon Nanocrystals By Thermal Annealing Of Silicon Reach Oxide Prepared By LPCVD Method, *J. Mol. Struct.* 834 (2007) 461.

[2] M. Ivanda, K. Furic, S. Music, M. Ristic, M. Gotić, D. Ristic, A.M. Tonejc, I. Djerdj, M. Montagna, M. Ferrari, A. Chisaera, Y. Jestin, G. C. Righini, W. Kiefer, Low Frequency Raman Scattering of Nanoparticles and Nanocomposite Materials, The review paper in the Special Issue: Raman Spectroscopy on Nanomaterials, *J. Raman Spectroscopy* 38, (2007) 647.

Aproksimativne genomske periodičnosti i superperiodičnosti

Vladimir Paar¹, Nenad Pavin¹, Marija Rosandić², Ivan
Basar¹, Matko Glunčić¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Interna klinika, KBC Rebro, Zagreb*

Naš algoritam Key String Algorithm za istraživanje korelacija u genomskoj sekvenci, temeljen na ideji kompjutorske simulacije djelovanja restrikcijskih enzima, je robustan na aproksimativna narušavanja periodičnosti i superperiodičnosti i omogućuje identifikaciju novih superperiodičnih struktura (Higher Order Repeats), tandema ekstremno velikih monomera te parcijalnu disperziju monomernih segmenata. Istražene su CENP-B box i pJ α strukture u Build 36.2 i periferna područja alfoidnog HOR-a. U tijeku je istraživanje aproksimativnih periodičnih i superperiodičnih struktura u seksualnim kromozomima X i Y. Otkrivene su tandemske strukture s 9.5-kb monomerom u kromozomu X i 20.3-kb u Y (s dva multigena), aproksimativnim disperzijama te neodređene strukture ("fuzzy" periodičnost). Polimorfizam tih struktura otvara nove mogućnosti primjene u medicinskoj genetskoj dijagnostici, te forenzičkoj, populacijskoj i evolucijskoj genetici.

[1] V. Paar, N. Pavin, M. Rosandić, M. Glunčić, I. Basar, R. Pezer, S. Durajlija Žinić, ColorHOR novel graphical algorithm for fast scan of alpha satellite higher-order repeats and annotation of human genome, *Bioinformatics* **21** (2005) 846

[2] M. Rosandić, V. Paar, I. Basar, M. Glunčić, N. Pavin, I. Pilaš, CENP-B box and pJ α sequence distribution in human alpha satellite higher-order repeats (HOR), *Chromosome Research* **14** (2006) 735

[3] V. Paar, I. Basar, M. Rosandić, M. Glunčić, Consensus Higher Order Repeats and String Frequency in Human Genome, *Current Genomics* **23** (2007) 93

Ramanovo raspršenje na kvadrupolarnim vibracijskim modovima sfernih nanočestica

Davor Ristić¹, Mile Ivanda¹, Krešimir Furić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Izračunati su Ramanovi koeficijenti vezanja kvadrupolarnih vibracionih modova sferičnih nanočestica različitih materijala koje se nalaze unutar kvarcne matrice. Izračunati koeficijenti su analizirani i uspoređeni sa koeficijentima vezanja simetričnih modova. Izračunati su Ramanski spektri nanočestica različitih materijala unutar kvarcne matrice, te su uspoređeni sa eksperimentalnim podacima.

[1] M. Ivanda, K. Furić, S. Musić, M. Ristić, M. Gotić, D. Ristić, A.M. Tonejc, I. Djerdj, M. Montagna, M. Ferrari, A. Chiasera, Y. Jestin, G. C. Righini, W. Kiefer, *J. of Raman spectroscopy* (2007) 38, 647-659

[2] D. Ristić, M. Ivanda, P. Biljanović, S. Žonja, K. Furić, S. Musić, M. Ristić, M. Montagna, M. Ferrari, and G. C. Righini, *Proceedings of the MIPRO 2007 30th international convention*, edited by P. Biljanović and K. Skala pp. 40-44 (2007)

Kondo feromagnet CePt

M. Očko¹, K. Zadro², Dj. Drobac¹, V. Bermanec³, I. Aviani¹, Ž. Šimek¹, E. D. Bauer⁴, D. Mixon⁴, J. L. Sarrao⁴

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

³*Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

⁴*Los Alamos National Laboratory, NM, SAD*

U cilju boljeg razumijevanja CePt, tipičnog predstavnika Kondo feromagneta [1], provedena su opsežna istraživanja $Ce_xLa_{1-x}Pt$ i $Ce_xY_{1-x}Pt$ sistema slitina. Ovdje prikazujemo strukturna istraživanja, mjerenja ac i dc susceptibilnosti te mjerenja transportnih svojstava od 2K to 320 K. Rezultati istraživanja mogu se dobro opisati pomoću Doniachovog dijagrama. Ipak, ističemo i diskutiramo neke pojedinosti. Npr., kondo karakteristike mogu se jasno uočiti samo kod slitina koje pokazuju umanjeni magnetski moment. Zanimljivo je da su takve slitine samo one u kojima je Ce zamijenjen sa Y. Vezano uz taj problem, diskutiramo procjenu magnetskog momenta iz feromagnetske faze. Osim toga, diskutiramo koncentracijsku ovisnost temperature feromagnetskog prijelaza. Kao prvo, ovisnost je linearna i ne ovisi o dopandu. Na osnovu tih činjenica izgleda da RKKY nije, ili nije jedina, odlučna za formiranje feromagnetske faze.

[1] D. Gignoux and J. C. Gomez-Sal, Phys. Rev. B, **30** (1984)

Korelacija optičkog, rendgenskog i gama-zračenja iz blazara

Dario Hrupec¹, Daniel Ferenc²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*University of California, Davis, SAD*

Emisijski spektar blazara (aktivnih galaktičkih jezgara čiji su relativistički mlazovi usmjereni prema nama) kontinuirani je netermički spektar koji se proteže od radiovalova do gama-zraka vrlo visokih energija. Stoga je za razumijevanje blazara nužan viševalni pristup: opažanje istog objekta u različitim valnim područjima. U visokoenerijskom području emisija blazara je brzopromjenljiva i ponekad pokazuje bljeskove (iznenadne i snažne promjene intenziteta emisije).

U analiziranim podacima jednog bljeska (za blazar Mkn 501) i jedne tihe faze (za blazar Mkn 421) izdvojili smo primjere krivulja sjaja koje ukazuju na moguće kašnjenje fotona emitiranih na različitim energijama. Takva kašnjenja, prvi put opažena vrlo nedavno, izazvala su veliko zanimanje te se intenzivno analiziraju.

Postojeća fizika blazara mogla bi pronaći emisijske mehanizme koji dovode do takvih kašnjenja. Posebno je zanimljiva činjenica da bi kašnjenja mogla biti rezultat narušenja Lorentzove simetrije (što povlači ovisnost brzine svjetlosti o energiji fotona) kao što predviđaju neke teorije kvantne gravitacije. U ovome je radu razmotrena upravo ta mogućnost te je iz vremenskih iznosa kašnjenja postavljena granica učinaka kvantne gravitacije.

[1] J. Albert et al, Variable VHE Gamma-ray Emission from Markarian 501, ApJ 669 (2007) in press

[2] Dario Hrupec, PhD Thesis, University of Zagreb (2007)

Primjena femtosekundnih lasera na izvore svjetlosti

Goran Pichler¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Spektar visokotlačnih natrijevih žarulja nije posve zadovoljavajući, pa se istraživanja intenziviraju prema izuzetno intenzivnim izbojima s najširoom primjenom. Pored toga se kontinuirani spektar cezijeve pulsne visokotlačne žarulje pokazuje kao ozbiljan konkurent s vrlo visokom reprodukcijom boje uz mogućnost nesmetanog zatamnjenja [1,2]. Pored niza vrlo zanimljivih spektralnih pojava koje ćemo prikazati i objasniti na osnovi poznavanja interakcije atoma i molekula u plazmi, dat ćemo i prikaz najnovijih događanja na području LED i OLED tehnologije. Kao poseban doprinos ovom skupu iznijet ćemo preliminarne rezultate eksperimenata u kojima ćemo na gore navedene izvore svjetlosti djelovati različitim femtosekundnim laserima.

[1] G. Pichler, V. Živčec, R. Beuc, Ž. Mrzljak, T. Ban, H. Skenderović, K. Guenther and J. Liu, *Physica Scripta* Vol. TXX, 1 (2003)

[2] G. Pichler, *Light Sources 2007*, Shanghai, CP158, pp. 513 (2007)

Ultratanki slojevi srebra na (111) površini nikla

Vesna Mikšić-Trontl², Ivo Pletikosić¹, Petar Pervan¹,
Milorad Milun¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fakultet elektronike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu*

U radu su prezentirani rezultati istraživanja rasta i elektronskih svojstava ultratankih slojeva srebra na (111) površinu nikla u rasponu pokrivenosti od nekoliko desetina monosloja (ML) do desetak ML. Strukturna svojstva slojeva srebra ispitana su metodom difrakcije niskoenergetskih elektrona (LEED) i skenirajućom tunelskom mikroskopijom (STM) s atomskom razlučivošću. Zbog velike razlike u veličini konstanti rešetke srebra i nikla, srebreni film u prvom sloju pokazuje Moire strukturu koja se jasno opaža u STM slikama površine. Valentna vrpca ovog sistema je istražena upotrebom fotoelektronske spektroskopije ultraljubičastim zrakama sa visokom razlučivošću u kutu i energiji (HRUPS). Elektronska svojstva slojeva srebra su bitno uvjetovana međusobnim odnosom elektronskih struktura Ni(111) površine i Ag slojeva i nesumjerljivošću konstanti rešetaka. Nesumjerljivost rešetaka podloge i sloja dovodi do djelomične refleksije s-p valentnih elektrona srebra što u konačnici ima za posljedicu formiranje rezonantnih stanja.

[1] V. Mikšić Trontl, Disertacija, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb 2005

[2] M. Milun, P. Pervan, P.D. Woodruff, Rep Prog Phys 65(2002)99-141

Piroelektrični akcelerator

Saša Blagus¹, Mladen Bogovac¹, Mladen Koncul¹, Kasim Kovačević¹, Krešimir Kvastek¹, Đuro Miljanić¹, Andrea Moguš-Milanković¹, Karlo Nađ¹, Ana Šantić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Promjenom temperature piroelektričnog kristala mijenja se polarizacija duž polarne osi. U vakuumu zbog nekompenziranog naboja između +z i -z baze kristala tada nastaje razlika potencijala od stotinjak kilovolti. U nedavnim istraživanjima [1, 2] korišteni su monokristali LiTaO_3 kao izvor visokog napona za ubrzavanje iona deuterija i generiranje 2.5 MeV neutrona u nuklearnoj reakciji ${}^2\text{H}(\text{d},\text{n}) {}^3\text{He}$. U ovom radu je istraživana monokristal LiNbO_3 kao mogući izvor visokog napona za ionizaciju deuterija i ubrzavanje ${}^2\text{H}^+$ iona u svrhu generiranja 14 MeV neutrona i 16 MeV protona u reakcijama ${}^3\text{H}(\text{d}, \text{n}) {}^4\text{He}$, odnosno ${}^3\text{He}(\text{d},\text{p}) {}^4\text{He}$. Unutar vakuumske komore, -z baza monokristala LiNbO_3 , promjera 30 mm i debljine 10 mm je pomoću električki i termički vodljivog ljepljivog ljepljivog učvršćena na mjedeni nosač s termoelektričnim grijačem i termoparom. Na +z bazu kristala je istim ljepljivom učvršćena srebrena folija s centralno postavljenim volframovim šiljkom. U atmosferi deuterija (0.16 – 0.54 Pa) kristal se grije do 423K i nakon toga spontano hladi do sobne temperature. Ubrzani ioni deuterija bombardiraju staru tricijevu metu sa znatnom količinom ${}^3\text{He}$, nastalog raspadom tricija. Neutroni iz nuklearne reakcije se detektiraju pomoću neutronskog detektora sa scintilatorom, koji sadrži ${}^6\text{Li}$, dok se nabijene čestice detektiraju pomoću silicijeve fotodiode. Podaci o temperaturi kao i signali iz nuklearnih reakcija simultano se zapisuju na računalo za kasniju obradu.

[1] B. Naranjo, J.K. Gimzewski and S. Putterman, Nature **434** (2005) 1115

[2] J. Geuther, Y.Danon, and F. Saglime, Phys. Rev. Lett **96** (2006) 054803

Srednja energija stvaranja ionskoga para za čestice i plinove koji se koriste u radioterapiji

Ines Krajcar Bronić¹

¹*Institut Ruder Bošković, Zagreb*

U radioterapijskim postupcima koriste se elektroni i fotoni, protoni i ugljikovi ioni visokih energija. Hadronska radioterapija se posljednjih godina jako razvija zbog karakterističnih fizikalnih i radiobioloških svojstava tih čestica. Prilikom ozračivanja potrebno je poznavati i mjeriti dozu predanu tkivu. Jedna od osnovnih veličina koje se mjere je ukupni broj stvorenih elektrona, koji se često izražava pomoću veličine W , srednje energije stvaranja ionskog para [1]. To je prosječna energija koju je upadna ionizirajuća čestica energije E utrošila na stvaranje jednog para elektrona i pozitivnog iona prije potpunog zaustavljanja. W ovisi o vrsti i energiji čestice i o ozračenoj tvari. Za čestice vrlo visokih energija, koje samo dio energije ostave u tkivu, koristi se diferencijalna srednja energija stvaranja ionskog para, w . Za dovoljno visoke energije vrijedi aproksimacija $w = W$.

Dostupni podaci o W su često nepotpuni i nesustavni. Najbolje je istraženo međudjelovanje elektrona i raznih plinova. Za elektrone energije ispod 10 keV opaža se značajna energijska ovisnost (porast W s padom početne energije elektrona), a za više energije gotovo nema energijske ovisnosti. Za visokoenergijske protone dostupni su podaci za W u dušiku, metanu, TE smjesama i zraku. Većina podataka za ugljikove ione odnosi se na energije ispod 1 MeV/amu, a za područje viših energija koje se koriste u radioterapiji (200 do 400 MeV/amu) nema mnogo podataka.

[1] D. Srdoč, M. Inokuti, I. Krajcar Bronić, IAEA TECDOC-799, 1995, 547-631

Utjecaj strukturalnog nereda na vodljivost dopiranog polianilina

M. Novak¹, M. Baćani¹, D. Babić¹, I. Kokanović¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Vodljivi polimer polianilin sintetiziran je korištenjem oksidacijske polimerizacije anilina u vodenoj otopini HCl-a. Rendgenskom difrakciom utvrđeno je da nedopirani uzorak ima potpuno amorfnu strukturu te da dopiranjem dolazi do stvaranja kristaliničnih zrna. U slučaju maksimalno dopiranog uzorka, veličina kristalnih zrna iznosi oko 4 – 5nm, a stupanj kristaliničnosti oko 40%, što upućuje na prisutnost značajnog strukturalnog nereda (SN) u uzorcima. Navedene vrijednosti se smanjuju smanjivanjem stupnja dopiranja. Svi uzorci podvrgnuti su mjerenju ovisnosti električne vodljivosti o temperaturi u temperaturnom području od 300 K do 30 K, odnosno do prelaska u izolator. Utvrđeno je da pokazuju nemetalno ponašanje, odnosno vodljivost im opada snižavanjem temperature, te ovisno o stupnju dopiranja na različitim niskim temperaturama prelaze u izolator. Ovisnost električne vodljivosti svih uzoraka u temperaturnom području ispod 200K najbolje se može opisati izrazom: $\sigma(T) = \sigma_0 \exp[-(\frac{T_0}{T})^\alpha]$. Navedena ovisnost upućuje da je mehanizam vođenja nosioca naboja (NN) takozvani *variable-range hopping* odnosno da su valne funkcije (NN) lokalizirane. Parametar α poprima vrijednosti 0.5 odnosno 0.4 ovisno o stupnju dopiranja. Navedena promjena parametra mogla bi biti povezana s količinom SN u uzorcima prema teorijskom modelu koji je predložen od strane Fogler i surad.¹ Preliminarna istraživanja napravljena korištenjem *4-dodecilbenzensulfonske kiseline* kao dopanda pokazala su da i u tom slučaju postoji fizikalno zanimljiva ovisnost vodljivosti o temperaturi i o dopiranju.

[1] M.M. Fogler, et al. Phys. Rev. B **69**, 035413 (2004).

Niskotemperaturna transportna svojstva kompleksnih metalnih spojeva

Denis Stanić¹, Ante Bilušić², Igor Smiljanić¹, Neven Barišić¹, Željko Bihar¹, Jagoda Lukatela¹, Jovica Ivkov¹, Boran Leontić¹, Ana Smontara¹

¹*Laboratorij za istraživanje transportnih problema,
Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fakultet prirodoslovno-mat. znanosti i kineziologije,
Split*

Istraživana su svojstva prijenosa električnog naboja i topline klase kompleksnih metalnih spojeva, karakteriziranih izuzetno velikim jedinčnim ćelijama; $Mg_{32}(Al,Zn)_{49}$ [1], ξ' - $Al_{74}Pd_{22}Mn_4$ [2], β - Al_3Mg_2 i ϵ -faza (Al-Pd-prijelazni metal) [3] poznatih i kao kvazikristalni aproksimanti [4], čije su j. ć. izgrađene od politetraedarskih struktura prisutnih u kvazikristalima. Prisutnost periodičnosti na prostornoj skali dugoga dosega te neperiodične politetraedarske uređenosti na skali kratkoga dosega kod tih sistema dovodi do ispreplitanja prostorne lokaliziranosti i ne-lokaliziranosti atomskih titranja i nositelja električnog naboja. Otpornost od 1.6 K do 300 K blago se mijenja s temperaturom, što je, kvalitativno, objašnjeno međuigrom delokaliziranosti i lokaliziranosti nositelja naboja. Iznos je termostruje karakterističan za metale, iako bi veliki broj atoma u jediničnoj ćeliji trebao dovesti i do velikog broja raspoloživih elektronskih stanja, a toplinska je vodljivost po svome temperaturnom ponašanju slična onoj kod izolatora.

[1] A. Smontara *et al.*, J. Alloys Comp. **430** (2007), 29

[2] J. Dolinšek *et al.*, Phys. Rev. B **72** (2005), 064208

[3] A. Smontara *et al.*, J. Alloys Comp., In Press.

[4] Ž. Bihar *et al.*, J. Alloys Comp. **407** (2006), 65

Pojačana van der Wallsova interakcija blizu granice između dva medija

Marin-Slobodan Tomaš¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Koristeći nedavno izvedenu (opću) formulu za energiju interakcije između jednog pobuđenog atoma i jednog atoma u osnovnom stanju [1], u ovom se radu promatra van der Waalsov potencijal između takva dva atoma u blizini granice između dva polubeskonačna sredstva. Pokazuje se da se u slučaju rezonantnog vezanja pobuđenog atoma s površinskim polaritonima van der Waalsov atom*-atom potencijal u ovakvim sistemima može pojačati za nekoliko redova veličine u usporedbi s potencijalom između dva izolirana atoma.

[1] Y. Sherkunov, Phys. Rev. A **75**, 012705 (2007)

Transportna svojstva $\text{Co}_{1/3}\text{NbS}_2$ pod visokim tlakom

Igor Smiljanić¹, Neven Barišić¹, Ana Smontara¹, Helmuth Berger², László Forró²

¹*Laboratorij za istraživanje transportnih problema,
Institut za fiziku, Zagreb*

²*École Polytechnique Fédérale de Lausanne, IPMC/SB,
EPFL, Lausanne, Švicarska*

$\text{Co}_{1/3}\text{NbS}_2$ pripada skupini dihalogenida prijelaznih metala interkaliranih prijelaznim metalom. Atomi kobalta nastanjuju oktaedralna mjesta između trigonalnih prizmatičnih slojeva roditeljske faze 2H NbS_2 , gradeći na taj način $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ superrešetku [1]. Dva elektrona po Co atomu prelaze u izvorno polupopunjenu d_{z^2} vrpcu roditeljske faze NbS_2 koja se zbog toga širi i postaje $5/6$ popunjena. Preostalih sedam elektrona na Co ionu su lokalizirani i tvore magnetske momente s ugašenim orbitalnim doprinosom ($3/2$ spinski moment). Ti momenti poprimaju antiferomagnetsko uređenje (poznato kao heksagonalno uređenje prve vrste) na Néelovoj temperaturi $T_N = 26$ K. Fazni prijelaz je uzrokovan dvama konkurentskim međudjelovanjima: RKKY međudjelovanjem i superizmjenom preko susjednih sumporovih iona [2]. Jakosti tih međudjelovanja se mogu mijenjati primjenom visokog tlaka. Mjerili smo električnu otpornost i termostruju u temperaturnom području od 1.6 do 800 K i pod tlakom do 1.8 GPa u temperaturnom području od 1.6 do 300 K; te toplinsku vodljivost od 2 do 300 K.

[1] S. S. P. Parkin *et al.*, J. Phys. C: Solid State Phys., **16** (1983), 2765

[2] S. S. P. Parkin i R. H. Friend, Phil. Mag. B **41** (1980), 65

Proučavanje međudjelovanja proteina korištenjem računala

Sanja Tomić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Većina staničnih procesa zasniva se na međudjelovanju proteina. Predmet naših istraživanja su kompleksi Ras proteina s njegovim efektorima Raf i RalGDS [1], te Barnase-Barstar kompleks [2]. Ras je prisutan u nizu staničnih procesa gdje služi kao molekularna sklopka. Neke njegove mutacije rezultiraju poremećajima u stanicama, pa ne čudi što su mutanti Ras proteina nađeni kod velikog broja tumora. Barnase je izvanstanična ribonukleaza, a Barstar je njezin stanični inhibitor. Njihov kompleks je jedan od najčvršćih proteinskih kompleksa s konstantom disocijacije oko 10-14M. Odredili smo prirodu najznačajnijih interakcija u navedenim kompleksima te utjecaj točkastih mutacija na njihovu stabilnost. Elektrostatske doprinose nastajanju kompleksa izračunali smo korištenjem Poisson-Boltzmann-ovog pristupa konačnih razlika a primjenom Brown-ove dinamike procijenili smo utjecaj mutacija na brzinu kompleksiranja. Izgradili smo QSAR (Quantitative Structure Activity Relationship) modele za predviđanje slobodne energije vezanja.

[1] Tomić S., Bertoša B., Wang T., Wade C. R., *PROTEINS: Structure, Function, and Bioinformatics* **67** (2007) 435.

[2] Wang T., Tomić S., Gabdoulina R. R., Wade C. R., *Biophysical J.* **87** (2004) 1618

Apsorpcijske vrpce RbCs molekule na površini hladne helijeve kapljice

Mladen Movre¹, Robert Beuc¹, Berislav Horvatić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Izračunati su oblici apsorpcijskih vrpca RbCs molekule na površini hladne helijeve kapljice. Utjecaj helijeve kapljice uzet je u obzir dvojako. Prvo, kapljica je tretirana kao kriostat konačnih dimenzija, što svodi razmatranja na pobuđenja samo iz osnovnog vibracijskog stanja najnižeg singuletnog, odnosno tripletnog stanja. Nadalje, anticipirajući efekte širenja zbog utjecaja kapljice, teorijski je izvedena jednostavna i praktična formula za izračun oblika apsorpcijskih vrpca koja daje dobro slaganje s punim kvantnomehaničkim računom.

[1] R. Beuc, M. Movre, B. Horvatić and G. Pichler: Predictions of absorption bands for RbCs on helium clusters, *Chem. Phys. Lett.* 435, 236-241 (2007)

[2] W.E. Ernst, R. Huber, S. Jiang, R. Beuc, M. Movre, and G. Pichler: Cesium dimer spectroscopy on helium droplets, *J. Chem. Phys.* 124, 024313(6) (2006)

Dielektrična svojstva vodenih otopina genomske DNA

Sanja Dolanski Babić¹, Tomislav Vuletić¹, Tomislav
Ivek¹, Sanja Krča², Silvia Tomić¹, Lorena Griparić³, Rudi
Podgornik⁴

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

³*Department of Biological Chemistry, David Geffen
School of Medicine, UCLA, Los Angeles, SAD*

⁴*Department of Physics, University of Ljubljana,
Slovenija*

Dielektrična spektroskopija u frekventnom području od 40 Hz-110 MHz je primjenjena u istraživanju DNA vodenih otopina. Rezultati pokazuju dva široka relaksacijska moda koji opisuju strukturu jednog lanca i otopine građene od mnoštva lanaca. Karakteristična skala niskofrekventnog procesa u granici niskih ionskih jakosti dodane soli može se prepoznati kao dužina Gaussovog lanca sastavljenog od korelacijskih grudica, a u granici visokih ionskih jakosti kao Odijk-Skolnick-Fixman dužina tvrdokornosti. S druge strane, karakteristična skala visokofrekventnog procesa u vodenim otopinama visokih koncentracija DNA može biti prepoznata kao de Gennes-Pfeuty-Dobrynin korelacijska dužina polielektrolita u otopini. U granici niskih koncentracija DNA i niskih ionskih jakosti dodane soli karakteristična skala odgovara polielektrolitskom lancu s hidrofobnom okolinom[1,2].

[1] 1. S.Tomić, T.Vuletić, S.Dolanski Babić, S.Krča, D.Ivanković, L.Griparić and R.Podgornik, *Phys.Rev.Lett.* 2006, 97, 098303

[2] 2. S.Tomić, S.Dolanski Babić, T.Vuletić, S.Krča, D.Ivanković, L.Griparić and R.Podgornik, *Phys.Rev.E* 2007, 75, 021905

Mjerenje jednostruke spinske asimetrije STAR detektorom

Nikola Poljak¹, Mirko Planinić¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Jednostruka spinska asimetrija (JSA) mjera je koja opisuje koliko su asimetrične spinske funkcije distribucije kvarkova u protonu. Mjerenje asimetrije vršilo se pomoću specijalnog detektora instaliranog na STAR detektoru na RHIC sudarivaču. Sam detektor zove se Forward Pion Calorimeter++ (FPD++) i rezultat je nadogradnje starijeg sustava elektromagnetskih detektora. Na samom sudarivaču ulazni kanal se sastoji od 2 protona energije centra mase sustava od 200GeV.

Izlazni kanal koji se promatra je kanal neutralnih piona (π^0) na velikim jedinicama pseudorapiditeta (3.3 - 3.8). Kanal je odabran jer ga je prilično lako razlučiti od ostalih kanala i daje izvrstan signal sa malo pozadniskog šuma. Rezultati mjerenja pokazuju postojanje spinske asimetrije na nivou 6 standardnih devijacija od nule, što je u dobrom slaganju s trenutnim vodećim teorijskim predviđanjima. S druge strane, ponašanje asimetrije s kinematičkim varijablama u sustavu (longitudinalna i transverzalna komponenta impulsa) samo je u djelomičnom slaganju s teorijom.

[1] Measurements of Transverse Spin Effects with the Forward Pion Detector of STAR. L. Nogach (for the STAR collaboration), hep-ex/0612030

[2] Future of low-x physics at RHIC, L.C.Bland et al., European Physical Journal C, 2005.

Korelaciona analiza kronobioloških oscilacija u humanoj populaciji

Vesna Mikuta-Martinis¹

¹*Zavod za teorijsku fiziku, Institut Ruđer Bošković,
Zagreb*

Biološki sustavi imaju tendenciju da ciklički ponavljaju svoje aktivnosti u vremenu (spavanje, hranjenje, obnova stanica itd.). Period oscilacija kreće se u rasponu od pola sata do jedne godine. Najznačajniji bioritam naziva se cirkadijanski i ima period ~ 24 sata

Mi smo ispitivali utjecaj kronobioloških ritmova na hematopoetski i imunološki sustav čovjeka putem praćenja utjecaja cirkadijanskog ritma na oscilatorno ponašanje nekih važnih parametara kao što su broj i funkcionalna sposobnost imunokompetentnih stanica, staničnih proteina, imunoglobulina (IgA, IgG, IgM) te hormona (kortizol) kao i nekih fizioloških parametara kao što su srčani tlak i frekvencija srčanog ritma.

Ispitivanje je provedeno na grupi od 22 muškarca u dobi od 20 do 23 godine . Obrada eksperimentalnih rezultata te korelaciona analiza provedena je korištenjem ANOVA (ANalysis Of VAriance) testa.

Rezultati istraživanja pokazali su da postoji neosporna veza između kronobioloških oscilacija i promjena vrijednosti fizioloških , imunoloških te humoralnih parametara što svakako ima značajne kliničke implikacije od dijagnostike pa do optimizacije vremena primjene lijekova u terapiji a također i u određivanju optimalnog vremena za transplantacijske zahvate.

[1] J.E.Pauly, American Journal of Anatomy **168** (1983) 365

[2] U. Schibler, J.A. Ripperger, S.A. Brown, Science **293** (2001) 437

[3] V. Mikuta-Martinis, Lj. Matijević-Mašić, *INSC 2006* (2006), 53

Kaotična svojstva optičkih mikrorezonatora oblika eliptičnog stadiona

Vjera Lopac¹, Nenad Pavin², Danko Radić²

¹*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta
u Zagrebu*

²*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Istraživana su svojstva biljara oblika eliptičnog stadiona u sveukupnom parametarskom prostoru. Analize utemeljene na uvođenju dvaju parametara oblika δ i γ pokazale su da je parametarski prostor podijeljen na dva dijela: prvi za $\gamma < 1 - \delta$, a drugi za $\gamma > 1 - \delta$. Granica između tih dvaju područja, koju čine biljari tipa kaotičnog Bunimovičevog stadiona za koje vrijedi $\gamma = 1 - \delta$, okružena je omeđenim područjem potpunog kaosa, dok izvan njega leže široka područja u kojima biljar ima miješanu dinamiku. Izvedeni su i kvantnomehanički proračuni statističkom metodom NNSD analize energijskih razmaka. Raznovrsnost i isprepletenost različitih načina kaotičnog i regularnog ponašanja upućuju na eliptični stadion kao pogodan oblik za optičke mikrorezonatore. Na temelju dosadašnjih istraživanja može se pretpostaviti da bi pažljivi izbor parametara oblika rezultirao kvalitetnim mikrolaserima s visokom usmjerenošću i snagom izlaznog snopa.

[1] V. Lopac, I. Mrkonjić, N. Pavin and D. Radić, *Physica D* 217 (2006) 88

[2] H.G.L. Schwefel, N.B. Rex, H.E. Tureci, R.K. Chang and A.D. Stone, *J. Opt. Soc. Am. B* 21 (2004) 923

Anomalije u elektronskom ramanskom raspršenju na visokotemperaturnim supravodičima

Ivan Kupčić¹, Slaven Barišić¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Antiferomagnetske (AFM) fluktuacije imaju važnu ulogu u istraživanju poddopiranih visokotemperaturnih supravodiča. Neovisno o tome da li je mehanizam supravodljivosti u tim sustavima magnetskog porijekla ili je vezan uz elektron-fonon vezanje, u oba slučaja AFM fluktuacije su uzrokom brojnih anomalija opaženih u raznim eksperimentima. U ovom radu teorijski se razmatra struktura elektronskih doprinosa ramanskim spektrima koristeći Emeryjev model tri vrpce. Analiza uključuje sustavno istraživanje tri važna pitanja koja su zaobilažena u teorijskim raspravama od prvih ramanskih mjerenja na visokotemperaturnim supravodičima pa do danas: (i) pitanje rezonantnih efekata u procesima ramanskog raspršenja, (ii) pitanje uloge dogodosežnog kulonskog zasjenjenja te (iii) pitanje manifestacija AFM fluktuacija u ramanskim spektrima. Analiza je primijenjena na jedan simetričan (A_{1g}) i dva antisimetrična (B_{1g} i B_{2g}) ramanska kanala. Isti model je upotrebljen da se odredi struktura optičke vodljivosti te Hallovoeg koeficijenta za različite razine dopiranja vodljivih ravnina. Postavljena je konzistentna slika koja kvantitativno povezuje anomalije u ova tri eksperimenta opažene u poddopiranim sustavima

[1] I. Kupčić, S. Barišić, Phys. Rev. B **75** (2007) 094508.

Relaksacija mehaničkog sustava slabo vezanih oscilatora

Domagoj Kuić¹, Paško Županović¹

¹*Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i
kineziologije, Sveučilište u Splitu*

Lanac slabo vezanih oscilatora je točno rješiv problem. U skladu s Jaynesovim pristupom [1,2], po kome nije moguće odrediti početno mikroskopsko stanje sustava, promatrana je relaksacija sustava s početnim stanjem koje je usrednjeno preko ansambla faza. Svi elementi ovog ansambla imaju iste početne amplitude. Diskretizirani su kvadrati amplituda oscilatora. Jedinica kvantizacije se promatra kao nasumična veličina. U skladu sa Zurekovim pristupom [3] definirana je entropija neravnotežnog stanja preko Shanonnove definicije entropije [4] kao negativne informacije. Numerički je izračunata entropija kao funkcija vremena. Entropija se kao rastuća funkcija vremena asimptotski približava maksimalnoj vrijednosti. Drugim riječima vremenski razvoj sustava slabo vezanih oscilatora u skladu je s drugim zakonom termodinamike.

[1] E. T. Jaynes, Phys. Rev. **106**, 620 (1957).

[2] E. T. Jaynes, Phys. Rev. **108**, 171 (1957).

[3] W. H. Zurek, Phys. Rev. A **40**, 4731 (1989).

[4] C. E. Shannon, The Mathematical Theory of Communication (University of Illinois Press, Chicago, 1998).

Tuneliranje i polaronska stanja na metal-molekula-metal spoju

Anja Marunović¹, Ivo Batistić¹, Eduard Tutiš²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

U radu se promatra jednostavni model tuneliranja između dva metala kroz izolirajući jednomolekularni (ili jednoatomske) sloj. Radi se o generičkom modelu kojim se mogu opisati mjerenja kao što su (i) elektronsko tuneliranje kroz metal-oksidi-metal spoj, (ii) tuneliranje kroz heterostrukturu s dvije barijere, (iii) mjerenja provodnosti jedne molekule, (iv) neelastična elektronsko tunelirajuća spektroskopija, (v) fononska spektromikroskopija itd.

Elektron prolazeći kroz izolirajuću barijeru može apsorbirati ili emitirati fononska pobuđenja. Ovi neelastični procesi mogu se uočiti u I-V karakteristici spoja. Prilikom prolaza kroz barijeru mogući su i nestacionarni procesi koji dovode do uhvata elektrona u područje spoja. U radu se posebno detaljno promatraju upravo ovi nestacionarni procesi budući da oni do sada u literaturi nisu adekvatno razmatrani. U nastavku se diskutiraju posljedice pojave uhvata elektrona te mogućnost njegove eksperimentalne detekcije.

Foton-atom interakcija i korelacije

Tihomir Surić¹, Dario Hrupec¹, Zoran Kaliman²,
Krunoslav Pisk¹

¹*Institut Ruđer Bošković*

²*Filozofski fakultet, Sveučilište u Rijeci*

Predstaviti ćemo istraživanja uloge korelacija u temeljnim procesima interakcije fotona (energije iznad nekoliko desetaka eV) s atomima i molekulama, koje provodimo u okviru projekta MZOS-a. Proces koji uključuje apsorpciju fotona (fotoefekt) i raspršenje fotona (Comptonovo raspršenje), uz istovremenu jednostruku ili višestruku ionizaciju i pobudjenju atoma ili molekule, a sustavi koji se proćavaju su najjednostavniji sustavi (H^- , He, H_2 , H_2^+ , pozitronij i sl.). Istraživanja su važna za razumijevanje korelacija na fundamentalnoj razini i za razumijevanje mehanizama korelacija važnih za složenije sustave. U slučaju jednostavnih sustava relevantna su i za astrofiziku.

U okviru ovog projekta istražuje se i interakcija Čerenkovljevog zraćenja s atmosferom, a sa svrhom poboljšanja rada Čerenkovljevih teleskopa. Predstaviti ćemo i projekt (CROATEA) instalacije i dogradnje u Hrvatskoj Čerenkovljevog teleskopa za opažanje kozmićkih visoko energetskih gama-zraka. Eksperimentalna istraživanja tvrdih gama-zraka na fronti su astrofizićkih istraživanja danas.

Spektroskopska dijagnostika metal-halogenih izboja u mješavinama para alkalija i rijetkih zemalja

Željka Mioković¹, Damir Veža²

¹*Elektrotehnički fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera,
Osijek*

²*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Razumijevanje fizikalnih i kemijskih procesa u metal-halogenim izbojima je značajno za temeljna znanstvena istraživanja iz atomske fizike, fizike plazme i astrofizike, kao i u najsuvremenijim tehnološkim procesima koji uključuju plazmu, npr. kod razvoja novih izvora svjetlosti koji sadrže mješavine metalnih para. Fundamentalni i primijenjeni aspekt ovog istraživanja povezuje potreba za novim podacima o atomskim i molekularnim, sudarnim i radijativnim procesima i uvjetima u plazmi koja sadrže atome alkalija i rijetkih zemalja i/ili atome iz IIIB grupe periodnog sustava elemenata. Prostorno i vremenski razlučiva, te vremenski usrednjena emisijska spektroskopska mjerenja zračenja metal-halogene plazme bila su usmjerena na istraživanje pomaka, širenja i oblika atomskih linija alkalija, žive i rijetkih zemalja što je omogućilo određivanje osnovnih parametara plazme. Usporedbom mjerenih i sintetičkih oblika spektralnih linija, izračunatih prema Bartelsovoj metodi, napravljena je detaljna procjena doprinosa pojedinih mehanizama širenja i pomaka atomskih linija zračenih metal-halogenim izbojima [1]. Rezultati određivanja prostorne raspodjele parametara metal-halogene plazme se vrlo dobro slažu s postojećim teorijskim proračunima, te s rezultatima drugih eksperimentalnih istraživanja [2].

[1] Ž.Mioković, D.Balković, D.Veža, *Fizika A*, 14 (2), 135 (2005)

[2] J.J. Curry, C.J. Sansonetti, J. Wang, *J.Phys.D: Appl.Phys.* 38, 3086 (2005)

DFT proračun nekih siloksanskih struktura

Vladimir Dananić¹, Iva Movre Šapić¹

¹*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu*

Budući da atom kisika ne može izgraditi više od dviju veza, lanac (most) oblika Si-O-Si je vrlo gibljiv. Zbog toga se u siloksanskim strukturama, u kojima je spomenuti most osnovna gradbena jedinica, mogu pronaći vrlo raznolike konfiguracije. Pomoću teorijskog modela funkcionala gustoće (DFT-density functional theory) izračunate su neke strukture. Obuhvaćene su linearne (kvazijednodimenzionalne), planarne (pločaste) i prostorne strukture. Teorijskim izračunom karakterističnih ramanski aktivnih frekvencija dan je pregled ovisnosti karakterističnih frekvencija za Si-O-Si most o samoj strukturi. Gdje su bili dostupni eksperimentalni podatci, oni su uspoređeni s teorijskim vrijednostima [1]. Također su promatrane i korelacije među određenim geometrijskim parametrima unutar određenih struktura. [2]

[1] L. Bistričić, V. Volovšek, V. Dananić and I. Movre Šapić, *Spectrochim. Acta A.* **64**, 327-337 (2006).

[2] G. V. Gibbs, M. M. Hamil, S. J. Louisnathan, L. S. Bartell and Hsiukang Yow, *American Mineralogist* **57**, 1578-1613 (1972).

Konformacijska stabilnost i vibracije glicidoksiopropiltrimetoksisilana

Iva Movre Šapić¹, Lahorija Bistričić², Vesna Volovšek¹,
Vladimir Dananić¹

¹*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb*

²*Fakultet elektronike i računarstva, Zagreb*

Glicidoksiopropiltrimetoksisilan (GPTMS) pripada skupini organofunkcionalnih silana koji zbog svojih izuzetnih kemijskih, mehaničkih, optičkih i električnih svojstava nalaze vrlo široku primjenu u raznim industrijskim granama. Proučavana je konformacijska stabilnost i vibracijski spektar GPTMS-a. Ramanovi spektri tekućeg i polimeriziranog uzorka snimani su u rasponu frekvencija od 14-3500 cm^{-1} , a infracrveni spektar u rasponu od 500-4000 cm^{-1} . Proračuni optimalne geometrije i vibracijskih frekvencija molekule rađeni su pomoću programskog paketa Gaussian03. Korištena je teorija gustoće funkcionala (DFT) s B3LYP funkcionalom i 6-311(d,p) standardnim baznim skupom funkcija. Izračunato potencijalno polje je skalirano kako bi se postiglo bolje slaganje s opaženim frekvencijama. Kako bi se odredile moguće konformacije molekule GPTMS napravljeni su izračuni potencijalne energije u ovisnosti o promjeni određenih diedarskih kuteva. Predložena je potpuna asignacija vibracijskog spektra molekule GPTMS. Assignacija se temelji na distribuciji potencijalne energije (PED), izračunatih infracrvenih intenziteta i Ramanovih aktivnosti te usporedbi s assigniranim spektrima aminopropilsilantriola [1] i aminopropiltrioksisilana [2].

[1] L. Bistričić, V. Volovšek, V. Dananić, I. Movre Šapić, *Spectrochim. Acta A*. 64, 327-337 (2006)

[2] L. Bistričić, V. Volovšek, V. Dananić, *J. Mol. Struct.* 834-836, 355-363 (2007)

Struktura aminopropilsiloksana nastalog polimerizacijom u električnom polju

Lahorija Bistričić¹, Vesna Volovšek²

¹*Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u
Zagrebu*

²*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta
u Zagrebu*

Aminopropilsilantriol (APST) se često koristi za funkcionalizaciju površina poluvodiča, nanočestica, optičkih vlakana i sl. Njegovom polimerizacijom nastaju polisiloksani čija struktura ovisi o vanjskim parametrima. Struktura i vibracijska dinamika aminopropilsiloksana analizirana je DFT računom [1]. Istraživanje niskofrekventnog dijela polariziranih Ramanovih spektara pokazalo je da polimerizacijom APST-a na PVC podlozi nastaje ljestvasta struktura s uređenjem srednjeg dosega [2]. DFT račun pokazuje da molekula APST-a ima permanentni dipolni moment, pa je polimerizacija u električnom polju način pomoću kojeg se može kontrolirati orijentacija molekula u polimeru. U radu su analizirani Ramanovi spektri aminopropilsiloksana nastalog polimerizacijom na PVC podlozi u konstantnom električnom polju. Modeliranje niskofrekventnog polariziranog Ramanovog spektra pokazuje doprinose longitudinalnih i transverzalnih fonona, unutarmolekulskih vibracija, te vrpce povezanu s vibracijama između orijentiranih lanaca aminopropila.

[1] V. Volovšek, L. Bistričić, V. Dananić, I. Movre Šapić, J. Mol. Struct. **834-836** (2007) 414

[2] V. Volovšek, L. Bistričić, K. Furić, V. Dananić, I. Movre Šapić, J Phys. Conference Series **28** (2006) 135

Izrada radonskog zemljovida za Republiku Hrvatsku

Vanja Radolić¹, Branko Vuković¹, Denis Stanić¹, Igor Lukačević¹, Igor Miklavčić¹, Marina Poje¹, Maja Varga¹, Josip Planinić¹

¹*Odjel za fiziku Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku*

U 2003/04. izvedena su jednogodišnja pregledna mjerenja radona u kućama u RH pomoću detektora nuklearnih tragova LR-115. Glavni cilj istraživanja bio je određivanje prosječne koncentracije radona, kao indikatora rizika nastanka bolesti te određivanje postotka stanova u kojima radonska koncentracija premašuje određenu referentnu vrijednost (200 odnosno 400 Bqm^{-3}). Aritmetička sredina izmjerenih radonskih koncentracija iznosila je 68 Bqm^{-3} dok je geometrijska bila 50 Bqm^{-3} . Razdioba frekvencija (broj kuća unutar radonskog razreda širine 25 $Bq m^{-3}$) slijedi log-normalnu distribuciju. Postotak stanova s koncentracijama radona iznad 200 i 400 Bqm^{-3} iznosio je 5,4 odnosno 1,8%. Prosječna godišnja efektivna doza koju osoba primi od radona u kući procijenjena je na 2,2 mSv [1].

Drugačiji, mrežni pristup odabiru mjernih mjesta primjenjivat će se pri izradi nacionalnog radonskog zemljovida za RH, a prema uputama Istraživačkog centra Europske komisije (ICEK). Tako je cijeli teritorij RH umrežen poljima veličine 10x10 km^2 te je u svakom od oko 700 polja predviđeno izvođenje barem po tri jednogodišnja mjerenja radona u prizemnim stanovima kao i određen broj mjerenja radona u tlu. Time se uključujemo u izradu Europskog atlasa prirodnog zračenja i radona koji priprema ICEK.

[1] V. Radolić, B. Vuković, D. Stanić, M. Katić, Z. Faj, B. Šuveljak, I. Lukačević, D. Faj, M. Lukić, J. Planinić, National survey of indoor radon levels in Croatia, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles*, **269** (2006) 87-90.

Mikro Raman spektroskopija silicijevih nanočestica modificiranih aminopropiltrioksisilanom

Vesna Volovšek¹, Krešimir Furić², Lahorija Bistričić³,
Mirela Leskovic¹

¹*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologija Sveučilišta
u Zagrebu*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

³*Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u
Zagrebu*

Amorfna pirogena silika Aerosil 200 često se primjenjuje kao punilo za gumu i različite plastike. Aerosil se dobro raspršuje, smanjuje brzinu sedimentacije i povećava čvrstoću elastomera. Čestice silike imaju silanolne skupine na površini, dok su Si-O-Si veze smještene unutar čestica. Si-OH grupe na površini susjednih čestica međudjeluju preko vodikovih veza stvarajući trodimenzionalnu rešetkastu strukturu. Za dobivanje hidrofobne silike korišten je aminopropiltrioksisilan. Srednji dijametar istraživanih čestica bio je 12 nm, a specifična površina 200 m²/g.

Mikro Raman spektroskopijom istraživana je struktura nastala na površini nanočestica. U tu svrhu snimljeni su spektri čiste silike i modificiranih nanočestica u spektralnom području od 20-1700 cm⁻¹ i 2500-3800 cm⁻¹. Komparativnom analizom otkriveno je postojanje siloxanske ljestvaste strukture sa aminopropilnim lancima na površini nanočestica[1,2].

[1] Ivanda M, Hohl A, Montagna M, et al.. J. RAMAN SPECTR. **37** (2006) 162

[2] Bistričić L, Volovšek V, Dananić V, et al., Spectrochim. Acta Part A **64** (2006) 327

Renormalizacija individualnih spektara spektroskopske i interferometrijske dvojne zvijezde Atlas u Plejadama

Krešimir Pavlovski¹, Ettore Tamajo¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Atlas (27 Tauri) sjajna je zvijezda u otvorenom galaktičkom skupu Plejada i jedna je od sedam vidljivih prostim okom. Poznata je kao dvojni zvjezdani sustav tek nakon opažanja okultacije Mjesecom [1]. Prostorno je razlučena modernim interferometrijskim uređajima Mark III i Palomar Testbed interferometrom [2], dok su prvu komplementarnu analizu interferometrijskih i spektroskopskih mjerenja napravili Zwahlen i dr. [3]. Njihov je cilj bio utvrđivanje udaljenosti do Plejada potpuno geometrijskom metodom. Iz izvrsne serije spektara visoke rezolucije Zwahlen i dr. iskoristili su samo informaciju o brzinama komponenti. U ovom radu, otišli smo dalje od prethodnih autora, iskoristivši individualne spektre komponenata za potpunu spektroskopsku dijagnostiku. U tu smo svrhu razvili postupak koji omogućava renormalizaciju individualnih spektara za općeniti slučaj kada omjer luminoziteta nije unaprijed poznat, npr. kada inklinacija ravnine dvojnog sustava ne omogućava pomrčine. Vjerodostojnost postupka provjerena je pomoću numeričkih simulacija. Osim samog postupka u radu će biti prikazani rezultati koji daju doprinos razumijevanju evolucijskog stadija Plejada.

[1] Bartholdi, P. 1975, *Astron. J.* **80**, 445

[2] Pan, X., Shao, M., Kulkarni, S.R. 2004, *Nature*, **427**, 326

[3] Zwahlen, N. i dr. 2004, *Astron. & Astrophys.*, **425**, L45

Istraživanje strukturnih i optičkih svojstava poroznog silicija

Maja Balarin¹, Ozren Gamulin¹, Marin Kosović¹, Mile Ivanda², Mira Ristić², Svetozar Musić², Krešimir Furić²

¹*Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Uzorci poroznog silicija (PSi) pripremljeni su elektrokemijskim jetkanjem [1] silicij na izolatoru (SOI) pločica koje imaju 45 μm debeli površinski sloj p-tipa (111) silicija na podlozi od n-tipa. Kao izolator između slojeva je 100 nm debeli sloj silicijevog dioksida (SiO_2). Promijenom koncentracije otopine 48% fluorovodične kiseline u 96% etanolu dobivene su, ovisno o koncentraciji, mikro i nano pore različitih dimenzija. Strukturna i optička svojstva pripremljenih uzoraka istraživana su Ramanovom spektroskopijom, infrecrvenom spektroskopijom (FT-IR) i elektronskom mikroskopijom (SEM).

SEM slike površinskog sloja pokazuju veliku gustoću mikrometarskih pora čija je morfologija i gustoća ovisna o koncentraciji. Slike podloge pokazuju nanometarske strukture koje su potvrđene efektima prostornog ograničenja optičkih i akustičkih fonona u Ramanovim spektrima. Proširena je trasverzalna optička vibracijska vrpca kristalnog silicija na 520 cm^{-1} , a istodobno se pojavila široka transverzalna akustička fononska vibracijska vrpca na 150 cm^{-1} karakteristična za ograničenje kratkog doseg. FT-IR spektri pokazuju vibracijske vrpce Si-H_x i $\text{H-Si}(\text{Si}_{3-n}\text{O}_n)$ grupa u rasponu od 2000 to 2300 cm^{-1} . Svi uzorci pokazali su i fotoluminiscentnu (PL) vrpcu.

[1] Z. Gaburro, N. Dalosso, L. Pavesi, Porous Silicon, in Encyclopedia of Condensed Matter Physics: F. Bassani, J. Liedl, P. Wyder (Eds.), Elsevier, 2005.

Kozmička doza zračenja u zrakoplovu - neutronske detektor

Branko Vuković¹, Vanja Radolić¹, Igor Miklavčić¹,
Marina Poje¹, Maja Varga¹, Josip Planinić¹

¹*Odjel za fiziku, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku*

Na većim nadmorskim visinama u atmosferi izloženi smo povećanom kozmičkom zračenju nabijenih čestica galaktičkog i solarnog porijekla. Većinu primarnog zračenja čine protoni koji u interakciji s atomskim jezgrama zraka daju mnoštvo sekundarnih čestica, kao i neutrone; najveće su doze zračenja u atmosferi na visini od oko 20 km.

Neutronske doze zračenja mjerili smo pomoću neutronske dozimetra koji se sastoji od detektora nuklearnih tragova LR-115 i 10B konvertora odnosno folije bora BN-1; dozimetar je baždaren na termalne neutrone u nuklearnom reaktoru (Institut J. Stefan, Ljubljana). Za neutronske detektor je određen efektivni koeficijent osjetljivosti uzimajući u obzir ovisnost udarnog presjeka neutrona i bora o energijama neutrona, kao i energijski spektar neutrona (od 2,5 meV do 1 GeV) na uobičajenim visinama leta zrakoplova (oko 10 km). - Ne-neutronske komponente kozmičke doze zračenja u zrakoplovu mjerili smo pomoću TLD-100 (LiF:Mg,Ti) dozimetra i poluvodičkog dozimetra Mini 6100.

Na interkontinentalnim letovima ukupna brzina doze bila je oko 5 $\mu\text{Sv/h}$, od čega polovica pripada neutronske dozi zračenja; letovi preko ekvatora pokazali su nešto manju brzinu doze, što je u skladu s efektom geomagnetske širine.

[1] B. Vuković, V. Radolić, I. Miklavčić, M. Poje, M. Varga, J. Planinić, *Journal of Environmental Radiation*, **XX** (2007). In press.

Djelovanje vanjskih čimbenika na lipoproteine - spektroskopska istraživanja

Dubravka Krilov¹, Maja Balarin¹, Jasminka Brnjas-Kraljević¹

¹*Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Lipoproteini iz krvne plazme su čestice koje prenose apolarne lipide kroz krvotok a promjene u njihovoj strukturi izazvane vanjskim čimbenicima potiču aterogenezu.

Ispitivao se utjecaj ugradnje apolarne molekule, PRODAN-a, u čestice lipoproteina, analizom promjena u Raman spektrima u cijelom području energija ($400\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$). Istraživanja su provedena na tri vrste čestica: lipoproteini vrlo male gustoće (VLDL), lipoproteini male gustoće (LDL) i dvije podvrste lipoproteina velike gustoće (HDL2 i HDL3). Složenost Ramanovih spektara lipoproteina je uzrokovana velikim brojem individualnih vibracijskih modova lipida i aminokiselina, te proteinske amid I vrpce. Usporedbom s podacima iz literature, karakterizirana je većina linija.

Utjecaj PRODAN-a u spektrima očituje se u pomaku većeg broja linija koje pripadaju vibracijama kiselinskih ostataka aminokiselina i krajeva lipidnih lanaca fosfolipida. Opažaju se i značajne promjene u sastavu amid I vrpce, tj. povećanju udjela beta strukture u apolipoproteinu. U niskofrekventnom području opažene su promjene u linijama S-S veza i aromatskih aminokiselina, te linijama koje su povezane s vibracijama u fosfatidil kolinu i kolesterolu.

Na osnovu ovih opažanja možemo reći da se PRODAN zaista ugradjuje između proteinskog pojasa i površine lipidnog sloja, te da ima aktivnu ulogu na dinamiku apolarnih aminokiselina i lipida u svojoj okolini.

[1] C. Krafft et al. , Spectr. Acta Part A 61 (2005) 1529

Nuklearne reakcije izazvane radioaktivnim snopom ${}^6\text{He}$ na meti ${}^9\text{Be}$

Marija Majer¹, Matko Milin¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Iako jezgre bogate neutronima zauzimaju najveći dio nuklearnog krakolika, do nedavno su eksperimentalni podaci o njima bili vrlo oskudni. Mogućnost upotrebe radioaktivnih snopova omogućila je njihovo eksperimentalno proučavanje te dovela i do otkrića nekih novih pojava (halo, koža,...). Usprkos vrlo intenzivnom istraživanju, o strukturi i mehanizmima nastanka mnogih takvih egzotičnih jezgri još uvijek se vrlo malo zna, a s druge strane, mnogi rezultati čekaju svoju dodatnu potvrdu [1]. Cilj našeg proučavanja bile su jezgre ${}^7\text{He}$ te ${}^{9,10,11}\text{Be}$. U tu svrhu, na postrojenju za proizvodnju radioaktivnih snopova u Louvain-la-Neuveu napravljena su mjerenja nuklearnih reakcija izazvanih radioaktivnim snopom ${}^6\text{He}$ energije 17MeV na meti ${}^9\text{Be}$. Za detekciju nabijenih čestica u izlaznim kanalima korištena su 224 silicijska strip detektora grupirana u dva niza (LEDA i LAMP). Mjereni su inkluzivni te koincidentni energijski spektri. Dosadašnjom analizom podataka iz sustava LEDA proučen je niz izlaznih kanala. Najvažniji rezultati su:

1. U reakciji prijenosa jednog neutrona ${}^9\text{Be}({}^6\text{He}, {}^7\text{He}){}^8\text{Be}$, dobiven je energijski spektar ${}^7\text{He}$ u kojem dominira osnovno stanje. Pobudjena stanja nisu uočena.
2. Na temelju analize reakcije prijenosa dva neutrona ${}^9\text{Be}({}^6\text{He}, {}^4\text{He}){}^{11}\text{Be}$, proučen je niz pobudjenih stanja jezgre ${}^{11}\text{Be}$.
3. Proučavanjem neelastičnog raspršenja uočena su prva dva člana rotacijske vrpce ${}^9\text{Be}$ zasnovane na osnovnom stanju.

[1] W. von Oertzen et al, Physics Reports 432(2006) 43

Milisekundne provale Sunčevog radiovalnog zračenja

Jasmina Magdalenić¹, Bojan Vršnak¹, Paolo Zlobec²

¹*Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

²*INAF, Trieste Astronomical Observatory, Trieste, Italy*

Provale Sunčevog radio valnog zračenja najčešće su povezane sa Sunčevim bljeskovima, izuzetno snažnim provalama energije. U provalama Sunčevog radio zračenja tipa IV često se opažaju fine strukture u širokom rasponu morfoloških oblika, vremenskih profila i trajanja. Najbrže fine radio strukture poznate do sada, su bili tzv., "radio-spikes". Oni su posljedica netermičke, koherentne emisije, usko povezane uz akceleraciju čestica i oslobađanje energije u Sunčevim bljeskovima. Ovdje izvještavamo o otkriću brzih provala radiovalnog zračenja, nazvanih super brzim strukturama - SSS (APJL, 2006, 642, 77), jer su njihova trajanja mnogo kraća od trajanja spike-ova. Predstavljamo takodjer i analizu dva specifična događaja (zabilježena 15.07.2002.) koja je pokazala da za nastajanje SSS-ova nisu neophodne visokoenergetske čestice u Sunčevoj koroni (dovoljne energije elektrona su 10-30 keV). Smatramo da su SSS-ovi posljedica vrlo fine fragmentacije oslobađanja energije u procesu Sunčevih bljeskova.

[1] Magdalenić, J.; Vršnak, B.; Zlobec, P.; Hillaris, A.; Messerotti, M.; *The Astrophysical Journal* **642L** (2006), L77-L80

[2] Magdalenić, J.; Vršnak, B.; Zlobec, P.; Aurass, H.; *Proceedings of the 11th European Solar Physics Meeting, ESA SP-600*, (2005), 131

Mjerenje optičkih konstanti tekućina u srednjem infracrvenom području

Nikola Biliškov¹, Goran Baranović¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Optičke konstante, tj. spektri refrakcijskih i apsorpcijskih indeksa tekućih sustava u srednjem infracrvenom području određeni su korištenjem infracrvenog spektrometra ABB Bomem MB102, uz dodatak za horizontalnu prigušenu totalnu refleksiju (*HATR*) [1].

Ovdje je diskutirano slaganje literaturnih [2] i eksperimentalno dobivenih spektara za sekundarne standarde (benzen, toluen i diklormetan).

U nastavku su određene optičke konstante niza otopina jednostavnih amida u vodi. Proučavani sustavi su: formamid / voda, *N*-metilformamid / voda i *N,N*-dimetilformamid / voda u čitavom koncentracijskom rasponu. Potreba za proučavanjem ovih sustava proizlazi iz činjenice da su jednostavni amidi najmanje molekule koje sadrže motiv biološki važne peptidne veze.

[1] J. E. Bertie, Z. Lan, *J. Chem. Phys.* **105** (1996) 8502

[2] J. E. Bertie, C. D. Keefe, R. N. Jones, *Tables of Intensities for the Calibration of Infrared Spectroscopic Measurements in the Liquid Phase* (1995), Blackwell Science, Oxford

Proučavanje svojstava kaučuka primjenom polarizacijske IR-spektroskopije

Gordana Žauhar¹, Srećko Valić², Goran Baranović²

¹*Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Svojstva polimernih materijala, osim o njihovom kemijskom sastavu ovise i o strukturnim i dinamičkim svojstvima matrice polimera. Ovo istraživanje je usmjereno na proučavanje svojstava prirodnog kaučuka umreženog γ -zračenjem. Cilj ovog rada je odrediti srednje parametre prostornog uređenja segmenata u uzorcima prirodnog kaučuka podvrgnutim mehaničkom naprezanju u vidu jednoosnog istezanja. Doze zračenja određuju gustoću umreženja i varirane su u rasponu od 0 do 400 kGy. Deformacija definirana kao $\alpha=l/l_0$, gdje su l_0 i l duljine uzorka u relaksiranom i deformiranom stanju kontinuirano je mijenjana tijekom mjerenja od $\alpha=1,00$ za relaksirano stanje do maksimalne vrijednosti α neposredno prije pucanja uzorka. Polarizacijska IR spektroskopija [1] korištena je kao spektroskopska metoda za mjerenje orijentacije određenih skupina u lancima polimera u odnosu na smjer istezanja uzoraka. Apsorpcija polarizirane infracrvene svjetlosti u uzorku mjerena je pri paralelnoj i okomitoj polarizaciji snopa, te je iz tih podataka izračunavan linearni dikroizam. Gustoća umreženja određivana je klasičnom metodom bubrenja uzoraka u toluenu. Rezultati IR mjerenja uspoređivani su i korelirani s rezultatima bubrenja. Ispitivani su parametri dviju linija u spektru koje se pojavljuju na 2727 cm^{-1} i 837 cm^{-1} . Rezultati mjernja linearnog dikroizma pokazali su da te dvije linije odgovaraju suprotnim orijentacijama, prva pozitivnoj, a druga negativnoj.

[1] Bokobza, L.; Rapoport, O. (2002) J Appl Polym Sci. 85, 2301-2316.

ESR istraživanje prirodne gume punjene nanočesticama silicijevog(IV)-oksida

Andrica Lekić¹, Srećko Valić², A.P. Meera³, Sabu
Thomas³

¹*Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

³*Mahatma Gandhi University, Indija*

U cilju ispitivanja strukturnih promjena u matrici gume uslijed utjecaja punila primjenjena je elektronska spinska rezonancija (ESR), metoda spinske probe [1]. Prirodna guma umrežena sumporom punjena je nanočesticama silicijevog(IV)-oksida promjera 13 nm. Udio sumpora u svim uzorcima bio je konstantan i iznosio je 2,5 phr, dok se udio nanočestica mijenjao od 5 phr do 20 phr.

Kao spinska proba korišten je nitroksidni slobodni radikal 4-hidroksi-2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oksil. Spinska proba je ugrađena bubrenjem uzoraka gume u otopini probe na temperaturi od 35°C. Kao otapalo korišten je toluen. Spektri su snimani u širokom rasponu temperature od -100°C do 80°C.

Rezultati pokazuju da na dinamiku segmenata značajno utječe prisutnost nanočestica silicijevog(IV)-oksida. Posebno je zamjećen snažan utjecaj količine punila na široku komponentu ESR spektara koja je karakteristična za sporo gibanje spinske probe. Osim toga razmatran je utjecaj tzv. vezivnog sredstva (coupling agent), koji pojačava međudjelovanje matrice prirodne gume i nanočestica punila, na nehomogenost gibanja pojedinih segmenata matrice.

[1] Z.Veksli, and all ESR spectroscopy of polymer heterogeneity

SILab - laboratorij za masenu spektroskopiju stabilnih izotopa

Zvezdana Roller-Lutz¹, Magda Mandić¹, Diana Bojić¹,
Hans O. Lutz²

¹*Laboratorij za masenu spektroskopiju stabilnih izotopa,
Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci*

²*Physics Faculty, Bielefeld University, Bielefeld,
Njemačka*

Između izotopa određenog kemijskog elementa postoje značajne fizikalno-kemijske razlike. Jedna od ključnih je u pokretljivosti molekula, a razlikuju se i u kvantno-mehaničkim svojstvima zbog čega nastaju separacijski efekti (frakcionacija). Molekule u prirodi sadrže različito zastupljene izotope. Tako na primjer voda sadrži osim najzastupljenijih izotopa ^1H i ^{16}O i vrlo slabo zastupljene izotope ^2H (oko 150 ppm), ^{17}O (oko 370 ppm) te ^{18}O (oko 2000 ppm). Efekt frakcionacije može uzrokovati devijaciju od prirodnog sastava i tako dati korisne informacije o procesima u promatranom sustavu. Takve izotopne razlike, zajedno sa gotovo identičnim kemijskim ponašanjem čine izotope idealnim neperturbirajućim orudjem za proučavanje evolucije sustava. Pouzdanu detekciju vrlo malih razlika postizemo pomoću magnetnog masenog spektromera [1] koji omogućuje vrlo visoku točnost, reproducibilnost i pouzdanost u sub-ppm režimu. Kao primjer, predstaviti ćemo rezultate studije provedene na području rijeke Gacke [2].

[1] Hoefs J.: Stable Isotope Geochemistry, Springer, Berlin (2004)

[2] Roller-Lutz Z., Mandić M., Bojić D., Kapelj S., Lutz H.O.: Isotopic composition of spring waters from Croatian Karst regions, ESIR 2007, u pripremi objavljivanja

Istraživanje Comptonovog raspršenja

Selim Pašić¹, Ksenofont Ilakovac¹

¹*Fizički odsjek, Prir.-mat. fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Nova metoda mjerenja Comptonovog raspršenja u kojoj se jedan germanijski detektor rabi kao raspršivač a drugi kao detektor raspršenog Comptonovog fotona ima bitne prednosti prema klasičnoj metodi izvor-raspršivač-detektor. Novom se metodom mogu postići znatno točnije apsolutne vrijednosti dvostruko-diferencijalnih udarnih presjeka za raspršenje u širem rasponu energija, ali samo u detektorskim materijalima.

Zahtjevi za istovremenost impulsa iz dvaju detektora i uvjet da je zbroj energija koje su predane u procesu raspršenja u prvom detektoru i procesu apsorpcije sekundarnog Comptonovog fotona u drugom detektoru daju izvanredno "čiste" spektre. Razlozi su a) šum koji se javlja u mjerenjima s jednim detektorom zbog vanjskog zračenja gotovo se potpuno izbjegne, b) potpuno se uklanjaju događaji od elastičnog raspršenja jer prvi detektor ne daje impuls, c) djelomična apsorpcija energije odbijenog elektrona i drugih procesa koji slijede u prvom detektoru i sekundarnog Comptonovog fotona u drugom detektoru ne opažaju se kao događaji na pravcu $E = E_1 + E_2$ pa se tako izbjegava dekonvolucija spektara.

Gore navedene prednosti nove metode pokazuju naša dosadašnja mjerenja Comptonovog raspršenja u germaniju na 59,6 keV [1], 86,5 keV [2] i 105.3 keV [3], kao i točne provjere modela za Comptonovo raspršenje [4].

[1] S. Pašić and K. Ilakovac, *Fizika B (Zagreb)* **4** (1995) 127; S. Pašić and K. Ilakovac, *Phys. Rev. A* **55** (1997) 4248.

[2] S. Pašić and K. Ilakovac, *Phys. Rev. A* **61** (2000) 032722-1.

[3] S. Pašić and K. Ilakovac, *Rad. Phys. Chem.* **61** (2001) 397.

[4] S. Pašić, *Fizika A* **12** (2004) 183; S. Pašić, M. Uroić, Z. Tocilj, M. Majer, O. Gamulin, T. Bokulić and K. Ilakovac, *Rad. Phys. Chem.* **73** (2005) 303.

Analiza kemijskog stanja 3d elemenata pomoću HR-PIXE spektroskopije $K\beta$ vrpce x-zračenja

Luka Mandić¹, Stjepko Fazinić², Milko Jakšić², Julijan Dobrinić¹

¹*Tehnički Fakultet Sveučilišta u Rijeci*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

$K\beta$ spektralno područje x-zračenja 3d elemenata obuhvaća elektronske prijelaze iz valentne vrpce u unutrašnju ljusku pa različiti kemijski spojevi istog 3d elementa kao i elementarno stanje (metal) pokazuju različitu finu strukturu u tom dijelu spektra [1,2]. U našem istraživanju vršimo kvantitativnu analizu relativnih intenziteta i energija pojedinih prijelaza u $K\beta$ spektru te nastojimo uočiti pokazatelje na temelju kojih se mogu izvesti zaključci o kemijskom stanju (valenciji) 3d elemenata.

Visoko razlučivi $K\beta$ spektri dobiveni su HR-PIXE metodom (High Resolution Particle Induced X-ray Emission) to jest spektrometrom za disperziju po valnim duljinama (WDS - Wavelength Dispersive System) uz pobudu uzorka s protonima energije 2 do 3 MeV-a. Očekuje se daljnji razvoj metoda za ispitivanje kemijskog stanja elementa u uzorku jer se njihov značaj, pored doprinosa u fundamentalnim saznanjima iz molekulske fizike, temelji i na činjenici da su pojedina valentna stanja nekih elemenata izuzetno toksična (npr. Cr^{VI}) pa postoji potreba za nadzorom industrijskih nusprodukata koji sadržavaju sumnjive sastojke i slično.

[1] S. Fazinić, M. Jakšić, L. Mandić, J. Dobrinić, Phys. Rev. A **74** (2006) 2501

[2] K. Sakurai, H. Eba, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **199** (2003) 391

Cirkumstelarna prašina oko simbiotskih Mira

Tomislav Jurkić¹, Dubravka Kotnik-Karuza¹

¹*Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet u Rijeci*

U ovome radu predstavljen je model prašinstih ovojnica simbiotskih Mira, te određena njihova svojstva u dugim vremenskim intervalima. U istraživanju su korištena dugoročna opažanja u bliskom infracrvenom području (JHKL), te s infracrvenih ISO i IRAS satelita u srednjem IR području za simbiotske zvijezde o Cet, RX Pup, KM Vel, V366 Car, V835 Cen, HM Sag, V1016 Cyg, RR Tel, V407 Cyg i R Aqr. U cilju praćenja promjena sjaja i evolucije boja u vremenu, izrađen je algoritam kojim su uklonjene pulzacije Mire, korigirane svjetlosne krivulje i usklađena ISO i IRAS mjerenja sa terestričkim JHKL opažanjima.

Uz pretpostavku sferne raspodjele prašine u neposrednoj blizini hladne Mire, određene su temperatura i svojstva prašinate ovojnice: raspodjela gustoće i veličine zrna, optička dubina, terminalna brzina vjetra i gubitak mase za vrijeme i izvan perioda pomračenja prašinom. Za modeliranje radijativnog prijenosa zračenja kroz prašinu korišten je numerički kod DUSTY. Preliminarni rezultati ovog sistematskog istraživanja svojstava prašinstih ovojnica simbiotskih Mira daju uvid u zajedničku prirodu prašine u tim objektima. Istraživanje je također obuhvatilo identifikaciju i izučavanje IR svojstava simbiotskih, AGB i post-AGB zvijezda i planetarnih maglica u Velikom Magellanovom oblaku obuhvaćenih Spitzerovom SAGE kampanjom kako bi dobili uvid u vremensku evolucijsku sliku tih objekata.

[1] Kotnik Karuza, D., Jurkić, T., Friedjung, M., *Balt A* 16 (2007) 98

[2] Ivezić, Ž., Elitzur, M., *MNRAS* 287 (1997) 799

[3] Meixner, M. et al., *AJ* 132 (2006) 2268

Potruga za 14.4 keV aksionima pomoću CERN teleskopa za Sunčeve aksione

K. Jakovčić¹, M. Krčmar¹, B. Lakić¹, A. Ljubičić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Pretpostavka o postojanju aksiona, neutralnih pseudoskalarnih čestica izvan Standardnog modela, proizlazi iz spontanog lomljenja Peccei-Quinn kiralne simetrije uvedene da bi se riješio tzv. jaki CP problem u kvantnoj kromodinamici. Ako postoje, aksioni bi zbog vezanja s fotonima i nukleonima mogli biti u velikom broju emitirani sa Sunca. Jednu komponentu Sunčevih aksiona činili bi aksioni diskretnih energija emitirani prilikom magnetskih nuklearnih prijelaza u pojedinim nuklidima prisutnim u Suncu.

Istraživali smo postojanje Sunčevih aksiona energije 14.4 keV za koje se pretpostavlja da mogu nastati unutar Sunca u M1 prijelazu između prvog, termički pobudjenog stanja i osnovnog stanja jezgre ⁵⁷Fe. Za navedeno istraživanje koristili su se podaci prikupljeni tijekom prve faze eksperimenta CAST (CERN Axion Solar Telescope) [1]. U tom eksperimentu se detekcija Sunčevih aksiona temelji na inverznom Primakoff-ovom procesu tj. primjeni jakog transverzalnog magnetskog polja u kojem se aksioni mogu koherentno pretvarati u fotone. Za stvaranje takvog polja, eksperiment CAST koristi prototip LHC (Large Hadron Collider) dipolnog magneta. Magnet je postavljen na pokretnu platformu koja mu omogućuje da prati Sunce u razdoblju od oko tri sata dnevno. Na oba kraja magneta nalaze se detektori za opažanje fotona koji bi nastali pretvorbom aksiona u magnetu. Analizom prikupljenih podataka postavile su se granice na jakost aksion-foton vezanja kao funkcije aksionske mase i jakosti vezanja s nukleonima.

[1] K. Zioutas *et al.*, Nucl. Instr. and Meth. A**425** (1999) 480

Eksperiment CAST

M. Krčmar¹, K. Jakovčić¹, B. Lakić¹, A. Ljubičić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

CERN-ov teleskop za Sunčeve aksione (CAST) je dizajniran za tražanje za aksionima ili općenitije, laganim pseudoskalarnim česticama koje mogu nastati putem Primakoff-ovog procesa, tj. pretvorbom toplinskih fotona u električnom polju nabijenih čestica u središtu Sunca. U eksperimentu CAST detekcija Sunčevih aksiona temelji se na inverznom Primakoff-ovom procesu, tj. primjeni jakog transverzalnog magnetskog polja u kojem se aksioni mogu konvertirati u fotone. Za stvaranje takovog polja CAST koristi prototip LHC dipolnog magneta koji daje magnetsko polje jakosti 9 T u unutrašnjosti dviju ravnih paralelnih cijevi duljine 9.26 m i površine poprečnog presjeka $2 \times 14.5 \text{ cm}^2$. Magnet se nalazi na pokretnoj platformi koja mu omogućuje da bude usmjeren prema Suncu oko tri sata dnevno. Na oba kraja magneta smještene su tri različita detektora X-zračenja za opažanje fotona koji bi nastali koherentnom konverzijom aksiona u magnetu dok on prati Sunce. Osjetljivost CAST-a na aksione je barem 2000 puta veća u odnosu na prethodne teleskope. U prvoj fazi eksperimenta, CAST je radio s vakuumom unutar magnetskih cijevi. Signal nije opažen pa je postavljena gornja granica na aksion-foton vezanje od $8.8 \times 10^{-11} \text{ GeV}^{-1}$ za mase manje od 0.02 eV [1]. To je najstroža eksperimentalno postavljena granica ikada za široko područje aksionskih masa, a za navedene mase također nadmašuje astrofizičku granicu iz kuglastih skupova. Da bi se osjetljivost CAST-a protegnula na veće aksionske mase, magnetske cijevi moraju se ispuniti plinom (prvo He-4, a kasnije He-3), što će omogućiti istraživanje aksionskih masa do 1.16 eV. Na taj će se način ispitati područje visoko motivirano aksionskim modelima te od interesa za vruću tamnu materiju.

[1] S. Andriamonje *et al.*, J. Cosmol. Astropart. Phys. **04** (2007) 010

Modelno istraživanje lokalne supersaturacije kontinuirano rastućeg kristala

Antonio Šiber¹, Zlatko Vučić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Monokristal, u ravnoteži s parovitom (tekućom) fazom, podvrgnut globalnom gradijentu kemijskog potencijala pokazuje, zbog anizotropije energije površine, različite brzine rasta u različitim kristalografskim smjerovima. Za monokristale s facetama koje su bez dislokacija, efekt koji dominira rastom jest povremeni zastoje u rastu faceta odnosno novootkriveni tzv. eruptivni modus rasta [1]. Jedan od rijetkih sustava pogodnih za proučavanje ovog efekta jesu superionski vodiči srebro i bakar halkogenidi. Tijekom rasta ključnim se pokazuje 2D nukleacija na faceti koju karakterizira potencijalna barijera za nukleaciju. Ona, osim o energiji za formiranje stepenice, ovisi i o lokalnom (dakle nemjerljivom) gradijentu kemijskog potencijala odnosno supersaturaciji. U uvjetima konstantno smanjujućeg globalnog gradijenta istražili smo okolnosti induciranja lokalne supersaturacije dovoljne za proboj barijere. Kao model koristili smo kuglasti uzorak (balon) izotropne površinske energije kojem smo kontinuirano povećavali volumen, ograničivši ga oktaedrom fiksnog volumena, što je ekvivalentno uvođenju anizotropije. Tijekom rasta uzorak (balon) povećava kontaktnu površinu s plohama oktaedra (koje su u smjeru 111), izobličujući se smanjivanjem zakrivljenosti površine u smjeru 100. Zakrivljenost kroz Gibbs-Thompsonovu jednadžbu omogućuje mjerenje stvarne lokalne supersaturacije što je korak prema boljem razumijevanju mehanizma rasta.

[1] J.P.Rutuu et al, J. Low Temp. Phys., 112 (1998)117

Odnos površine kristala i lokalne supersaturacije tijekom rasta sfernih kristala bakar selenida

Davorin Lovrić¹, Zlatko Vučić¹, Jadranko Gladić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Rast sfernih monokristala bakar selenida na temperaturama od oko 800 K pokreće globalni gradijent kemijskog potencijala, tj. stalni dotok materijala. U slučaju hrapave površine, bez faceta, taj je gradijent izotropan i obrnuto razmjeran kvadratu polumjera kristala. Cilj nam je istražiti utjecaj faceta na lokalnu supersaturaciju (lokalni gradijent kemijskog potencijala) za različite položaje na sferi kristala, u stacionarnim i nestacionarnim uvjetima. Naš se model temelji na difuziji atoma bakra kroz kristal. Tijekom rasta kristala prosječni globalni gradijent kemijskog potencijala se smanjuje, i vrijednosti su mu, osim na samom početku rasta, manje od energije praga za aktivaciju 2D nukleacije, koja se smatra osnovnim mehanizmom rasta kristala na navedenim temperaturama. Naši modelni računi pokazuju da, usprkos njegovom stalnom padu, lokalna supersaturacija, uzrokovana anizotropnom raspodjelom atoma bakra zbog postojanja facete, može poprimati vrijednosti koje znatno nadmašuju one za aktivaciju 2D nukleacije. [1] Tim se rezultatom može opravdati pojava specifičnog načina rasta i napredovanja facete kod kristala bakar selenida kojeg smo opazili u našim eksperimentima, čija je osnovna odrednica izmjenjena intervala u kojima faceta ne raste vertikalno (već povećava svoju površinu) s intervalima u kojima faceta napreduje. Sličan način rasta opažen je kod rasta kristala helija na temperaturama ispod 1 K.

[1] Davorin Lovrić, Zlatko Vučić, Jadranko Gladić, *J. Crystal Growth* 304(2007)497.

Mjerenje rasta faceta (111) laserskom interferometrijom tijekom rasta monokristala Cu_{2-x}Se gotovo ravnotežnog oblika

Jadranko Gladić¹, Zlatko Vučić¹, Davorin Lovrić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Pri proučavanju rasta monokristala superionskog vodiča Cu_{2-x}Se na oko 800 K opaženo je ponašanje slično novim modusima rasta uočenim na kristalima ^4He pri mK temperaturama. Cilj nam je istražiti brzinu rasta faceta ovisno o brzini dotoka materijala, za što treba što preciznije mjeriti vremenske ovisnosti odgovarajućih geometrijskih veličina (veličine kristala, veličine i visine faceta). Razrađena je laserska interferometrijska metoda mjerenja vertikalnog pomaka faceta određivanjem faze interferencijske slike na faceti. Razvijena je eksperimentalna postava i postupak brzog snimanja i pohranjivanja velikog broja interferencijskih slika (30 slika/s). Naknadna računalna obrada uključuje automatsko smanjivanje šuma na svakoj slici za dva reda veličine, mjerenje veličine facete s prugama interferencije, te automatski odabir i izrez dijela slike za određivanje faze (koja je ekvivalent promjeni visine plohe) FFT metodom. Pri tom primjenjujemo vlastiti poboljšani algoritam - originalni posebno konstruiran Gaussov prozor za filtriranje, postupak odmatanja (unwrapping) faze u više koraka, te modifikaciju algoritma koja značajno smanjuje inherentnu pogrešku pri određivanju faze [1].

[1] J. Gladić, Z. Vučić, D. Lovrić, *Optics and Lasers in Engineering* **45** (2007) 868-876

Nastanak i širenje MHD udarnih valova u Sunčevoj koroni

Tomislav Žic¹, Bojan Vršnak¹, Manuela Temmer¹

¹*Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Razmatrano je impulzivno širenje sfernog i cilindričnog ustrojstva kao pokretača magnetohidrodinamičkih (MHD) udarnih valova. Pretpostavilo se da se površina izvora valova tijekom određenog vremena ubrzava dok ne postigne maksimalnu brzinu. Takva ekspanzija stvara val velike amplitude u okolnoj plazmi. Nelinearni razvoj valne fronte uzrokuje ustrmljavanje valnog profila koji dovodi do nastanka diskontinuiteta, tj. udarnog vala. Ispitalo se kako vrijeme i položaj nastanka diskontinuiteta ovisi o raznim početnim parametrima: trajanju akceleracijske faze, maksimalne brzine ekspanzije (definira također i akceleraciju), Alfvénove brzine (time je definiran i Mach-ov broj), početne veličine strukture. Navedeni model je proširenje jedno-dimenzionalnog modela Vršnak and Lulić [1]. Temeljna razlika se sastoji u tro-dimenzionalnoj evoluciji modela, u kojem se mora uzeti u obzir smanjenje valne amplitude s udaljenošću. Osnovni cilj analize bio je odrediti i usporediti vremena i udaljenosti nastanka diskontinuiteta u okolinama niske i visoke vrijednosti plazmenog parametra beta.

[1] Vršnak, B. and Lulić, S.: *Formation of Coronal MHD Shock Waves: I. The Basic Mechanism*, Solar Phys. **196** (2000) 157-180(24)

Novi osobni dozimetar za novi koncept zaštite od zračenja

Ivica Prlić¹, Zlatko Vučić²

¹*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada - Jedinica za dozimetriju zračenja i radiobiologiju, Zagreb*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

Suvremeni razvoj medicinskih, industrijskih i civilnih uređaja koji koriste ionizirajuće zračenje nužno mijenja i unapređuje radne postupke u tim područjima rada. Prilikom korištenja novih uređaja djelatnici mogu biti izloženi učestalom raspršenom zračenju niskog intenziteta. To ukazuje na potrebu dizanja osobne dozimetrije za te djelatnike na viši stupanj, tj. na nadogradnju ili zamjenu postojećih dozimetara kako bi se, osim akumulirane doze u zadanom periodu, sakupili dodatni podaci o brzini doze potrebni za cjelovitiju procjenu profesionalne izloženosti u novim uvjetima rada. Zbog toga smo razvili i koristimo aktivni digitalni elektronski dozimetar tipa ALARA OD, koji, osim akumulirane doze, bilježi i podatke o brzini doze i trajanju izloženosti vrlo niskom intenzitetu raspršenog rendgenskog zračenja u bilo kojem trenutku. Taj dozimetar omogućava detaljniji uvid u profesionalno opterećenje zračenjem niskog intenziteta zato što bilježi profesionalnu izloženost koja je potpuno nepravilna, i u učestalosti i u trajanju ozračivanja, te, gotovo potpuno, ovisna o odlukama operatera. ALARA OD zadovoljava i osnovni uvjet za osobni dozimetar [1]; nije ga moguće isključiti i baterija mu neprekidno radi više od 3 godine, a očitavanje dozimetrijskih podataka obavlja specijalist zaštite od zračenja. Rezultati daju novi uvid u opterećenje profesionalnih djelatnika raspršenom zračenju vrlo niskog intenziteta.

[1] UNSCEAR: Report 2000, Sources and effects of ionizing radiation, UN, NY 2000.

[2] WHO: Efficacy and radiation safety in interventional radiology, WHO 2000.

Istraživanje ozračenja radnih mjestâ uz uređaj za rendgensku kontrolu prtljage u zračnim lukama

Tomislav Meštrović¹, Ivica Prlić¹, Marija Surić Mihić¹

¹*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada -
Jedinica za dozimetriju zračenja i radiobiologiju, Zagreb*

Sigurnost zračnog prometa jedan je od prioriteta modernog društva. Za cjelovitu kontrolu protoka putnika, putničke prtljage i tereta u zračnom prometu koristimo se i rendgen uređajima za prosvjetljavanje tih tereta. Kako bi odredili područje izloženosti ionizirajućem zračenju radnih mjesta s i uz rendgenske uređaje za kontrolu ručne prtljage upotrijebili smo aktivni digitalni elektronski dozimetar tipa ALARA OD koji, osim akumulirane doze, bilježi podatke o brzini doze i trajanju izloženosti vrlo niskom intenzitetu raspršenog rendgenskog zračenja u bilo kojem trenutku. To je važna mjeriteljska osobina obzirom na tehnologiju rada rengenâ za kontrolu prtljage. Jedna faza mjerenja trajala je neprekidno godinu dana i dozimetri su mjerili zračenje uz rendgenske uređaje istog tipa i osobina, ali na nekoliko zračnih luka u Hrvatskoj. Komplet ALARA OD dozimetara bio je ciljano postavljen na mjerna mjesta oko rendgen uređaja u zračnim lukama. Rezultati elektronske dozimetrije uspoređeni su s rezultatima paralelno provedene film dozimetrije za ista mjerna mjesta i mjerni period. Očitani rezultati iz ALARA OD dozimetara upućuju na zaključak da radna mjesta djelatnika koji provode sigurnosni pregled putnika u zračnim lukama nisu profesionalna radna mjesta u smislu opterećenosti vrlo učestalom, na kontroliranoj prtljagi raspršenom ionizirajućem zračenju niskog intenziteta uz uvjet da se ti djelatnici pridržavaju svih pravila provedbe zaštite od zračenja i poslova sigurnosti.

Vremenski razlučiva osobna dozimetrija liječnika tijekom radiološke intervencije

Marija Surić Mihić¹, Ivica Prlić¹, Tomislav Meštrović¹

¹*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada -
Jedinica za dozimetriju zračenja i radiobiologiju, Zagreb*

Vrlo brzi tehnološki razvoj medicinskih uređaja koji koriste ionizirajuće zračenje nužno mijenja i unapređuje dijagnostičke i terapijske postupke. Prilikom provođenja tih kombiniranih postupaka (npr. urološka intervencijska radiologija), medicinski djelatnici izloženi su raspršenom zračenju manjeg intenziteta, ali zato znatno učestalijem nego pri dosadašnjim klasičnim dijagnostičkim postupcima. U svrhu proučavanja profesionalne opterećenosti zračenjem pojedinih članova liječničkog tima, koji se prilikom urološke operacije s uporabom rendgenskog zračenja kreće u operacijskoj dvorani u snopu raspršenog ionizirajućeg zračenja vrlo niskog intenziteta, koristili smo novo razvijen aktivni digitalni elektronski dozimetar tipa ALARA OD. Tromjesečni rezultati elektronske dozimetrije uspoređeni su s rezultatima redovne, film dozimetrije za isti tim djelatnika i za isti vremenski period. Korištenje novo razvijenog elektronskog dozimetra u modernoj dijagnostičkoj i/ili intervencijskoj radiologiji gdje je profesionalna izloženost potpuno nepravilna, i u učestalosti i u trajanju ozračivanja, te, gotovo potpuno, ovisna o odlukama glavnog liječnika, daje detaljniji uvid u profesionalno opterećenje zračenjem liječničkog tima koji provodi operaciju i omogućava pouzdanije određivanje područja izloženosti ionizirajućem zračenju za tim koji provodi urološku operaciju.

[1] I.Prlić, M.Surić Mihić, S.Milković-Kraus, T.Meštrović, M.Vrtar, Characterization of workplaces in interventional radiology using active dosimeters ALARA OD, Radiation Protection Dosimetry 2007

Mali čisti i miješani klasteri spin-polariziranog tricija

Ivana Bešlić¹, Leandra Vranješ Markić¹, Jordi Boronat²

¹*Fakultet prirodoslovno matematičkih znanosti i
kineziologije Sveučilišta u Splitu*

²*Universitat Politecnica de Catalunya Fisica i Enginyeria
Nuclear*

Proučavana je stabilnost malih spin-polariziranih klastera koji se sastoje od atoma tricija ($T \uparrow$) te miješanih malih klastera koji osim spin-polariziranih atoma tricija sadrže i spin-polarizirane atome deuterija ($D \uparrow$) ili vodika ($H \uparrow$). Računi su provedeni korištenjem varijacijske i difuzijske Monte Carlo (DMC) metode, a za klaster koji sadrže više od dva atoma deuterija upotrebljena je i "released node" DMC metoda. Dobiveni rezultati energija vezanja za čiste klaster tricija slažu se s prethodnim rezultatima [1] te potvrđuju da je trimer najmanji klaster spin-polariziranog tricija. Po prvi put je pokazano da su svi klasteri $(T \uparrow)_N D \uparrow$ i $(T \uparrow)_N (D \uparrow)_2$ vezani za $N > 2$. Odredjena je i struktura malih klastera.

[1] D. Blume, B. D. Esry, Chris H. Greene, N. N. Klausen, G. J. Hanna, Phys. Rev. Lett. **189**, 163402 (2002)

Dijagnostika i fizička svojstva cirkumstelarne tvari

Dubravka Kotnik-Karuza¹

¹*Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet u Rijeci*

Projekt u realizaciji na Odsjeku za fiziku Filozofskog fakulteta u Rijeci bavi se fizičkim svojstvima cirkumstelarne tvari zvijezda koje se nalaze u ekstremnim fazama evolucije: O i B galaktičkih superdivova, simbiotskih Mira te HAeBe i T-Tau zvijezda.

Dijagnostika plazme u vrućim superdivovima provodi se na UV spektrima iz IUE arhive, dok se linijski emisijski spektri simbiotskih zvijezda istražuju u vidljivom i UV području i modeliraju numeričkim kodom CLOUDY. Dani su rezultati za simbiotsku novu RR Tel.

Oko simbiotskih Mira nalazimo prašinaste ovojnice nastale u njihovim zvjezdanim vjetrovima. Modeliranje svojstava cirkumstelarne prašine i njihovih promjena u vremenu u ovojnicama simbiotskih Mira pomoću DUSTY numeričkog koda daje uvid u fizikalne procese i strukture u simbiotskim sustavima. Istim kodom određujemo fizička svojstva i geometrijski oblik cirkumstelarne prašine oko mladih zvijezda.

U svrhu razumijevanja nastanka planeta iz cirkumstelarne okoline, provodi se fotometrija zvijezda u smjeru središta naše Galaksije. Svjetlosne krivulje čija je promjena sjaja uzrokovana efektom gravitacijske leće, modeliraju se u potrazi za planetima. Fizikalni parametri sustava pomažu u odabiru modela stvaranja planeta. Uz to se izvode proračuni za astrometrijska mjerenja u cilju traženja planeta u orbitama bijelih patuljaka.

[1] Kotnik-Karuza, D. et al., *A&A* **452** (2006) 503

[2] Vinkovic, D., Ivezić, Z., Jurkic, T., Elitzur, M., *ApJ* **636**(2006) 348

[3] Beaulieu, J.-P., ..., 22. Dominis, D., et al., *Nature* **439** (2006) 437

Utjecaj makroturbulencije i rotacije na širenje linija u UV spektrima galaktičkih B-superdivova

Mariza Sarta Deković¹, Dijana Dominis Prester¹,
Tomislav Jurkić¹, Dubravka Kotnik-Karuza¹

¹*Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet u Rijeci*

Iz IUE arhive odabrani su visoko razlučni spektri galaktičkih B superdivova u intervalu valnih duljina od 1150-1980 Å. Opažanja su uspoređena sa sintetskim spektrima dobivenim pomoću koda TLUSTY koji pretpostavlja NLTE, plan-paralelni, hidrostatski model atmosfera i uključuje efekt mikroturbulencije. Uočeno je da su apsorpcijske fotosferske linije opažanih objekata znatno proširene u odnosu na modele. Uzrok širenja nalazi se u polju brzina prisutnom u fotosferama tih objekata. Pokazalo se da sama rotacija nije dovoljna da bi objasnili jako širenje linija, već je potrebno uzeti u obzir i utjecaj makroturbulencije. U tu svrhu, modele dobivene kodom TLUSTY proširili smo pomoću programa ROTIN kroz koji smo uključili efekt rotacije i makroturbulencije te instrumentalni profil koji u manjoj mjeri također utječe na širenje linija. Usporedba tako dobivenih sintetskih spektara s opažanjima vodi na procjenu doprinosa rotacije i makroturbulencije na širenje linija.

[1] R.S.I.Ryans et al., MNRAS **336** (2002) 577

[2] P.L.Dufton et al., A&A **451** (2006) 603

SAXS/DSC istraživanja Zn^{2+} ion vodljivog polimernog elektrolita

Aleksandra Turković¹, Mladen Pavlović¹, Pavo Dubček¹,
Magdy Lučić-Lavčević², Božidar Etlinger¹, Sigrid
Bernstorff³

¹*Institut Ruder Bošković, Zagreb*

²*Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu*

³*Sinchrone Trieste, Basovizza, Trst, Italija*

Polimerni elektroliti i nanokompoziti pripremljeni su od PEO ozračenog γ -zrakama do doze 309 kGy te dodatkom TiO_2 nanozrna. Utjecaj dodanih TiO_2 nanozrna, te primjenjenog (γ -zračenja iz Co-60 izvora) na svojstva elektrolita, proučavan je mjerenjem raspršenja X-zraka pri malom kutu (SAXS) uz istovremeno mjerenje diferencijalne pretražne kalorimetrije (DSC) na sinkrotronu ELETTRA. Na istim uzorcima mjerena je i impedancijska spektroskopija (IS). Gore navedeni tretmani bitno povećavaju vodljivost elektrolita. Kristaliničnost je značajno smanjena nakon ozračenja zbog umrežavanja polimernih lanaca PEO. Također je promijenjena kohezija i elastičnost ozračenog polimera. Dodatak nanozrna TiO_2 povećao je vodljivost više nego bi se pripisalo smanjenju kristaliničnosti, što je vjerojatno zbog interakcije aniona sa nanozrnima. Također je smanjena krtost ozračenog polimernog elektrolita uvođenjem nanozrna TiO_2 [1]. Ionska vodljivost na sobnoj temperaturi povećana je za dva reda veličine. Pretpostavka je da do promjena svojstava prilikom navedenih tretmana dolazi zbog promjena u veličini nanozrna: "sferulita" i nano-kristalita PEO- $ZnCl_2$.

[1] A.Turković, M.Pavlović, P.Dubček, M.Lučić-Lavčević, B.Etlinger and S.Bernstorff, *Journal of the Electrochemical Society* **154** (2007) 1.

Svojstva nano-kristaliničnog silicija i mogućnost korištenja za fotonaponsku konverziju

Davor Gracin¹, Krunoslav Juračić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Pod nazivom nanokristalinični silicij se podrazumijeva materijal sastavljen od uređenih domena nano-metarskih dimenzija (nano-kristala) uronjenih u obliku nezavisnih elementa u matricu amorfne faze. Energijska distribucija elektronskih stanja u uređenim domenama nano-metarskih dimenzija je određena njihovom veličinom pa je do određene mjere moguće mijenjati optička i električna svojstva materijala variranjem veličine nano-kristala i međusobnog omjera amorfne i kristalne faze.

Veći broj uzoraka nano-kristalnog silicija, u obliku filma debljine nekoliko stotina nm, formiran je PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) metodom koristeći radio-frekventni izboj u mješavini vodika i silana. Strukturna svojstva deponiranih filmova su određivana difrakcijom x-zraka, mikroskopijom (AFM, HRTEM) i vibracijskom spektroskopijom (Raman, FTIR) te korelirana sa njihovim transportnim i optičkim svojstvima. Rezultati su diskutirani u okviru poznatih teorijskih modela koji opisuju svojstva "kvantnih točka". Također, procjenjivana je mogućnost korištenja ovakvog kompozitnog materijala pri konstrukciji i izvedbi fotonaponskih ćelija te odnos očekivanih i postignutih vrijednosti u probnoj proizvodnji.

[1] D.Gracin, S.Bernstorff, P.Dubcek, A.Gajovic, K.Juraic, Thin Solid Films 515 (2007) 5615

[2] D.Gracin, S.Bernstorff, P.Dubcek, A.Gajovic, K.Juraic, J. of Appl. Crystallography 40 (2007) s373

Elektron-fonon vezanje u jednoatomskim slojevima srebra

I. Pletikosić¹, V. Mikšić Trontl², M. Milun¹, P. Pervan¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb*

Kutnorazlučivom fotoelektronskom spektroskopijom (ARPES) mogu se pouzdano odrediti parametri elektron-fonon vezanja u specifičnim stanjima kvazidvodimenzionalnih sustava. Visokorazlučivi spektrometri naime izravno mjere spektralnu funkciju fotošupljine, pa se temperaturna promjena širine spektralnih maksimuma može korelirati s parametrom elektron-fonon vezanja. Ranija istraživanja stanja kvantnih jama s-p tipa u ultratankim slojevima srebra pokazala su značajno povećanje tog parametra na malim debljinama sloja [1,2] te njegov oscilirajući karakter s povećanjem broja slojeva [3]. Dosadašnja su saznanja o elektron-fonon vezanju u stanjima kvantnih jama d tipa, međutim, vrlo ograničena [4]. Proučili smo stoga to vezanje u 4d stanjima kvantnih jama stvorenim u jednoatomskom sloju srebra na četiri metalne površine: Cu(100), Mo(110), Ni(111), Pd(111). Strukturna analiza difrakcijom elektrona (LEED) i tunelirajućom mikroskopijom (STM) pokazala je vrlo slična uređenja sloja srebra na tim površinama u obliku idealne ili tek malo distordirane heksagonalne strukture. Izmjerene promjene parametra elektron-fonon vezanja s obzirom na substrat korelirane su s položajem elektronskih stanja u kvantnoj jami prema položajima energijski ili simetrijski zabranjenih stanja substrata.

[1] Valla et al, J. Phys. Cond. Matter 12, L477 (2000)

[2] Luh et al, Phys. Rev. Lett. 88, 256802 (2002)

[3] Mathias et al, Phys. Rev. Lett. 97, 236809 (2006)

[4] Paggel et al, Phys. Rev. Lett. 92, 186803 (2004)

Katalizator na atomskoj skali: primjer (110) površine paladija

Marko Kralj¹, Conrad Becker², Klaus Wandelt², Nicola Seriani³, Georg Kresse³

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Institut of Physical Chemistry, Bonn, Njemačka*

³*Institute for Material Physics, Vienna, Austrija*

Na primjerima međudjelovanja malih količina vodika i kisika sa paladijevom (110) površinom u kontroliranim, ultra-visoko vakuumskim uvjetima, istražujemo atomističke detalje procesa koji određuju visoku katalitičku aktivnost paladija i općenito ilustriraju mehanizme vezane uz kemijske procese koji se dešavaju na površinama [1]. U oba istraživana slučaja dolazi do znatnog restrukturiranja paladijeve površine, što daje dodatnu dinamiku procesima adsorpcije, disocijacije i desorpcije. Osim toga, restrukturiranjem površine dobivamo strukturu nano-mreža, koje u slučaju Pd(110) imaju naglašena nisko-dimenzionalna elektronska stanja i koje se mogu koristiti kao podloge za uredjeni rast kompleksnijih nano-struktura.

Za proučavanje adsorpcijskih procesa i strukturalnih promjena na atomskoj skali, u realnom vremenu, koristimo se varijabilno-temperaturnim pretražnim tunelskim mikroskopom (STM - scanning tunneling microscope) "kućne" izrade [2]. Za bolje razumijevanje dobivenih rezultata modeliramo sisteme pomoću računa funkcionala gustoće (DFT - density functional theory). Te dvije metode u kombinaciji rasvjetljuju međudjelovanje adsorbata i površina i često su jedini put k razumijevanju strukture, elektronske strukture i energetike na površinama [3].

[1] T. Mitsui, M.K. Rose, E. Fomin, D.F. Ogletree, M. Salmeron, Nature 422, 705 (2003)

[2] M. Kralj, C. Becker, K. Wandelt, Surf. Sci. 600, 4113 (2006)

[3] M. Kralj, T. Pertram, N. Seriani, C. Becker, A. Krupski, F. Mittendorfer, G. Kresse, K. Wandelt, in preparation

Karakterizacija tankoslojnih solarnih ćelija pomoću Impedancijske Spektroskopije(IS)

Nedeljko Zorić¹, Ana Šantić¹, Vesna Ličina¹, Davor
Gracin¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Ispitivana je mogućnost analize tankoslojnih solarnih ćelija Impedancijskom Spektroskopijom. U tu svrhu su mjerene impedancije jednosstrukih i dvostrukih poluvodičkih p-i-n struktura deponiranih na staklu. Na temelju mjerenja, uzevši u obzir doprinos staklene podloge, određeni su parametri ekvivalentnog kruga koristeći Z-View program i metodu najmanjih kvadrata te korelirani sa modelom mjerenog sistema, p-i-n strukture na staklu. Relaksacioni procesi u postavljenom modelnom sustavu su analizirani pomoću Cole-Cole dijagrama a iz mjerenja na sobnoj temperaturi i na 373K (temperaturno područje je ograničeno stabilnošću tankoslojne p-i-n strukture) procijenjena je srednja energija aktivacije (E_a) mjerenog sistema.

Na temelju dobivenih rezultata i literaturnih podataka diskutirana je preciznost i svrsishodnost ovakvog načina karakterizaciji tankoslojnih ćelija.

GISAXS analiza tankih filmova amornog i nanokristaliničnog silicija

Krunoslav Juraić¹, Davor Gracin¹, Pavo Dubček¹,
Andreja Gajović¹, Miran Čeh², Sigrid Bernstorff³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb,*

²*Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija*

³*Synchrotron Trieste, Basovizza (TS), Italija*

Analizirana je struktura tankih filmova amornog i nanokristaliničnog silicija korištenjem metode raspršenja X-zraka pod malim kutom (GISAXS - Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering). 2D GISAXS spektri snimljeni su na Austrijskoj SAXS liniji na sinhrotronu Elettra u Trstu koristeći X-zračenje energije 8 keV. Pri tome je mijenjan upadni kut X-zračenja počevši od kritičnog kuta za totalnu refleksiju kako bi se dobila informacija o strukturi kako na površini tako i u dubini filma.

Tanki filmovi su modelirani kao mješavina nasumično orijentiranih nanokristala i šupljina uronjenih u amornu matricu. Pri tome je testirano nekoliko različitih oblika čestica (nanokristala i šupljina), te distribucija veličine čestica. Kao početne vrijednosti pri modeliranju korišteni su podaci dobiveni procjenom gustoće uzoraka na temelju optičkih mjerenja te rapodjela veličina kristalita određenih HRTEM-om (High Resolution Transmission Electron Microscopy).

Podaci o veličini, distribuciji veličine čestica, te udjelu pojedinih komponenti dobiveni prilagodbom modela eksperimentalnim GISAXS rezultatima uspoređeni su sa rezultatima Raman i optičke spektroskopije.

Relaksacija Al-(Nb, Mo, Ta, W) amorfnih tankih filmova

Tihomir Car¹, Nikola Radić¹, Jovica Ivkov², Anton
Tonejc³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

³*Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Tanki filmovi $\text{Al}_x\text{Nb}_{1-x}$, $\text{Al}_x\text{Mo}_{1-x}$, $\text{Al}_x\text{Ta}_{1-x}$ i $\text{Al}_x\text{W}_{1-x}$ dobiveni su magnetronskom kodepozicijom na sobnoj temperaturi, na različitim podlogama, u širokom rasponu sastava i debljina, korištenjem uređaja za depoziciju CMS 18. Depozicija je rađena pri radnom tlaku od ~ 5 mTorr-a i sa prosječnom snagom Al-izvora od 250 W, dok je snaga magnetronskog izboja druge komponente slitine podešavana prema zadanom sastavu. Struktura filmova nakon depozicije i tijekom faza relaksacije ispitana je rentgenskom difrakcijom. Strukturna relaksacija pod neizoternim (izokronim uvjetima) ispitivana je kontinuiranim in situ mjerenjem električnog otpora u vakuumu. Preliminarni eksperimentalni rezultati upućuju na relativno visoke relaksacijske efekte u AlW i AlMo slitinama sa maksimumom kod filmova sa 70% do 80% atomarnog udjela aluminija. Mjerenja kod AlW filmova pokazuju da efekt relaksacije opada sa porastom brzine grijanja. Suprotno, kod AlNb i AlTa kombinacija nije zamjećen značajniji relaksacijski efekt. Za opis kinetike kristalizacije AlW i AlMo kombinacija primjenjena je fenomenološku JMA teorija adaptirana za neizotermne procese. Kinetički parametar n kod AlW filmova raste sa porastom udjela aluminija od 1.5 do 2.8, dok energija aktivacije s porastom atomarnog udjela Al pada od 2.0 do 1.4 eV. Vrlo slično ponašanje zamjećeno je i na dosad ispitivanim uzorcima AlMo.

[1] T. Car, N. Radić, J. Ivkov, A. Tonejc, Appl. Phys A, 2005.

Proučavanje stabilnosti faza II-VI grupe poluvodiča na visokim tlakovima *ab initio* metodom

Davor Kirin¹, Igor Lukačević²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Odjel za fiziku, Osijek*

Proučavanje faznih prijelaza uzrokovanih promjenom tlaka je polje istraživanja koje se, tijekom nekoliko zadnjih desetljeća, vrlo brzo razvijalo. Otkriveno je da mnogi poluvodiči imaju bogat fazni dijagram ovisan o tlaku i temperaturi. Razumijevanje mehanizma faznih prijelaza na mikroskopskom nivou je daleko od potpunog, te su potrebni novi teorijski modeli.

Istraživali smo stabilnost *NaCl* strukture obzirom na *Cmcm* strukturu, koja se pojavljuje na visokom tlaku, za nekoliko poluvodiča (ZnS, ZnSe, CdS, CdSe) II-VI grupe. Računi dinamike kristalne rešetke otkrivaju da je *NaCl* struktura nestabilna s obzirom na transverzalni akustički mod na rubu Brillouinove zone. Promatrani fazni prijelaz, kojemu je pridruženo udvostručenje ćelije u *Cmcm* fazi sa smrznutom ("frozen in") deformacijom, je drugog reda. Naši izračuni [1] su predvidjeli tlak faznog prijelaza točnije nego klasična metoda zajedničke tangente [2]. Pošto je promjena volumena u samom prijelazu vrlo malena ili jednaka nuli (u svim proučavanim kristalima), prijelazi su određeni iz tlaka na kojemu frekvencija transverzalnog akustičkog moda na rubu zone ide u nulu.

Razlike između izračunatih i pokusima izmjerenih tlakova faznih prijelaza se nalaze ispod 10%.

[1] D. Kirin, I. Lukačević, Phys. Rev. B **75**, 172103 (2007).

[2] A. Mujica, A. Rubio, A. Muñoz, R. J. Needs, Rev. Mod. Phys. **75**, 863 (2003).

Elektronska paramagnetska rezonancija monokristala $[\text{Co}(\text{bpy})_3]_2[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]\text{Cl}_x12\text{H}_2\text{O}$

Dijana Žilić¹, Boris Rakvin¹, Marijana Jurić²

¹*Zavod za fizičku kemiju, Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Zavod za kemiju materijala, Institut Ruđer Bošković,
Zagreb*

U okviru potrage za novim, fizičarima i kemičarima zanimljivim, molekulskim magnetima, nedavno je na Institutu Ruđer Bošković sintetiziran heterometalni spoj sastava $[\text{Co}(\text{bpy})_3]_2[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]\text{Cl}_x12\text{H}_2\text{O}$ (bpy = 2,2'-bipiridin) u kojem dvije susjedne jedinice $[\text{Co}(\text{bpy})_3]_2$ ostvaruju supramolekulske kontakte preko četiriju molekula liganda. Paramagnetsku jezgru spoja čine dva visokospinska Co^{2+} , koji pored spina $S = 3/2$ imaju i zakretni impuls L. Elektronskom paramagnetskom rezonancijom (EPR) u X-području (mikrovalna frekvencija oko 9.7 GHz) promatrana su magnetska svojstva Co^{2+} ovisno o temperaturi i rotaciji kristala. Računalnom simulacijom, korištenjem Bruker XSophe software-a, pokušalo se odrediti parametre g- i A-tenzora pri temperaturi $T = 15$ K.

[1] M. Jurić, B. Perić, N. Brničević, P. Planinić, D. Pajić, K. Zadro, G. Giester, B. Kaitner (u tisku).

[2] O. Kahn, Molecular Magnetism, Wiley-VCH, New York (1993).

[3] G. R. Hanson, K. E. Gates, C. J. Noble, M. Griffin, A. Mitchell, S. Benson, J. Inorg. Biochem. 98 (2004) 903.

Poboljšanje modela za predviđanje kristalizacije proteina

Bono Lučić¹, Jadranko Batista², Davor Juretić³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru*

³*Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti Sveučilišta u Splitu*

Više od 80% 3D struktura proteina u proteinskoj banci podataka određeno raspršenjem X-zraka na kristalima. Međutim, za samo 42% topljivih proteina uspijevaju se pronaći uvjeti kristalizacije, a eksperimentalni postupci kojima se provjerava kristalizira li neki protein, dugotrajni su i skupi. Modeli u literaturi temelje se na broju i rasporedu pojedinačnih aminokiselinskih ostataka. Pri tome u modele ulazi više od 40 parametara [1,2], a konačni su modeli modeli nelinearni. Mi smo, pored statistički najznačajnijih parametara korištenih ranije [1,2], računali i uveli nove parametre (autokorelacijske funkcije) koji uključuju fizikalno-kemijska svojstva (npr. hidrofobnost, naboj) i raspored aminokiselinskih ostataka u proteinu. Algoritmom za izbor najznačajnijih parametara (u statističkom i fizikalnom smislu), dobili smo jednostavnije modele jednake ili bolje točnosti od postojećih najboljih koji postižu točnost razlikovanja proteina koji kristalizira od proteina koji ne kristalizira od oko 75%.

[1] Chen, K., Kurgan, L., Rahbari, M., *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 355 (2007) 764

[2] Smilowski, P., Schmidt, T., Cox, J., Kirschner, A., Frishman, D., *Proteins*, 62 (2006) 343

Kvantni efekti u feroelektricima s vodikovim vezama

Dalibor Merunka¹, Boris Rakvin¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Izotopni efekt i efekt kvantne saturacije dva su nedovoljno objašnjena kvantna efekta koja obilježavaju feroelektrike s vodikovim vezama kao što je KH_2PO_4 (KDP)[1]. Prvi efekt označava snažnu promjenu feroelektričnih svojstava kristala prilikom zamjene vodika deuterijem, dok drugi označava smanjivanje ili nestanak feroelektričnog uređenja zbog kvantnih fluktuacija atoma. Prema modelu interagirajućih tunelirajućih protona uzrok kvantne saturacije je protonsko tuneliranje. Kako jačina saturacijskog efekta ovisi o izotopno osjetljivoj frekvenciji tuneliranja, izotopni efekt je posljedica izotopno osjetljivog efekta kvantne saturacije. Međutim, mnogi eksperimenti ukazuju da bi model interagirajućih dipola koji nastaju deformacijama teškoatomske skupine (PO_4 , AsO_4 , itd.) bolje objasnio fazni prijelaz, no nejasno je kako objasniti kvantne efekte takvim modelom.

U tu svrhu razmatrali smo sustav tunelirajućih protona vezanih s dipolima teškoatomske skupine, gdje su stupnjevi slobode protona i dipola razdvojeni primjenom odgovarajuće adijabatske aproksimacije. Takvim pristupom dobiveno je da model interagirajućih tunelirajućih protona dobro opisuje sustav u slučaju kada dipoli osciliraju većom frekvencijom nego što protoni tuneliraju. U suprotnom slučaju sustav je bolje opisan modelom interagirajućih dipola kojim je moguće objasniti kvantne efekte. Prema tom modelu, efekt kvantne saturacije potječe od kvantnih fluktuacija dipola, te je stoga izotopno neosjetljiv. Za izotopni efekt je važna promjena efektivne interakcije između dipola koja ovisi o frekvenciji tuneliranja.

[1] D. Merunka i B. Rakvin, *Struct. Bond.* 124, 149 (2007).

Pojačanje zapinjanja magnetskih vrtloga u supravodiču MgB₂ dopiranom ugljikovim nanocjevčicama

Marko Jerčinović¹, Emil Babić¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Proučavan je (u suradnji s ISEM, Wollongong) magnetootpor i kritična stuja J_c , supravodiča MgB₂ dopiranog kratkim ugljikovim nanocjevčicama (SMW-CNT) u području temperatura 2 – 40 K i magnetskom polju $B \leq 16$ T. Dopiranje, djelomičnom zamjenom B sa C u MgB₂, snižava temperaturu supravodljivog prijelaza T_c , no povisuje gornje kritično polje B_{c2} na nižim temperaturama, što se može pripisati utjecaju legiranja na supravodič sa dva enegijska procijepa. Istovremeno, nehomogeno legiranje i nastali nanoprecipitati povisuju potencijal zapinjanja magnetskih vrtloga $U_0(B)$. To vodi do povišenja polja ireverzibilnosti $B_{irr}(J_c = 0)$, viših J_c na visokim poljima B i viših volumnih sila zapinjanja $F_p = J_c B$. Nažalost, u današnjim je uzorcima iznos J_c ograničen nehomogenom raspodjelom cjevčica unutar uzorka i njihovom poroznošću (oko 50%).

[1] W. K. Yeoh, J. Horvat, S. X. Dou and V. Keast, Supercond. Sci. Technol. **17** (2004) S572

Konceptualno razumijevanje mehanike kod hrvatskih gimnazijskih maturanata

Maja Planinić¹, Lana Ivanjek¹, Ana Sušac¹, Planinka
Pećina¹, Rudolf Krsnik¹, Mirko Planinić¹, Željko
Jakopović², Vlado Halusek³

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Agencija za odgoj i obrazovanje, Zagreb*

³*Osnovna škola Kloštar Podravski, Kloštar Podravski*

Provedeno je opsežno istraživanje konceptualnog razumijevanja mehanike na populaciji hrvatskih gimnazijskih maturanata. Testiran je uzorak od 1676 hrvatskih učenika četvrtih razreda gimnazija. U uzorku su bile proporcionalno zastupljene sve hrvatske regije, te sve vrste gimnazija. Učenici su testirani američkim testom Force Concept Inventory, koji se široko koristi u svijetu kao dijagnostički instrument konceptualnog razumijevanja mehanike kod učenika srednjih škola i studenata na sveučilištu. Općenito je prihvaćeno da rezultat od 60% na tom testu predstavlja minimum konceptualnog razumijevanja mehanike, koji je nužan da bi student mogao samostalno pratiti uvodne kolegije fizike na sveučilištu. Prosječni rezultat na testu za cijelu populaciju bio je $(27,7 \pm 0,4)\%$. To pokazuje da većina učenika napušta srednju školu s niskim razumijevanjem koncepta sile, značajno ispod praga od 60%. Iznad 60% nalazimo tek 4,7% učenika u cijelom uzorku. Ako tu situaciju projiciramo na cijelu populaciju, dolazimo do zaključka da ćemo u njoj naći svega oko 600 učenika s donekle zadovoljavajućim konceptualnim razumijevanjem mehanike. To je svakako premala brojka u usporedbi s otprilike 8500 potrebnih kandidata na prirodoslovnim, tehničkim i biomedicinskim fakultetima, na kojima se traži razumijevanje fizike.

[1] Hestenes, D., Wells, M., Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30, 141–158.

Istraživanje hiperfinog cijepanja ^{14}N na SAR2 centru u ozračenom L-alaninu pomoću pulsni EPR tehnika

Nadica Maltar-Strmečki¹, Boris Rakvin²

¹*Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

L-alanin je jednostavna aminokiselina koja je već šezdesetak godina u centru pažnje istraživača ne samo zbog biološke važnosti već i dobrih dozimetrijskih svojstava. U kombinaciji s tehnikom elektronske spinske rezonancije (ESR) razvija se ESR-alaninska dozimetrija. Intenzitet ESR spektra, ovisan o koncentraciji radikala stvorenih pod utjecajem ionizacijskog zračenja, linearno je proporcionalan dozi zračenja u rasponu od 1 Gy-100 kGy. Stoga je od posebnog značaja detaljan opis ESR spektra. Poznato je da spektar potječe od tri radikala: oko 60% SAR1, oko 40% SAR2 centra i manjeg doprinosa SAR3 centra pri sobnoj temperaturi. Za sva tri centra detaljno su istraženi hiperfini tenzori protona. Eksperimentalno određivanje hiperfinih tenzora dušika nije bilo moguće konvencionalnim ESR metodama. Stoga je u ovom istraživanju za određivanje doprinosa hiperfinog cijepanja ^{14}N SAR2 centra korištena dvodimenzionalna pulsna ESR tehnika HYSCORE (Hyperfine Sublevel Correlation Spectroscopy).

[1] E. Sagstuen, E. O. Hole, S. R. Haugedal, W. H. Nelson, J. Phys. Chem. A **101** (1997) 9763

[2] B. Rakvin, N. Maltar-Strmečki, Chem. Phys. Lett. **415** (2005) 161

Apsorpcijske vrpce RbCs molekula u gustoj pari

Berislav Horvatić¹, Robert Beuc¹, Mladen Movre¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Izračunali smo približan oblik apsorpcijskih vrpca u spektru molekule RbCs u području valnih duljina od 450 do 1000 nm. Za predviđanje spektara korištena je porodica potencijalnih krivulja za Hundov slučaj vezanja a , uz pretpostavku konstantnih spinski dozvoljenih dipolnih momenata prijelaza, asimptotsku ($R \rightarrow \infty$) jednakost svih molekulskih oscilatornih jakosti i zanemarivanje energije vezanja spina i staze. Račun je poluklasičan, uz korištenje uniformne Airyjeve aproksimacije (1). Praktični cilj tih teorijskih simulacija je dvojak: (a) identifikacija/interpretacija eksperimentalno opaženih vrpca, tj. njihovo pripisivanje određenim radijacijskim prijelazima među stanjima RbCs dimera; na razini primjene, teorijska predviđanja usmjeravaju potragu za vrpcama prikladnim za razne tehnološke svrhe, kao npr. razvijanje učinkovitih i “ugodnih” izvora svjetlosti; (b) testiranje korištene metode i aproksimacija: svako bitnije odstupanje eksperimentalno opaženog spektra od teorijski predviđenog ukazivalo bi na potrebu složenijih računa koji uključuju ovisnost dipolnih momenata prijelaza o R i međudjelovanje spina i staze.

Teorijski spektri uspoređeni su s eksperimentalnima dobivenim u vrlo gustim parama smjese Rb i Cs. Pokazalo se da relativno skromna korištena teorijska sredstva dostaju za uspješnu interpretaciju spektra. Za vrpcu oko 717 nm se ispostavlja da potječe od prijelaza $1^1\Sigma^+ \rightarrow 1^1\Pi$ ($B - X$ vrpca), dok difuznu vrpcu oko 563 nm valja pripisati singuletnom prijelazu $1^1\Sigma^+ \rightarrow 3^1\Pi$.

[1] R. Beuc, V. Horvatić, J. Phys. B **25** (1992) 1497

Kinetički model mikrotubula

Josip Brana¹, Ivana Ivkovic¹, Vladimir Buljan²

¹*Odjel za fiziku Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku*

²*Faculty of Medicine, The University of Sydney,
Australija*

Razvijen je nelinearni kinetički model mikrotubula uz pretpostavku konstantnog ukupnog broja tubulina. Numerička analiza sustava diferencijalnih jednadžbi provedena je programom „Mathematica“. Rezultati pokazuju i oscilatorni režim za broj ugrađenih tubulina, sukladno eksperimentalnim rezultatima za turbiditet (Carlier).

[1] M. F. Carlier, R. Melki, D. Pantaloni, T. L. Hill, Y. Chen, Synchronous Oscillations in Microtubule Polymerization, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 84, pp 5257-5261, August 1987

[2] H. Oberman, E.-M. Mandelkow, G. Lange, E. Mandelkow, Microtubule Oscillations, Jour. Biol. Chem. Vol. 265, No 8, March 15, 1990, pp 4382-4388

Veza između mehaničkih, termičkih i elektroničkih svojstava u Zr-Ni,Cu amorfnim slitinama

Ramir Ristić¹, Mirko Stubičar², Emil Babić²

¹*Odjel za fiziku Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku*

²*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

Pokazali smo da mehanička svojstva (krutost i tvrdoća) u Zr-Ni, Cu amorfnim slitinama rastu linearno s količinom Ni, Cu u širokom kompozicijskom području ($22 \leq x_{Ni,Cu} \leq 65$ at %). To je povezano s uočenim povećanjem Debyeve temperature i gustoće s x te pokazuje da jačina međuatomskih veza raste s x u ovim slitinama. Isto tako termička stabilnost (npr. temperatura kristalizacije i temperatura staklastog prijelaza) ovih slitina također raste s x . Kako elektronska gustoća stanja na Fermijevoj nivou pada linearno s x u istom području koncentracije x , znači da postoji vrlo jednostavna veza između elektronske strukture i mehaničkih i termičkih svojstava. Također izveli smo mehanička svojstva hipotetskog amornog Zr i kratko diskutirali mogućnost njegovog nastajanja.

[1] R.Ristić, E.Babić, Mat. Sci. Eng. A 449-451 (2007) 569.

[2] R. Ristić, E. Babić, J. Non-Cryst. Solids (2007),
doi:10.1016/j.jnoncrysol.2007.05.043

Poboljšanje elektromagnetskih svojstava MgB₂ dopiranjem nanočesticama

Emil Babić¹, Ivica Kušević², Ozren Husnjak¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb*

Dopiranje nanočesticama poboljšava elektromagnetska svojstva (kritičnu struju u magnetskom polju, $J_c(B)$, volumnu silu zapinjanja, $F_p=J_cB$, karakteristična polja, B_{c2} i B_{irr} , itd...) supravodiča MgB₂, što ga uz višu temperaturu supravodljivog prijelaza, $T_c=39K$ i nižu cijenu sastojaka čini mogućom zamjenom danas korištenih supravodiča NbTi i Nb₃Sn ($T_c \leq 18K$)[1]. Sažeto ćemo prikazati novije rezultate dobivene nanodopiranjem MgB₂, te razmotriti moguće mehanizme postignutih poboljšanja elektromagnetskih svojstava (ES). Razmotrit ćemo i perspektive daljnjeg poboljšanja ES MgB₂ kao i probleme koje pritom treba riješiti.

[1] S.X. Dou et al, Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 097002

Comptonovo raspršenje na pozitroniju

Zoran Kaliman¹, Krunoslav Pisk²

¹*Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet, Sveučilište u Rijeci*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

U ovom radu teorijski proučavamo proces Comptonovog raspršenja na pozitroniju. Kako se konačno stanje sastoji od raspršenog fotona i slobodnog elektronsko-pozitronskog para, raspršenje spriječava anihilaciju pozitronija.

Ovdje se ograničavamo na energije upadnog fotona od 0.5 do 10 keV. Izračunavanja su napravljena u nerelativističkom računu s “ A^2 ” članom foton-elektron(pozitron) međudjelovanja. Također uvodimo impulsnu aproksimaciju (IA) za računanje dvostruko diferenciranog udarnog presjeka po analogiji s Eisenberger-Platzman operatorskom metodom za vodikov atom, što dovodi do dobro poznatog Comptonovog profila[1].

U radu analiziramo osobine diferencijalnih udarnih presjeka dobivenih “ A^2 ”-članom kao i osobine i valjanost IA računa. Za razliku od Comptonovog raspršenja na vodikovu atomu, koje je raspršenje na vezanom elektronu, Comptonovo raspršenje na pozitroniju je neelastično raspršenje na dva centra. Posljedica je da u “ A^2 ” računu, osim direktnog doprinosa raspršenja na elektronu i na pozitronu, također doprinose i interferentni članovi, koji nisu dobro predstavljeni u IA računa. Pokazujemo da doprinosi interferentnih članova opadaju s povećanjem energije upadnog fotona.

[1] P. Eisenberger and P. M. Platzman, Phys. Rev. **A2**, (1970), 415.

Energija oslobođena u Sunčevom bljesku

Manuela Temmer¹, Bojan Vršnak¹, Astrid Veronig²

¹*Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institute of Physics, University of Graz, Austrija*

Električno polje inducirano magnetskim prespajanjem u području korone zahvaćene Sunčevim bljeskom može se odrediti mjerenjem brzine premještanja izvora tvrdog X-zračenja ili pridruženih H-alfa/EUV vlakana te fotosferskog magnetskog polja [1]. Ova metoda primjenjena je na snažan Sunčev bljesak važnosti X3.8, čije su značajke u području X-zračenja izmjerene instrumentima smještenim na svemirskoj letjelici *Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI)*, a u području H-alfa spektralne linije kromosferskim instrumentom *Opservatorija Hvar*. Na temelju mjerenja visokog razlučivanja izračunali smo lokalne vrijednosti brzine magnetskog prespajanja u različitim područjima zahvaćenih bljeskom. Utvrđeno je da mjesta najsnažnije provale tvrdog X-zračenja odgovaraju područjima s najvećim brzinama prespajanja. Kako su ta područja povezana s najjačim električnim poljima, efikasnost ubrzavanja elektronskih snopova je najveća, pa je i rezultirajuće tvrdo X-zračenje najjače.

[1] Temmer et al. 2007, *Astrophys. J.* 654, 665; Forbes T.G., Lin J., 2000, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 62, 1499

Strukturna, vibracijska i relaksacijska svojstva nekih porfirinskih prstena

Ivana Jelovica Badovinac¹, Nada Orlić¹

¹*Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci*

Molekulska struktura i druge osobine porfirina uzrokuju mogućnost njihove primjene u mnogim područjima znanosti. Kao temeljne komponente proteina posebno važnu ulogu imaju u raznim biološkim procesima kao što su prijenos i pohrana kisika u aerobnim organizmima ili prijenos energije pri fotosintezi. Osim toga, porfirini služe kao bitne komponente raznih tehničkih uređaja, pa postaju sastavni dio istraživanja u proučavanju materijala. Detaljna istraživanja osnovnog porfirinskog prstena potvrdila su aromatični karakter te molekule.

Mjerali smo Raman spektar tetraoksaporfirin dikationa (TOxP^{2+}), koristeći mikro-Raman uređaj s valnom duljinom od 785 nm. Korelacije među frekvencijama izračunate DF/B3-LYP/cc-pVDZ metodom za nekoliko porfirinskih prstena potpuno se slažu s eksperimentalnim podacima.

Fluorescentni spektri promatranih porfirina mjereni su u otopini pri sobnoj temperaturi. Opažena je mnogo intenzivnija fluorescencija $S_2 \rightarrow S_0$ za TOxP^{2+} , nego za preostale porfirine. U slučaju TOxP^{2+} fluorescentni spektar $S_2 \rightarrow S_0$ je izrazito oštar i pokazuje zrcalnu simetriju s obzirom na $S_0 \rightarrow S_2$ apsorpciju. Razlike smo uglavnom pripisali manjoj promjeni ravnotežne geometrije u pobuđenom stanju za slučaj TOxP^{2+} . Spektri $S_1 \rightarrow S_0$ obrađeni su samo kvalitativno.

[1] Jelovica, I; Moroni, L; Gellini, C; Salvi, P.R.; Orlić, N, *J. Phys. Chem A*, 2005, **109**, 9935-9944

[2] Marcelli, A; Foggi, P; Moroni, L; Gellini, C; Salvi, P.R; Jelovica Badovinac, I, *J. Phys. Chem A*, 2007.

Ab initio proračuni metodom funkcionala gustoće: Nelokalna korelacija i van der Waalsova interakcija

Radovan Brako¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Metoda funkcionala gustoće (Density Functional Theory, DFT) se zasniva na određivanju ukupne elektronske gustoće (a ne mnogočestične valne funkcije) u kondenziranoj tvari, što omogućuje proračun sistema s više desetaka ili stotina atoma [1]. Kohn-Shamove valne funkcije, koje se pojavljuju kao pomoćne veličine u računu, se mogu koristiti pri interpretaciji spektara fotoemisije s površina i adsorbiranih slojeva [2].

Funkcionalni koji se danas upotrebljavaju ne uključuju adekvatan opis dugodosežne korelacije među elektronima, što je posebno velik problem u mekoj tvari (soft matter), gdje van der Waalsova interakcija i slični efekti daju znatan doprinos koheziji tvari. Razni pristupi poboljšanju DFT-a, od fenomenoloških do razvoja novih oblika funkcionala, mogu se ispitati na standardnim sistemima, npr. dimerima atoma plemenitih plinova i slojevima ksenona adsorbiranih na metalne površine [3], ili vezivanju grafena (dvodimenzionalne heksagonalne rešetke C atoma) u grafit ili adsorpciji grafena na metalne površine.

[1] R.M. Martin, *Electronic Structure: Basic Theory and Practical Methods* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2004).

[2] P. Lazić, Ž. Crljen, R. Brako, *Localization and hybridization of electronic states in thin films of Ag on V(100)*, Phys. Rev. B **71**, 155402 (2005).

[3] P. Lazić, Ž. Crljen, R. Brako, B. Gumhalter, *The role of van der Waals interactions in adsorption of Xe on Cu(111) and Pt(111)*, Phys. Rev. B **72**, 245407 (2005).

Udarni presjek za rekombinaciju na granici dva neuređena medija

Eduard Tutiš¹, Ivan Jurić¹, Ivo Batistić²

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Promatramo rekombinaciju elektrona i šupljina na granici dva neuređena medija, što je model koji dobro opisuje situaciju u višeslojnim organskim LEDicama. U modeliranju odvojeno gledamo rekombinaciju kroz dva moguća kanala (međustanja): ekscitonski i ekscipleksni (sa kojima su vezane i različite vjerojatnosti svjetlosne emisije, valne duljine, itd). Korištenje vrlo učinkovitih algoritama za rješavanje master jednadžbi omogućava nam da detaljno ispitamo ovisnost udarnog presjeka o mnoštvu parametara. Nalazimo optimalne vrijednosti parametara za koje se ostvaruje maksimalna učinkovitost, i snažnu ovisnost o strukturnom neredu na granici dva sloja.

Elektronska spinska relaksacija i njezina primjena

Boris Rakvin¹

¹*Institut Ruder Bošković, Zagreb*

Izučavanje elektronske spinske relaksacije paramagnetskih centara u različitim sredinama omogućuju nam stjecanje novih saznanja o dinamičkim svojstvima paramagnetskih centara kao i o lokalnim dinamičkim svojstvima sredina u kojima se oni nalaze. Paramagnetski centri mogu biti sastavni dio nekog promatranog sustava a često se mogu i ugraditi u pojedine sustave i služiti kao dinamičke probe [1-2]. Pobuđivanje paramagnetskih centara kao i mjerenja relaksacija vrši se uz pomoć impulsne elektronske paramagnetske rezonancije, impulsni EPR. Tipični vremenska skala pobuđivanja takovih procesa odvija se u intervalu od nekoliko ns dok detekcija se može odvijati u najkraćem intervalu od 80 ns poslije pobude pa sve do vremenskog intervala od nekoliko sekundi. U ovom kratkom izlaganju detaljnije ćemo razmotriti primjere trenutnih istraživanja vezanih uz paramagnetske centre u molekularnim kristalima i u staklima.

[1] Rakvin, B.; Maltar-Strmečki, N.; Ramsey, C. M.; Dalal, N. S.; J. Chem. Phys. 120 (2004), 14; 6665-6673.

[2] Rakvin, B.; Žilić, D.; Dalal N. S.; Solid State Commun. 136 (2005), 518-522.

Neutroničko modeliranje nuklearnog goriva koje sadrži integralne sagorive apsorbere

Dubravko Pevec¹, Mile Baće¹, Tomislav Šmuc², Radomir
Ječmenica¹, Krešimir Trontl¹

¹*Zavod za primijenjenu fiziku, Fakultet elektrotehnike i
računarstva Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut Ruder Bošković, Zagreb*

Napredne sheme zamjene goriva kod lakovodnih reaktora iziskuju upotrebu gorivnih elemenata koji sadrže integralne sagorive apsorbere. Za simulaciju izgaranja gorivnih elemenata s integralnim sagorivim apsorberima nužno je koristiti transportne modele. U NE Krško koriste se obični i obogaćeni bor kao integralni sagorivi apsorberi, dok se u budućnosti očekuje upotreba gadolinijeva oksida. Razvijeni su postupci bazirani na transportnim računalskim programima, WIMSD i FA2D, za neutroničko modeliranje gorivnih elemenata NE Krško s integralnim sagorivim apsorberima. Implementacija tih postupaka u paket programa za gospodarenje gorivom FUMACS omogućuje neutroničko modeliranje jezgre reaktora NE Krško koja sadrži gorivne elemente s različitim integralnim sagorivim apsorberima.

[1] K. Gergeta, D. Pevec, T. Šmuc: Depletion Modeling of Integral Burnable Absorbers Containing Enriched Boron, Proc. 5th Croatian Nuclear Society International Conference, Dubrovnik, 2004.

[2] K. Gergeta, D. Pevec, K. Trontl: New Features Implemented in FUMACS 2005 Code Package and Future Perspectives in Development of the New Versions, Proc. 6th Croatian Nuclear Society International Conference, Dubrovnik, 2006.

Edukacijski PET (Positron Emission Tomography) sustav

Ivica Friščić¹, Mihael Makek¹, Damir Bosnar¹, Tomislav Bokulić²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-Matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Odsjek za onkologiju i nuklearnu medicinu, Sveučilišna
bolnica Sestre milosrdnice, Zagreb*

PET je nuklearna tehnika koja se rabi u kliničkoj medicini i biomedicinskim istraživanjima za dobivanje funkcionalnih (molekularnih) slika ispitivanih organa i tkiva. Uskoro se očekuje uvođene prvog profesionalnog PET sustava u kliničku uporabu u Hrvatskoj. Na Fizičkom odsjeku, PMF, Zagreb, u okviru projekta tehničke suradnje IAEA "Setting Up of Demonstration Positron Emission Tomography Model for Teaching Purposes" izgrađuje se jednostavni demonstracijski PET sustav, no koji može demonstrirati sve bitne karakteristike profesionalnih uređaja kao i mogućnost uporabe metode vremena proleta (time-of-flight PET). Osnovna namjena sustava bit će edukacija studenata na dodiplomskom i poslijediplomskom studiju koja će obuhvatiti principe funkcioniranja detektora, elektronike, rekonstrukcije slike, te istraživanje mogućnosti inovacija. Sustav se sastoji 50 BaF2 detektora, VME elektronike za procesiranje i spremanje podataka i MATLAB programskih paketa za rekonstrukciju slike. U prvoj fazi projekta, koja je u tijeku, izgradit će se detektorski sustav od 25 BaF2 detektora i sustav za prikupljanje podataka baziran na VME elektronicu prema originalnom modelu [1], dok će se u drugom dijelu projekta, eventualno upotrijebiti opcije bazirane na naprednijoj elektronicu npr. FPGA pristup.

[1] T. Back, J. Cederkall, B. Cederwall, A. Johnson, A. Kerek, W. Klamra, J. van der Marel, J. Molnar, D. Novak, D. Sohler, M. Steen, P. Uhlen: A TOF-PET system for educational purposes, Nucl. Instr. and Meth. A477 (2002) 82

Projekcije elektronskih vrpca nekih prijelaznih metala na površine: Račun metodom teorije funkcionala gustoće

Damir Šokčević¹, Radovan Brako¹

¹*Institut Ruder Bošković, Zagreb*

Upotrebom teorije funkcionala gustoće napravili smo *ab initio* račun elektronskih vrpca u volumenu prijelaznih metala paladija, bakra, molibdena i nikla. Iz toga izračunali smo elektronsku strukturu duž smjera okomitog na odgovarajuću površinu, te projekcije volumnih elektronskih vrpca na smjerove visoke simetrije u površinskoj Brillouinovoj zoni. Razmatrane su bile slijedeće površine: Pd(111), Cu(100), Mo(110) i Ni(111). Za neke od njih napravljen je i račun za konačne slojeve koji daje i površinska stanja. Time su određene disperzije i simetrije stanja[1] koja se vide u XPS i ARPES eksperimentima na površinama, što je važno za njihovu interpretaciju[2].

[1] P. Lazić, Ž. Crljen, R. Brako, *Localization and hybridization of the electronic states in thin films of Ag on V(100)*, Phys. Rev. B **71**, 155402 (2005).

[2] V. Mikšić Trontl, I. Pletikosić, M. Milun, P. Pervan, P. Lazić, D. Šokčević, R. Brako, *Experimental and ab initio study of the structural and electronic properties of subnanometer thick Ag films on Pd(111)*, Phys. Rev. B **72**, 235418 (2005).

Spektroskopija pozitronske anihilacije u istraživanjima materijala

G. Jerbić-Zorc¹, D. Bosnar¹, I. Kokanović¹, S. Bosnar²

¹*PMF, Fizički odsjek, Zagreb*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Spektroskopija pozitronske anihilacije je nuklearna metoda koja omogućuje istraživanje nano i ispod nano područja u širokom spektru tehnološki važnih materijala i primjenama kako u kreiranju svojstava novih materijala tako i u kontroli produkcije tih materijala. Tehnike spektroskopije pozitronske anihilacije - mjerenje vremena života pozitrona, mjerenje Dopplerovog širenja anihilacijske linije, mjerenje angularnih korelacija u pozitroskoj anihilaciji - su dobro etablirane tehnike koje se koriste već više od trideset godina, ali sa stalnim poboljšanjima i novim primjenama [1]. Na Fizičkom odsjeku PMF-a izgrađen je digitalizirani sustav za mjerenje vremena života pozitrona s mogućnošću bilježenja vremena života pozitrona i energije detektiranih gama zraka [2] koji je posebno pogodan za proučavanja tri gama doprinosa u pozitronskoj anihilaciji i standardan mjerni sustav za mjerenje Dopplerovog širenja anihilacijske linije. Prikazat ćemo svojstva ovih mjernih sustava te neke od prvih rezultata dobivenih u proučavanjima faza kristalizacije LTA zeolita i metalnih uzoraka (željeza i amorfne slitine Zr₂Co).

[1] R. Krause-Rehberg, H. Leipner: Positron Annihilation in Semiconductors: Defect Studies, Springer, 2003; Positron Studies of Solids, Surfaces and Atoms, World Scientific Pub Co Inc 1986

[2] D. Bosnar et al. Digitized Positron Lifetime Spectrometer for the Simultaneous Recording of Time and Energy Information, Vienna Conference on Instrumentation., Vienna 2007; submitted to Nucl. Instr. and Meth. A

Fotonička istraživanja u Zavodu za laserska i atomska istraživanja i razvoj

Hrvoje Zorc¹, Mladen Pavlović¹, Ivica Kopriva¹, Antun Peršin¹, Dunja Soldo Roudnický¹, Vesna Janicki¹, Dijana Bogunović¹, Martin Lončarić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

U Zavodu za laserska i atomska istraživanja provode se istraživanja u području teorijske i primijenjene fotonike. U teorijskoj fotonici bavimo se razvojem novih algoritama za slijepu dekonvoluciju 1D i 2D signala s primjenom u restauraciji slike, formuliranjem algoritama za nenadziranu dekompoziciju višespektralne i hiperspektralne slike te modeliranjem optičkih svojstava nanostrukture u slojevitom i reljefnom obliku (optičke rešetke). Primijenjena fotonika u Zavodu usmjerena je na dizajn slikovnih i neslikovnih optičkih sustava, dizajn i reverzni dizajn višeslojnih optičkih sustava, formiranje sustava za hiperspektralno gledanje (imaging) i biofotoniku interakcije svjetlosti s tkivom kože i oka. Bit će dan prikaz rezultata iz svih spomenutih područja rada. Zavod je usvojio sustav jamstva kvalitete prema ISO 9001:2000. Rezultati istraživanja u spomenutim područjima predmet su postupka patentne zaštite u kojemu se trenutno nalazi pet patentnih prijava.

[1] J. Sancho-Parramon, V. Janicki, H. Zorc, Compositional dependence of band-gap for Nb₂O₅-SiO₂ mixture thin films, accepted in Thin Solid Films (2007).

[2] V. Gradišnik, M. Pavlović, B. Pivac, I. Zulim, IEEE Trans. Electron Devices, vol. 53 (10), pp. 2485-2491, Oct. 2006.

[3] I. Kopriva, A. Peršin, H. Zorc, J. Lipozenčić, A. Pašić, K. Kostović, M. Lončarić, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 190-196, 2007.

Efekti kristalnog polja u YbInCu_4

I. Aviani¹, M. Očko¹, D. Starešinić¹, K. Biljaković¹, J. Hemberger², A. Loidl², J. L. Sarrao³

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*University of Augsburg, Augsburg, Njemačka*

³*Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, SAD*

Temperatura valentnog prijelaza, na kojoj iz visokotemperaturne faze s lokalnim momentom (LM) YbInCu_4 prelazi u nemagnetsko stanje s fluktuirajućom valencijom, približno je jednaka energiji kristalnog polja za magnetske Yb^{3+} ione, što otežava studiju efekata kristalnog polja. Naša prethodna istraživanja $\text{Yb}_x\text{Y}_{1-x}\text{InCu}_4$ sustava [1] pokazala su da se magnetska svojstva Yb iona ne mijenjaju dopiranjem, dok temperatura prijelaza brzo pada, stoga smo zaključili da dopiranje ne mijenja kristalno polje. Uzorak $\text{Yb}_{0.5}\text{Y}_{0.5}\text{InCu}_4$ pokazao se optimalnim za proučavanje LM faze na niskim temperaturama jer je u LM fazi do najnižih temperatura, dovoljno visoke koncentracije Yb iona za snažan odziv, a dovoljno razrijeđen za proučavanje efekata izoliranog iona, bez efekata koherencije i magnetskog uređenja.

U radu su prikazani rezultati i analiza mjerenja specifičnog toplinskog kapaciteta, magnetske susceptibilnosti, električne vodljivosti i termostruje magnetski razrijeđenog $\text{Yb}_{0.5}\text{Y}_{0.5}\text{InCu}_4$, za temperature između 2 K i 300 K i u magnetskim poljima od 0 T i 5 T. Rezultati su objašnjeni u okviru teorije kristalnog polja za lokalizirane 4f magnetske momente Yb^{3+} iona, uz energetska shemu s osnovnim stanjem složenim od dva blisko ležeća dubleta, Γ_6 i Γ_7 , te Γ_8 kvartetom kao pobuđenim stanjem, uz neznatan ili odsutan Kondo efekt. Predložena shema može bitno pridonijeti razumijevanju pojava opaženih na niskim temperaturama u YbInCu_4 i srodnim sistemima.

[1] M. Očko, J.L. Sarrao, I. Aviani, Đ. Drobac, I. Živković, M. Prester, Phys. Rev. B, **68** 075102 (2003)

Holografija protona pomoću komptonskog raspršenja i konformalne simetrije

Krešimir Kumerički¹, Dieter Müller², Kornelija
Passek-Kumerički³

¹*Zavod za teorijsku fiziku, Fizički odsjek,
Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut für Theoretische Physik II, Ruhr-Universität
Bochum, Njemačka*

³*Zavod za teorijsku fiziku, Institut Ruđer Bošković,
Zagreb*

Standardni opis kvarkovsko-gluonske strukture nukleona (protona ili neutrona) u fizici visokih energija ostvaruje se pomoću tzv. partonskih distribucijskih funkcija (PDF). Međutim, ove funkcije sadrže isključivo informaciju o raspodjeli *longitudinalnog* impulsa. Da bi se prevazišlo to ograničenje, uvedene su *popćene partonske distribucije* (GPD) koje omogućuju neku vrstu trodimenzionalnog opisa strukture nukleona. Bit će pokazano kako mjerenja duboko-virtualnog komptonskog raspršenja (DVCS) omogućuju pristup takvim popćenim distribucijama, te kako upotreba konformalne simetrije omogućuje izračun odgovarajuće kvantno-kromodinamičke (QCD) amplitude u višim redovima računa smetnje.

[1] K. Kumerički, D. Müller, K. Passek-Kumerički and A. Schäfer, Deeply virtual Compton scattering beyond next-to-leading order: the flavor singlet case, Phys. Lett. B648 (2007) 186-194, hep-ph/0605237

[2] K. Kumerički, D. Müller and K. Passek-Kumerički, Towards a fitting procedure for deeply virtual Compton scattering at next-to-leading order and beyond (2007), hep-ph/0703179

Ge kvantne točke: od amorfnih do kristaliničnih, od slučajano raspoređenih u amorfnoj SiO₂ matrici do organiziranih u 3D super-rešetku

Uroš Desnica¹, Maja Buljan¹, Ida Dunja Desnica Frankovic¹, Nikola Radic¹, Pavo Dubcek¹, Krešimir Salamon², Zdravko Sikatic¹, Iva Bogdanović-Radović¹, Mile Ivanda¹, Sigrid Bernstorff³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

³*Sincrotrone Trieste, Basovizza, Italija*

Germanijeve "kvantne točke" (Ge QDs) ugrađene u SiO₂ matricu stvorene su magnetronskim rasprašivanjem uz naknadnu termičku obradu. Filmovi su deponirani kao dvoslojevi; svaki dvosloj sastoji se od "aktivnog" sloja koji sadrži germanij, te od sloja čistog SiO₂, čija je funkcija da bude separator između "aktivnih" slojeva. Poslije depozicije uzorci su odgrijavani do $T_a = 1000^\circ\text{C}$. Karakterizacija uzoraka uključivala je GISAXS, TEM, Raman te RBS. Pokazali smo da se sinteza Ge QDs dobre kristaliničnosti te željene veličine QDs (određene debljinom "aktivnog" sloja) postiže odgrijavanjem u području $T_a = 700\text{--}800^\circ\text{C}$, uz još uvijek održanu dvoslojnost. Za više T_a dolazi do miješanja slojeva, rasta velikih nanočestica pa i gubitka Ge atoma iz sloja kako isparavanjem s površine tako i difuzijom u podlogu. Samo-organizacija Ge QDs u 3D super-rešetku događa se samo za usko područje T_d i određenu debljinu "separatora".

Odgovor naboja i supravodljivost kod kvazijednodimenzionalnih kuprata $(\text{Sr,Ca})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$

T. Vuletić¹, T. Ivek¹, B. Korin Hamzić¹, S. Tomić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Kvazijednodimenzionalni kuprati $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ su kompozitni materijali, izgrađeni od podsistema kupratnih lanaca i ljestvica, intrinzično dopiranih šupljinama [1]. U dopiranim spinskim ljestvicama javlja se spinski procjep, koji teorijski može izazvati sparivanje šupljina koje vodi na kompeticiju supravodljivosti (SV) i vala gustoće naboja (VGN). SV se zaista javlja, no pod tlakom ($p > 3$ GPa), za $x > 10$, $T_{\text{SV}} < 12$ K. Pri tome, spinski procjep ne biva u potpunosti potisnut, a konačna gustoća kvazičestica i 2D metalna priroda vodljivosti ukazuju na odstupanje od očekivanog mehanizma i moguću srodnost sa mehanizmom SV u slojnim kupratima - visokotemperaturnim supravodičima. Istražujući odgovor naboja (mjerenjima dielektrične spektroskopije i istosmjerne električne vodljivosti) u podsistemu ljestvica dopiranih šupljinama, identificirali smo fazni prijelaz ispod kojeg se uspostavlja VGN u ljestvicama, s dugodosežnim uređenjem u 2D [2]. Osim kolektivnog zasjenjenog VGN moda duž glavne osi sistema (tj., duž ljestvica), po prvi puta u nekom sistemu je mod uočen i u poprečnom smjeru (tj., smjeru prečkica ljestvica). Ca- supstitucija potiskuje VGN uređenje, tj. temperatura prijelaza T_{VGN} opada od 210 K ($x=0$) do 7 K ($x=9$), a VGN procjep od 1300 K do 30 K. Nekonvencionalna priroda VGNa u jako koreliranom elektronskom sistemu ljestvica, osim u 2D fazonskom odgovoru javlja se i kroz slabi efekt nelinearne vodljivosti.

[1] T. Vuletić et al., Phys. Rep. **428**, 168 (2006).

[2] T. Vuletić et al., Phys. Rev. Lett. **90**, 257002 (2003).

Numeričke simulacije neurodinamike fokalnih i distribuiranih izvora

S. Josef Golubić¹, A. Sušac¹, K. Štingl², S. Supek¹

¹*Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

²*MEG Center, E. K. University, Tübingen, Njemačka*

MEG omogućuje praćenje kortikalne dinamike milisekundnom rezolucijom no, točnost njezinog proračuna predstavlja složenu funkciju mjerenja, modelskih pretpostavki i strategija u rješavanju biomagnetskog inverznog problema. Numeričkim simulacijama smo proučavali kako izbor duljine vremenskog intervala, u ovisnosti o broju i vremenskoj korelaciji točkastih i distribuiranih kortikalnih izvora, utječe na točnost izračuna neurodinamike. Koristeći MRVIEW-CSST (Cortical Start Spatial Temporal) program simulirali smo aktivnost višestrukih (do 7) fokalnih i distribuiranih izvora na realnom korteksu. Vremenski intervali obrade uključivali su automatizirani pristup s intervalima jednake duljine te podjele na osnovu izoamplitudnih mapa. Simulacije potvrđuju mogućnost točne identifikacije svih aktivnih izvora [1] i pokazuju da je kod automatske podjele nužna optimizacija duljine intervala za dobivanje jednako dobrih rezultata kao pri izboru intervala na osnovu izoamplitudnih mapa [2]. Rast površine aktivnog područja očekivano utječe na smanjenje točnosti prostorne lokalizacije, dok je njen utjecaj na vremensku dinamiku slabije izražen i još uvijek u fazi ispitivanja.

[1] Sušac A, Štingl K, Supek S. Prostorno-vremenska analiza neuromagnetskih odgovora na lica: Analiza empirijskih i simuliranih mjerenja, Zbornik 4. znanstvenog sastanka hrvatskih biofizičara, Zagreb, 2005; 24-27.

[2] Supek, S.; Stingl, K.; Josef-Golubic, S.; Susac, A.; Ranken, D. Optimal spatio-temporal matrix subdivision for cortical neurodynamics estimation, 15th International Conference on Biomagnetism, Book of Abstracts, Vancouver, 2006. 180

Mikrostruktura slitine Al-Zn

Željko Skoko¹, Stanko Popović¹, Goran Štefanić²

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Rentgenskom difrakcijom proučavane su slitine s udjelom cinka, x_{Zn} , od 0.03 do 0.62, u ovisnosti o sastavu, temperaturi i prethodnoj termičkoj obradi. Slitine su s temperature čvrste otopine, T_{ss} , brzo kaljene odnosno sporo hladjene na sobnu temperaturu, RT . Nakon kaljenja uzorci su bili čvrste otopine do $x_{Zn} \approx 0.40$. Ovi uzorci su nakon starenja pri RT ili povišenoj temperaturi prešli u kvazi-ravnotežno stanje, uz precipitaciju faze $\beta(Zn)$. Daljnja istraživanja pokazala su da su sporo hladjeni uzorci bili bliži ravnotežnom stanju od kaljenih; mikrostruktura kaljenih uzoraka ovisila je o zaostalim deformacijama i prazninama i nejednolikoj raspodjeli precipitata. Obje vrste uzoraka grijane su od RT do T_{ss} i zatim hladjene do RT . Pri tom su *in situ* proučavani procesi otapanja i precipitacije faze β i prateće fazne pretvorbe. Pojave opažene pri porastu temperature do T_{ss} bile su: smanjenje difrakcijskih intenziteta zbog termičkog titranja, anizotropija temperaturnog rastezanja, promjena oblika precipitata, djelomično ili potpuno otapanje precipitata u matrici, fazne pretvorbe. Pri hladjenju opažena je temperaturna histereza kod obratnih faznih pretvorbi. Fazne pretvorbe takodjer su praćene diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom. Temperaturna ovisnost mikrostrukture sporo hladjenih uzoraka razlikuje se od brzo kaljenih uzoraka. Obje vrste uzoraka ne postižu "idealno" ravnotežno stanje. Za slitine kod kojih je $x_{Zn} = 0.44, 0.48, 0.54$ i 0.62 uočene su fazne pretvorbe koje nisu u skladu s prihvaćenim faznim dijagramom. [1, 2]

[1] Ž. Skoko and S. Popović, *Fizika A* 10 (2001) 191

[2] Ž. Skoko and S. Popović, *Fizika A* 15 (2006) 61

Relaksacijski procesi i načelo najveće proizvodnje entropije

Paško Županović¹, Srećko Botrić², Davor Juretić¹

¹ *Sveučilište u Splitu, Fakultet*

prirodoslovno-matematičkih znanosti i kineziologije

² *Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje*

Spontani prijelaz izoliranog sustava između dva stanja popraćen je porastom entropije. Pomoću načela najveće informacijske entropije (Max-Ent formalizam) [1] pokazano je da su praktički svi mogući mikroskopski razvoji sustava, unutar određenog intervala vremena, popraćeni najvećim mogućim porastom entropije. Drugim riječima relaksacijski procesi su popraćeni najvećom mogućom proizvodnjom entropije. Iz načela najveće proizvodnje entropije, primjenjenog na procese blizu ravnotežnog stanja, izvodi se linearna neravnotežna termodinamika. Ovo načelo primjenjeno na prijenosne pojave predviđa logaritamsku ovisnost difuzijskog (toplinskog) toka o gradijentu koncentracije (temperature). Za male gradijente koncentracije ili temperature teorija se reducira na standardne zakone difuzije i toplinske vodljivosti.

[1] E.T. Jaynes, Phys. Rev. **106**, 620 (1957); Phys. Rev. **108**, 171 (1957).

Ozračavanje aluminijske mete laserskim snopom

Višnja Henč-Bartolić¹, Tonica Bončina², Franc Zupanič²,
Suzana Jakovljević³, Davor Pipić¹

¹*Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u
Zagrebu*

²*Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru*

³*Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu*

Snop dušikovog lasera (337 nm, 6 ns, 1.3×10^8 W/cm²) fokusiran je kvarcnom lećom ($f = 100$ mm) na aluminijsku metu u zraku pri normalnom tlaku. Laserska radijacija i eksplozija plazme uzrokuje promjenu izgleda Al površine i naparavanje tankog filma na glatku karbonsku, posrtrance postavljenu, pločicu. Ozračena meta i napareni sloj promatrani su pretražnim elektronskim mikroskopom (SEM) a posebno, ozračena meta također fokusiranim ionskim snopom (FIB) [1]. Na mjestu maksimalnog zračenja na aluminijskoj meti primijećen je krater. On je obuhvaćen ivicom koja je djelomice odbačena nakon 100 uzastopnih impulsnih ozračavanja. Nakon 50 uzastopnih impulsa ivica i unutarnja stranica kratera oblikovana je kao rezultat djelovanja Rayleigh-Taylerove nestabilnosti [2]. Promatranjem karbonske pločice zapaža se naparavanje plazme izbačenim kapljicama uzorka.

[1] F. Zupanič, *Vakuumist* **26**, 4, 4 (2006)

[2] S. Lugomer, *Laser-matter interaction* (2001) Profil, Zagreb

Nova fizika na FAIR akceleratorima

Roman Čaplar¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Široka međunarodna znanstvena zajednica sudjelovat će u izgradnji FAIR (Facility for Ion and Antiproton Research) akcelatorskog kompleksa u GSI-u, Darmstadt, Njemačka. Očekuju se brojni znanstveni prodori koji će biti omogućeni bogatstvom ubrzanih snopova iona (od protona do urana) i antiprotona, visokih intenziteta (za snopove radioaktivnih jezgara i do 10 000 puta većih od današnjih), izvrsne kvalitete i velikog raspona energija (do 35 AGeV za snop potpuno ogoljenih iona urana). Planiraju se eksperimenti sa snopovima teških iona s ciljem proučavanja faznog dijagrama jako sabijene nuklearne tvari, sa snopovima radioaktivnih jezgara, usmjereni proučavanju strukture jezgara na granicama karte nuklida kao i sa snopovima potpuno ogoljenih iona visokog naboja u svrhu stjecanja novih saznanja o ultrajakim elektromagnetskim poljima i kvantnoj elektrodinamici. Planira se i proučavanje fizike vrlo guste plazme, stjecanje novih spoznaja o materijalima te primjena ubrzanih iona u biologiji i medicini.

U proteklom razdoblju razradom ideje o novom akcelatorskom centru baziranom kako na bogatom znanstvenom i tehničkom iskustvu zaposlenika GSI-a tako i znanstvenika koji s njime surađuju (a među njima je i manja grupa iz Zagreba i Splita), izrastao je detaljni plan vrhunskih istraživanja [1], dokazana je tehnička izvodljivost i načinjen je projekt izgradnje FAIR akcelatorskog i pripadnih bazičnih eksperimentalnih sustava [2] te plan njihova financiranja.

[1] W.F. Henning et al., An International Accelerator Facility for Beams of Ions and Antiprotons (2001) GSI, Darmstadt, www.gsi.de/GSI-Future/cdr/

[2] H.H. Gutbrod et al., FAIR Baseline Technical Report (2006) GSI, Darmstadt, www.gsi.de/fair/reports/btr.html

Mehanička svojstva poliuretana

Lahorija Bistričić¹, Mirela Leskovic², Goran Baranović³,
Sanja Lučić Blagojević²

¹*Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb*

²*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb*

³*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Poliuretani su materijali koji imaju primjenu u optoelektronici, biotehno-lo-giji itd. Dodavanjem nanočestica mijenjaju se njihova mehanička, električna, termička ili optička svojstva [1,2]. Fizikalna svojstva poliuretana ovise o usmjerenosti polimernih lanaca koji se sastoje od tvrdih i mekih segmenata. Struktura i mehanička svojstva tankih filmova (debljine 0,02 i 0,03 mm) poliuretana i poliuretana kojem su dodane nanočestice kalcijeva karbonata ispitivana su optičkim mikroskopom. Uzorci bez naprezanja pokazuju sferulitnu strukturu koja pod naprežanjem prelazi u fibrilarnu. Dodavanje nanočestica sprječava fibrilarizaciju poliuretanskog filma. Mjerenjem naprezanja u ovisnosti o deformaciji uočena je pojava kristalizacije mekih segmenata koja se smanjuje dodavanjem nanočestica. Orijehtacija tvrdih i mekih segmenata pod naprežanjem, te inerakcije između segmenata ispitivane su FTIR spektroskopijim. Analiza vibracijskih vrpca NH i C=O skupina ukazala je na postojanje vodikovih veza između različitih segmenata.

[1] Y.M. Lee, J.C. Lee, B. K. Kim, *Polymer* **35** (1994) 1095

[2] W.C. Tsen, F.S. Chuang, *J. Appl. Polym. Sci.* **101** (2006) 4242

Dinamika ($\gamma, 2e$) procesa u He - preko amplituda do fizičkog modela

Slobodan Cvejanović¹, Jens Viefhaus², Uwe Becker²

¹*Zavod za fiziku, Medicinski fakultet, Rijeka*

²*Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin*

Dvostruka fotoionizacija helija apsorpcijom pojedinačnih fotona predstavlja najjednostavniju realizaciju dinamičkog sustava od tri nabijene atomske čestice, od ključnog značaja za proučavanje elektronskih korelacija kod kvantnih objekata. Elektronske korelacije su posljedica uzajamnog odbijanja elektrona pri njihovom bijegu i direktno ovise o ukupnoj energiji iznad praga, načinu njene diobe i kutu razilaženja elektrona, što su sve varijable trostruko diferencijalnog presjeka (TDP). Eksperimentalni rezultati na kojima se zasniva ovo priopćenje dobiveni su koincidenjskim multi-detektorom elektrona spregnutim s pulzirajućim sinkrotronским izvorima polariziranih fotona energije 159 eV (80 eV iznad praga) i rezultat su dugotrajnih mjerenja na sinkrotronima u Hamburgu i Berlinu.

Pored dinamičkih varijabli, na TDP imaju izražen utjecaj i čisto eksperimentalne varijable poput polarizacije izvora i geometrije eksperimenta, što je posljedica kvantnih simetrija. Mada se dinamički efekti mogu razlučiti od efekata simetrije na razini amplitude za fotoionizaciju, njihova egzaktna separacija iz TDP-a u principu nije moguća. Jedan od načina za prevladavanje tog problema je u korištenju tipiziranih kutnih raspodjela [1] za dinamičke amplitude pri gradnji TDP-a (koje odražavaju fizičke modele ionizacijskog procesa) i ekstrakciji njihovih parametara iz usporedbe s eksperimentom, što nam je omogućilo neočekivano detaljan uvid u dinamičku evoluciju TDP-a za fotoionizaciju He na srednjim energijama.

[1] S. Cvejanović and T. Reddish, J. Phys B **33** (2000) 4691

Analiza uzoraka iz područja kulture baštine nedestruktivnim spektroskopskim metodama

Nada Orlić¹, Ivana Jelovica Badovinac¹, Julijan Dobrinić²

¹*Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet, Rijeka*

²*Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka*

Ispitali smo i usporedili sastav nekoliko numizmatičkih i nekoliko filatelističkih primjeraka iz privatne zbirke jednog od autora (J. D.). U analizi svih uzoraka koristili smo Raman mikroskopiju s laserskim snopom iz područja vidljive svjetlosti i spektroskopiju karakterističnih x-zraka induciranih radioaktivnim izvorom. Analizirani su sljedeći uzorci:

1. Tri metalna novčića, koja potječu iz iste kovnice u Sisku (Siscia), iz istog perioda Rimskog Carstva, ukazuju na bitno različit elementni sastav.

2. Od četiri odabrana srednjevjekovna srebrna novčića, tri potječu iz Aquileie, iz perioda između 1395. i 1420. godine i pokazuju gotovo identičan sastav, dok je četvrti, matapan s područja Srbije, unikat i po sastavu se znatno razlikuje od preostala tri srebrenjaka. Produkte korozije na svakom od uzoraka identificirali smo mikro-Raman spektroskopijom.

3. Uspoređen je sastav deset poštanskih maraka koje su tiskane u drugoj polovici 19. stoljeća u nekoliko tadašnjih europskih država.

[1] N. Orlić, I. Jelovica, J. Dobrinić, C. Lofrumento, P. R. Salvi, Nucl. Inst. and Methods in Physics Research, A; 2007, u tisku

[2] N. Orlić, J. Dobrinić, P.R. Salvi, Radiat. Phys. Chem, 51 (1998) 717

Klasteriranje vakancija u germaniju izazvano ionskom implantacijom

Dunja Desnica-Franković¹, Pavo Dubček¹, Maja Buljan¹,
Uroš Desnica¹, Sigrid Bernstorff²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Sincrotrone Trieste, Basovizza, Italija*

Razumijevanje i kontroliranje oštećenja, razvoj i promjene u defektima, uključujući klasteriranje vakancija, stvaranje šupljina nanometarskih dimenzija i produženih defekata intersticijskog tipa, izazvanih procesima ionske implantacije, kritično je za mnoge tehnološke primjene. Istraživali smo strukturne promjene koje u monokristalnom germaniju izaziva samo-implantacija s ^{74}Ge ionima u rasponu doza od 3×10^{12} do 3×10^{16} iona/cm². Pritom smo koristili metodu raspršenja X-zraka pod malim kutovima (GISAXS), koja je osjetljiva na lokalne fluktuacije elektronske gustoće i pogodna za istraživanje tankih slojeva u kojima se zbivaju strukturne promjene izazvane ionskim snopovima. Pokazali smo da, tokom implantacije u području najvećeg oštećenja, nastale vakancije aglomeriraju i tvore kvazi-čestice, čiji oblik, veličinu i prostornu korelaciju možemo pratiti analizom GISAXS spektara.

Modeliranje organskih memorija s metalnim nanočesticama

Eduard Tutiš¹, Hocine Houili², Ivo Batistić³

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Université du Québec a Montréal, Kanada*

³*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu*

Poster predstavlja teorijski model novih organskih bistabilnih uređaja (Organic Bistable Devices, OBD) zasnovanih na monosloju nanočestica metala unutar tankog organskog filma.^{1,2} Uređajem se upravlja variranjem napona u rasponu od nekoliko volti, uzrokujući promjene otpora uređaja od nekoliko redova veličine. U odsustvu napona uređaj pamti stanje otpornosti više dana ili tjedana. Bitna svojstva metal-organskog kontakta, gibanje polarona u molekularnom neuređenom mediju, i jednostavan model nanočestica metala sklopili smo u analitički model uređaja. Model omogućuje uvid u principe funkciniranja sustava te simulacije njegovog ponašanja u vremenski promjenljivom polju, kao što su procesi zapisivanja, čitanja i brisanja informacije.

[1] L.P. Ma, J.Liu, Y. Yang, Appl.Phys. Lett. 80 (2002) 2997

[2] H. P. Wang, S. Pigeon, R. Izquierdo, R. Martel, Appl. Phys. Lett. 89 (2006) 183502

Algoritam invazivnog grozda i trikritična točka

Ivan Balog¹, Katarina Uzelac¹

¹*Institut za Fiziku, Zagreb*

Generalizirali [1] smo algoritam invazivnog grozda [2] za slučaj trikritične točke na primjeru dvodimenzionalnog Pottsovog modela s ravnotežnim neredom. Samosuglasna procedura koja pronalazi trikritičnu točku u dvo-parametarskom prostoru razapetom temperaturom i kemijskim potencijalom vakancija, se temelji na geometrijskim argumentima. Trikritična točka se identificira kao istovremena perkolacija Fortuin-Kasteleyn grozda i geometrijskog grozda koji se sastoji od vakancija i slobodnih spinova. Trikritične vrijednosti parametara i koncentracije su prezentirane za $q=1,2$ i 3 i slažu se dobro sa najpreciznijim izračunatim vrijednostima [3]. Računali smo svojstva skaliranja perkolirajućeg grozda i povezane kritične eksponente. Na osnovu ideje da je efektivna korelacija vakancija važna na trikritičnoj točki razmatramo i alternativna pravila za generalizirani algoritam invazivnog grozda.

[1] I.Balog, K.Uzelac, Phys. Rev. E **76** (2007) 011103

[2] J.Machta, Y.S.Choi, A.Lucke, T.Schweitzer, L.V.Chayes, Phys. Rev. Lett **75** (1995) 2792; J.Machta, Y.S.Choi, A.Lucke, T.Schweitzer, L.V.Chayes, Phys. Rev. E **54** (1996) 1332

[3] X.Qian, Y.Deng, H.W.J. Blöte, Phys. Rev. E **72** (2005) 056132

Fazni prijelazi u jednodimenzionalnim sustavima daleko od ravnoteže

Juraj Szavits-Nossan¹, Katarina Uzelac¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

U termodinamičkim sustavima u kojima postoji npr. stalni tok energije, naboja ili mase, može se postići da se ravnotežno stanje nikada ne uspostavi. Posebno zanimljivim se pokazalo da se i u takvim uvjetima mogu javiti fazni prijelazi, sa nekim značajkama bitno drugačijim od onih u ravnoteži. Opisat će se fazni prijelazi prvog i drugog reda u tzv. asimetričnom procesu isključenja [1], jednodimenzionalnom modelu transporta u kojem sustav izmjenjuje čestice sa dva spremnika različitih gustoća. Taj se jednostavni model može dovesti i u vezu sa nizom fenomena, od optimizacije prometa do bioloških procesa. Također, promatrat ćemo jednu generalizaciju tog modela u slučaju dugodosežnog transporta, što je motivirano činjenicom da kritično ponašanje općenito ovisi o vrlo malo parametara (dimenzija, simetrije, doseg interakcije). Pokazat ćemo kako se uvođenjem dugodosežnih skokova ne mijenja fazni dijagram ali da kritično ponašanje ovisi o dosegu interakcije.

[1] G. M. Schütz i E. Domany, J. Stat. Phys **72** 109 (1993)

[2] J. Szavits-Nossan i K. Uzelac, Phys. Rev. E **74** 051104 (2006)

Spektroskopska studija Λ hiperjezgri do srednje teških masa preko $(e,e'K^+)$ reakcije

Tomislav Ševa¹

¹*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu; HKS kolaboracija*

Cilj eksperimenta je istraživanje hiperjezgre, mnogočestičnog hadronskog sistema sa dodatnim stupnjem slobode stranošću. Hiperjezgra se sastoji od hiperona umetnutog kao strane nečistoće u nuklearni medij. Sa tim novim stupnjem slobode hiperon ne podlježe efektu Paulijeveg blokiranja te interagira sa duboko vezanim stanjima jezgre. Zbog tog svojstva hiperon je dobra proba unutrašnjosti jezgre gdje standardne probe nisu dobar odabir.

U eksperimentu E01-011 cilj je ekstrakcija karakteristika Lambda hiperona u nuklearnom mediju spektroskopijom njegovih stanja preko reakcije $(e,e'K^+)$. Korištenje tog tipa interakcije predstavlja novi smjer pošto su dosad uglavnom korišteni mezoški projektili pri čemu nije mijenjan naboj jezgre.

Prvi eksperiment elektroprodukcije hiperjezgri JLab E089-009 izveden 2000. godine [2] demonstrirao je mogućnost tvorbe hiperjezgri korištenjem elektronskog snopa. Eksperiment E01-011 nadogradnja je $(e,e'K^+)$ spektroskopije korištenjem nove eksperimentalne konfiguracije tkz. Tilt metode te korištenjem novog visoko rezolucijskog kaonskog spektrometra. Nova konfiguracija omogućila je povećanje hipernuklearne produkcije, korištenje težih jezgri, veće struje elektronskog snopa kao i poboljšanje rezolucije.

[1] S.N.Nakamura et al., Nucl.Phys.A754, 421-429 (2005).

[2] T.Miyoshi et al., Phys.Rev.Lett.90, 232502 (2003).

Očitovanje jake vodikove veze u dihidratu oksalne kiseline

Vlasta Mohaček Grošev¹, Krešimir Furić¹, Jože Grdadolnik², Jernej Stare², Dušan Hadži²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija*

Efekti okoline na reakcije transfera protona su od goleme važnosti u mnogim biološkim procesima. No spektroskopska istraživanja visoko složenih sistema su teška, te su korisne studije modelnih sistema. Dihidrat oksalne kiseline, $\alpha(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, sa svojom kratkom vodikovom vezom (2.48 Angstrema [1]), opaženom mobilnošću protona [2] i temperaturno ovisnom električnom vodljivošću [1] uslijed transfera protona s -COOH na molekulu vode, jedan je od primjernih modela za takve studije. Snimili smo Ramanove spektre monokristala $\alpha(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ u intervalu temperatura od 10 K do 300 K, snimili infracrvene spektre na sobnoj temperaturi te usporedili frekvencije izračunate metodom Car-Parrinello s opaženim vrpčama. Najzanimljiviji spektralni oblik u Ramanovim spektrima u intervalu 1800-1900 cm^{-1} je široka vrpca pripisana $\nu(\text{O-H})$ vibraciji istezanja karboksilne OH grupe koja je donor protona. Ebisuzaki i Angel (J. Raman Spectrosc. **11** (1981) 306) su pak ovu vrpču opazili s velikom nesigurnošću u intervalu od 1900 cm^{-1} do 2000 cm^{-1} .

[1] A. Levstik, C. Filipič, V. Bobnar, I. Levstik, D. Hadži, Physical Review B **74** (2006) 1531041-1531044.

[2] ReS. Camus, K. D. M. Harris, R. L. Johnston, Chemical Physics Letters **276** (1997)186

Defekti u germaniju uvedeni brzim neutronima

Ivana Capan¹, Branko Pivac¹, Vladimir Markevich²,
Anthony Peaker², Radojko Jacimovic³, Leszek
Dobaczewski⁴

¹*Institut Ruder Bošković, Zagreb*

²*University of Manchester, Velika Britanija*

³*Institut Jozef Stefan, Ljubljana, Slovenija*

⁴*Institute of Physics - Polish Academy of Sciences,
Poljska*

Električki aktivni defekti u n-tipu Ge proučavani su pomoću tranzijentne spektroskopije dubokih nivoa (DLTS) i visoko razlučivog Laplace DLTS-a u kombinaciji sa tlakom. Pokazano je da male doze brzih neutrona uvode većinom točkaste defekte kao što je Sb-V par, te defekte pridružene malim nakupinama vakancija. Nakupine vakancija imaju energijsku barijeru za uhvat nosioca naboja od 0.04 eV. Također, pokazano je da Sb-V par ima trigonalnu simetriju.

[1] V. P. Markevich et al, J. Appl. Phys. 95, 4078 (2004)

[2] L. Dobaczewski, Physica B: Condensed Matter, Volumes 340, 504 (2003)

Toplinska vodljivost antiferomagneta sa spinskim procijepom

Igor Smiljanić¹, Ante Bilušić², Ana Smontara¹, Petar
Popčević¹, Helmuth Berger³, László Forró³

¹*Laboratorij za istraživanje transportnih problema,
Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i
kineziologije, Sveučilište u Splitu*

³*École Polytechnique Fédérale de Lausanne, IPMC/SB,
EPFL, Lausanne, Švicarska*

Antiferomagneti sa spinskim procijepom imaju diskretan spinski energijski spektar zbog postojanja samo kratkodosežnih suodnosa spinova. Toplinska vodljivost ispituje njihova spinska pobuđenja i međudjelovanja spinova i fonona [1]. Predstavljamo istraživanje toplinskog prijenosa nekoliko materijala: (a) bakar-telurida, kvazi-nuladimenzionalnih geometrijski frustriranih sustava sa $S = 1/2$ [2], [3]; (b) LiCu_2O_2 , "cik-cak" frustrirani sustav spinskih ljestvica sa $S = 1/2$ [4]; (c) nikal-telurida, kvazi-dvodimenzionalnih sustava sa $S = 1$ [5]. Otkrili smo kako toplinska vodljivost ovih sustava pokazuje svojstva karakteristična za suzvučno vezanje spinova i fonona koje se smanjuje s povećanjem dimenzionalnosti sustava.

[1] Sologubenko, A. V. et al., J. Low Temp. Phys. **147** (2007), 387

[2] Jagličić, Z. et al., Phys. Rev B **73** (2006), 21

[3] Smontara, A. et al., Applied Magnetic Resonance **29** (2005), 2

[4] Mihaly, L. et al., Phys. Rev. Lett. **97** (2006), 067206

[5] Zorko, A. et al., J. Phys.: Condens. Matter **19** (2007), 145278

Upotreba površinski osjetljivih tehnika u tehnologiji

Sanja Krajinović¹, Milorad Milun¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Mnoge današnje tehnologije zahtijevaju uporabu površinski osjetljivih metoda i tehnika. U radu pokazujemo nekoliko primjera upotrebe eksperimentalnih metoda fizike površina u industriji. Pokazalo se da Fotoelektronska spektroskopija redgenskim zrakama (XPS) i Augerova spektroskopija (AES) mogu značajno pomoći u određivanju sastava transparentnih vodljivih filmova (TCO) koji se upotrebljavaju u proizvodnji solarnih ćelija. To ilustriramo na primjerima slojeva SnO₂ dopiranih fluorom i ZnO slojeva dopiranih indijem ili aluminijem. Uzorci koje smo koristili dobili smo iz suradnje sa Institutom Ruđer Bošković (grupa D. Gracina) i njihove suradnje sa Tvornicom solarnih ćelija u Splitu i Prirodoslovno-matematičkim fakultetom u Skopju. Posebno je XPS koristan u praćenju promjena elektronskih svojstava slojeva nastalih različitim tretmanima uzoraka što ilustriramo primjerom redukcije SnO₂ filmova u vodikovoj plazmi. U kombinaciji sa ionskim jetkanjem moguće je i dobiti dubinski profil sastava slojeva. Termalna desorpcijska spektroskopija (TDS) omogućava uvid u adsorpcijsko-desorpcijske procese na površinama. U suradnji sa Institutom za metale u Ljubljani primjenili smo je u studiji segregacije bakra u multikomponentnim čelicima koji se upotrebljavaju u industriji turbina, motora, itd. Pokazali smo da osim segregacije bakra na površinu legura dolazi i do desorpcije bakra što s druge strane utiče na svojstva tih legura.

[1] D. Steiner Petrovic, et al, ISIJ International 46 (2006)1452

[2] D. Gracin et al. Vacuum (2007) in press

Gravastar i kozmološka konstanta

Dubravko Horvat¹, Saša Ilijić¹, Anja Marunović¹

¹*Zavod za fiziku, Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilišta u Zagrebu*

Model kompaktnog astrofizičkog objekta kao rezultata gravitacionog kolapsa koji ne dovodi do nastajanja horizonta događaja - gravastara [1], istražen je u poopćenoj vanjskoj geometriji: Schwarzschildov vakuum zamijenjen je Schwarzschild - de Sitterovom (Kottlerovom) geometrijom. Poznato je da ograničenja na prihvatljive konfiguracije koje predstavljaju rješenja Einsteinovih jednažbi Opće teorije relativnosti slijede iz primjene energijskih uvjeta. Energijski uvjeti povezani su sa strukturom tenzora energije i impulsa koji za gravastar sadrži pozitivnu gustoću energije i negativne neizotropne tlakove. Generalizacijom na prostor-vrijeme koji sadrži kozmološku konstantu razmatrana su rješenja Tolman-Oppenheimer-Volkovljeve jednažbe s obzirom na odnos parametara konfiguracije gravastara, iznosa kozmološke konstante i ispunjenosti energijskih uvjeta.

[1] Mazur PO, and Mottola E, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **111** (2004) 9545

[2] DeBenedictis A, Horvat D, Ilijić S, Kloster K, Viswanathan KS, *Class. Quantum Grav.* **23** (2006) 2303

[3] Bilić N, Tupper GB, Viollier RD, *J. Cosmol. Astropart. Phys.* **0602** (2006) 013

Samofokusiranje i samodefokusiranje femtosekundnog laserskog zračenja u rubidijevim parama

N. Vujičić¹, H. Skenderović¹, T. Ban¹, D. Aumiler¹, S.
Vdović¹, G. Pichler¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Konusna emisija (CE) u gustim metalnim parama već godinama privlači pažnju kao značajan fenomen iz područja nelinearne optike, a prepoznaje se kao difuzni prsten (jedan ili više njih) koji nastaje oko središnje točke, koja odgovara laserskom zračenju. Pobudom gustih rubidijevih para intenzivnim laserskim pulsevima u trajanju od 100 fs i u rasponu valnih duljina od 730 do 820 nm, opažaju se zanimljivi uzorci koji se djelomično pripisuju pojavi konusne emisije. Pri pobudi u plavom krilu rubidijeve D2 atomske linije može se opaziti proces samofokusiranja, zajedno s procesom konusne emisije (CE). Sličan efekt smo već opazili u gustim cezijevim parama, gdje smo s femtosekundnim laserom pobuđivali Cs_2 molekule [1]. Veličina konusnog kuta, kao funkcija frekventnog odmaka od frekvencije rezonantnog prijelaza (Δ) je proporcionalna s $\Delta^{-3/2}$ što potvrđuje teoriju samofokusiranja [2]. Činjenica da je prisutno samofokusiranje i spektralno širenje vode do zaključka da je modulacija vlastite faze (SPM) osnovni proces koji je odgovoran za nastajanje opaženog fenomena. Samodefokusiranje u gustim rubidijevim parama se opaža kada je lasersko zračenje ugodjeno u crveno krilo rubidijeve D2 atomske linije. Taj efekt se vidi kao razmazana velika pjega u dalekom polju gledanja.

[1] D. Aumiler, T. Ban, and G. Pichler, Phys. Rev. A 71, 063803 (2005).

[2] R. W. Boyd, Nonlinear Optics, 2nd edition (Academic Press, San Diego, 2003).

Poništavanje koherentne akumulacije populacije pobudjene femtosekundnim pulsevima

S. Vdović¹, T. Ban¹, D. Aumiler¹, H. Skenderović¹, N. Vujičić¹, G. Pichler¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Naši nedavno objavljeni radovi [1, 2] opisuju rezonantno pobudjenje atoma rubidija diskretnim spektrom frekventnog češlja što dovodi do češljolike raspodjele brzina populacija pobudjenih hiperfinskih nivoa i brzinski - selektivnog prebacivanja populacije između hiperfinskih nivoa osnovnog stanja rubidija. Opažene modulacije apsorpcijskog profila probnog lasera posljedica su brzinski-selektivnog optičkog pumpanja (VSOP) induciranog pobudjenjem frekventnim češljem.

Korištenjem fazno-osjetljivog pojačala eliminira se Dopplerova pozadina iz signala čime se povećava osjetljivost mjerenja te se opažaju samo modulacije u transmisiji probnog lasera. Struktura i intenzitet opaženih oscilacija jedinstveni su kod svake od četiri apsorpcijske linije i zrcale strukturu hiperfinskih nivoa kao i vrijednosti odgovarajućih dipolnih momenta prijelaza. Opažena promjena interakcije iz VSOP-a u režimu slabe probe do brzinski neovisnog optičkog pumpanja u režimu jake probe upućuju na zaključak da se priroda atomskog pobudjenja mijenja od pobudjenja nizom pulseva prema pobudjenju s pojedinačnim pulsom.

[1] D. Aumiler, T. Ban, H. Skenderović i G. Pichler, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 233001 (2005).

[2] T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderović i G. Pichler, *Phys. Rev. A*, **73**, 043407 (2006).

Indeks svih autora

Masno otisnuti brojevi stoje uz autora koji izlaže rad, a normalni brojevi uz koautore. Zvezdica označava usmena priopćenja.

Darko Androić	27*	dandroic@phy.hr
Tome Antičić	14*	anticic@irb.hr
Željko Antunović	16*	Zeljko.Antunovic@ pmfst.hr
Damir Aumiler	148, 149	aumiler@ifs.hr
Ivica Aviani	46, 126	aviani@ifs.hr
Dinko Babić	52	
Emil Babić	108, 113, 114	ebabic@phy.hr
M. Baćani	52	
Mile Baće	121	mile.bace@fer.hr
Maja Balarin	73 , 75	maja@mef.hr
Ivan Balog	140	balog@ifs.hr
Ticijana Ban	22* , 148, 149	ticijana@ifs.hr
Goran Baranović	78, 79, 135	baranovi@irb.hr
Neven Barišić	53, 55	
Slaven Barišić	1* , 62	sbarisic@phy.hr
Ivan Basar	44	
Mario Basletić	25*, 34, 35	basletic@phy.hr
Zoran Basrak	23*	basrak@irb.hr
Jadranko Batista	106	jadranko.batista@ sve-mo.ba
Ivo Batistić	64, 119	ivo@phy.hr
V. Bermanec	46	
Ivana Bešlić	94	beslic@pmfst.hr
Robert Beuc	57, 111	beuc@ifs.hr
Željko Bihar	53	
Nevenko Bilić	10*	bilic@thphys.irb.hr
Nikola Biliškov	78	nbilis@irb.hr
Ante Bilušić	53, 145	

Katica Biljaković	126	katica@ifs.hr
P. Biljanović	43	
Lahorija Bistričić	68, 69 , 71, 135	lahorija.bisticic@fer.hr
Saša Blagus	50	sblagus@irb.hr
Iva Bogdanović-Radović	128	
Mladen Bogovac	50	
Dijana Bogunović	125	
Diana Bojić	81	dbojic@medri.hr
Tomislav Bokulić	122	
Tonica Bončina	133	
Damir Bosnar	122, 124	
S. Bosnar	124	
Srećko Botrić	132	Srecko.Botric@fesb.hr
Radovan Brako	118 , 123	radovan@thphys.irb.hr
Josip Brana	112	jbrana@ffos.hr
Slobodan Brant	3*	brant@phy.hr
Vuko Brigljević	16*	
J. Brnjas-Kraljević	75	kraljevi@mef.hr
Hrvoje Buljan	9*	hbuljan@phy.hr
Maja Buljan	38, 128, 138	
Vladimir Buljan	112	
Ivana Capan	144	capan@irb.hr
Tihomir Car	103	car@irb.hr
Slobodan Cvejanović	136	Cvejanov@medri.hr
Roman Čaplar	134	caplar@irb.hr
Miran Čeh	102	
Vladimir Dananić	67 , 68	vdanan@marie.fkit.hr
Daniel Denegri	5*	Daniel.Denegri@cern.ch
Dunja Desnica Franković	128, 138	ddesnica@irb.hr
Uroš Desnica	38, 128 , 138	desnica@irb.hr
Julijan Dobrinić	83, 137	
Sanja Dolanski Babić	58	dolanski@mef.hr

Dijana Dominis Prester	15* , 96	dijana@ffri.hr
Đuro Drobac	46	
Pavo Dubček	97, 102, 128, 138	dubcek@irb.hr
Antonije Dulčić	25*, 33	adulcic@phy.hr
Božidar Etlinger	97	etlinger@irb.hr
Stjepko Fazinić	83	
Daniel Ferenc	12* , 47	ferenc@physics. ucdavis.edu
László Forró	55, 145	
Ivica Friščić	122	ivica.friscic@inet.hr
Ivan-Krešimir Furić	18*	ikfuric@phys.ufl.edu
Krešimir Furić	43, 45, 71, 73	
Andreja Gajović	102	
Ozren Gamulin	73	ozren@mef.hr
H. Gebavi	43	
Jadranko Gladić	88, 89	gladic@ifs.hr
Zvonko Glumac	30	zvonko.glumac@fizika. unios.hr
Matko Glunčić	44	
Nikola Godinović	16*	Nikola.Godinovic@fesb. hr
Davor Gracin	98 , 101, 102	gracin@irb.hr
Mihael Grbić	33	mgrbic@phy.hr
Lorena Griparić	58	
Vlado Halusek	109	
Amir Hamzić	25*, 34, 35	hamzic@phy.hr
Višnja Henč-Bartolić	133	visnja.henc@fer.hr
Dubravko Horvat	24* , 147	dubravko.horvat@fer.hr
Raul Horvat	8*	
Berislav Horvatić	57, 111	horvatic@ifs.hr
Dario Hrupec	12*, 47 , 65	dario.hrupec@irb.hr
Ozren Husnjak	114	
Ksenofont Ilakovac	82	ilakovac@phy.hr
Saša Ilijić	24*, 147	sasa.ilijic@fer.hr

Mile Ivanda	40, 43 , 45, 73, 128	ivanda@irb.hr
Lana Ivanjek	109	lana.ivanjek@phy.hr
Tomislav Ivek	32 , 58, 129	tivek@ifs.hr
Jovica Ivkov	53, 103	
Ivana Ivković	112	ivana.ivkovic@fizika. unios.hr
Željko Jakopović	109	
Kresimir Jakovčić	85 , 86	kjakov@irb.hr
Suzana Jakovljević	133	
Milko Jakšić	6* , 83	jaksic@irb.hr
Vesna Janicki	125	
Dragan Janjušević	33	drago@phy.hr
Radomir Ječmenica	121	
I. Jelovica Badovinac	137	
Gorjana Jerbić-Zorc	124	gorjana@phy.hr
Marko Jerčinović	108	mjercino@inet.hr
Sanja Josef Golubić	130	sjosef.golubic@inet.hr
Krunoslav Juraić	98, 102	kjuraic@irb.hr
Davor Juretić	106, 132	juretic@pmfst.hr
Ivan Jurić	119	ijuric@fizika.org
Marijana Jurić	105	ijuric@fizika.org
Tomislav Jurkić	84 , 96	tjurkic@ffri.hr
Krešo Kadija	16*	
Zoran Kaliman	65, 115	kaliman@ffri.hr
Srećko Kilić	4*	kilic@pmfst.hr
Davor Kirin	104	kirin@irb.hr
Ivan Kokanović	52, 124	
Mladen Koncul	50	
Ivica Kopriva	125	
Bojana Korin-Hamzić	32, 34, 129	bhamzic@ifs.hr
Marin Kosović	73	
D. Kotnik-Karuza	84, 95 , 96	kotnik@ffri.hr

Kasim Kovačević	50	
Ines Krajcar Bronić	51	krajcar@irb.hr
Sanja Krajcinović	146	skrajcinovic@ifs.hr
Marko Kralj	100	mkralj@ifs.hr
Sanja Krča	58	
Milica Krčmar	8*, 85, 86	mkrcmar@irb.hr
Dubravka Krilov	75	krilov@mef.hr
Rudolf Krsnik	109	
Domagoj Kuić	63	dkuic@pmfst.hr
Krešimir Kumerički	127	kkumer@phy.hr
Ivan Kupčić	25*, 62	kupcic@phy.hr
Ivica Kušević	114	
Krešimir Kvastek	50	
Biljana Lakić	8*, 85, 86	Biljana.Lakic@irb.hr
Andrica Lekić	80	andrica@medri.hr
Boran Leontić	53	
Mirela Leskovic	71, 135	
Vesna Ličina	101	
Martin Lončarić	125	
Vjera Lopac	61	vlopac@marie.fkit.hr
Davorin Lovrić	88 , 89	lovric@ifs.hr
Sanja Lučić Blagojević	135	
Magdy Lučić-Lavčević	97	
Igor Lukačević	70, 104	ilukacevic@fizika.unios.hr
Jagoda Lukatela	53	
Hans O. Lutz	81	
Ante Ljubičić	85, 86	
Jasmina Magdalenić	77	mjasmina@geof.hr
Marija Majer	76	marija@phy.hr
Mihael Makek	122	
Nadica Maltar-Strmečki	110	nmaltar@vef.hr
Luka Mandić	83	lukam@riteh.hr

Magda Mandić	81	mmandic@medri.hr
Tomislav Marketin	21*	
Anja Marunović	24*, 64 , 147	
Blaženka Melić	26*	melic@hippo.irb.hr
Dalibor Merunka	107	merunka@irb.hr
Tomislav Meštrović	92 , 93	tomislav@imi.hr
Igor Miklavčić	70, 74	igor.miklavcic@fizika.unios.hr
Vesna Mikšić Trontl	49	vesna.miksic@fer.hr
Vesna Mikuta-Martiniš	60	vmikuta@irb.hr
Ognjen Milat	31 , 38	milat@ifs.hr
Matko Milin	76	matko.milin@phy.hr
Milorad Milun	49, 99, 146	milun@ifs.hr
Đuro Miljanić	50	djuro.miljanic@irb.hr
Željka Mioković	66	zeljka@etfos.hr
A. Moguš-Milanković	50	
Vlasta Mohaček-Grošev	143	mohacek@irb.hr
Srećko Morović	16*	
Mladen Movre	57 , 111	movre@ifs.hr
Iva Movre Šapić	67, 68	imovre@fkit.hr
Svetozar Musić	43, 73	
Karlo Nađ	50	
Tamara Nikšić	21*	
Mario Novak	52	mnovak@phy.hr
Nikolina Novosel	39, 41	nnovosel@phy.hr
Miroslav Očko	46 , 126	ocko@ifs.hr
Nada Orlić	117, 137	norlic@ffri.hr
Dalibor Paar	25*	
Nils Paar	21*	npaar@phy.hr
Vladimir Paar	36, 44	paar@hazu.hr
Damir Pajić	39 , 41	dpajic@phy.hr
K. Passek-Kumerički	127	
Nenad Pavin	44, 61	

Maden Pavlović	97, 125	pavlovic@irb.hr
Krešimir Pavlovski	7* , 72	pavlovski@phy.hr
Planinka Pećina	109	
Antun Peršin	125	
Petar Pervan	11* , 49, 99	pervan@ifs.hr
Dubravko Pevec	121	dubravko.pevec@fer.hr
Robert Pezer	9*	rpezer@phy.hr
Goran Pichler	48 , 148, 149	pichler@ifs.hr
Senka Pintarić	16*	
Davor Pipić	133	
Krunoslav Pisk	65, 115	pisk@irb.hr
Branko Pivac	13* , 144	pivac@irb.hr
Josip Planinić	70, 74	planinic@ffos.hr
Maja Planinić	109	
Mirko Planinić	16*, 59, 109	planinic@phy.hr
Ivo Pletikosić	49, 99	ivo.pletikosic@ifs.hr
Rudi Podgornik	58	
Marina Poje	70, 74	marina.poje@fizika.unios.hr
Dunja Polić	16*	dunja.polic@fesb.hr
Nikola Poljak	59	npoljak@phy.hr
Petar Popčević	145	ppopcevic@ifs.hr
Stanko Popović	131	spopovic@phy.hr
Miroslav Požek	25* , 33	mpozek@phy.hr
Ivica Prlić	91 , 92, 93	iprlic@imi.hr
Tomislav Prokopec	19*	t.prokopec@phys.uu.nl
Ivica Puljak	16*	Ivica.Puljak@cern.ch
Danko Radić	61	radic@irb.hr
Nikola Radić	38, 42 , 103, 128	radic@irb.hr
Vanja Radolić	70 , 74	vanja@fizika.unios.hr
Boris Rakvin	105, 107, 110, 120	rakvin@irb.hr
Davor Ristić	43, 45	dristic@irb.hr

M. Ristić	42, 43	
Ramir Ristić	113	ramir.ristic@fizika.unios.hr
Zvezdana Roller-Lutz	81	roller@medri.hr
Marija Rosandić	44	
Antun Rubčić	36	rubcic@phy.hr
Jasna Rubčić	36	
Krešimir Salamon	38 , 128	ksalamon@ifs.hr
Mariza Sarta-Deković	96	msarta@ffri.hr
Zdravko Sikatić	128	
Hrvoje Skenderović	148, 149	hrvoje@ifs.hr
Željko Skoko	42, 131	zskoko@phy.hr
Igor Smiljanić	53, 55 , 145	ismiljanic@ifs.hr
Ana Smontara	53, 55, 145	
Dunja Soldo Roudnicky	125	
Denis Stanić	53 , 70	dstanic@fizika.unios.hr
Damir Starešinić	126	
Mirko Stubičar	113	
Selma Supek	37, 130	selma@phy.hr
Marija Surić Mihić	92, 93	msuric@imi.hr
Tihomir Surić	65	suric@irb.hr
Ana Sušac	37 , 109, 130	ana@phy.hr
Juraj Szavits-Nossan	141	juraj@ifs.hr
Ana Šantić	50, 101	
Tomislav Ševa	142	tseva@phy.hr
Antonio Šiber	29* , 87	asiber@ifs.hr
Željko Šimek	46	zsimek@ifs.hr
Tomislav Šmuc	121	
Damir Šokčević	123	sokcevic@thphys.irb.hr
Goran Štefanić	131	
K. Štingl	130	
Emil Tafra	25*, 34 , 35	etafra@phy.hr

Ettore Tamajo	72	etamajo@sirius.phy.hr
Manuela Temmer	90, 116	manuela.temmer@ uni-graz.at
Iva Tolić-Norrelykke	28*	tolic@mpi-cbg.de
Marin-Slobodan Tomaš	54	tomas@thphys.irb.hr
Silvia Tomić	20* , 32, 58, 129	stomic@ifs.hr
Anđelka Tonejc	40	andelka@phy.hr
Antun Tonejc	40, 103	
Krešimir Trontl	121	
Aleksandra Turković	97	turkovic@irb.hr
Eduard Tutiš	64, 119 , 139	edo@ifs.hr
Katarina Uzelac	30, 140, 141	katarina@ifs.hr
Srećko Valić	79, 80	
Maja Varga	70, 74	
Silvije Vdović	148, 149	silvije@ifs.hr
Damir Veža	66	veza@phy.hr
Vesna Volovšek	68, 69, 71	volovsek@fkit.hr
Leandra Vranješ Markić	94	leandra@pmfst.hr
Dario Vretenar	21*	
Bojan Vršnak	2* , 77, 90, 116	bvrtnak@geof.hr
Zlatko Vučić	87 , 88, 89, 91	vucic@ifs.hr
Nataša Vujičić	148 , 149	natasav@ifs.hr
Branko Vuković	70, 74	branko@fizika.unios.hr
Tomislav Vuletić	32, 59, 129 ,	tvuletic@ifs.hr
Krešo Zadro	39, 41, 46	kzadro@phy.hr
S. Zonja	43	
Hrvoje Zorc	125	zorc@irb.hr
Nedeljko Zorić	101	nzoric@irb.hr
Franc Zupanić	133	
Tomislav Žic	90	tzic@geof.hr
Dijana Žilić	105	dzilic@irb.hr
Tomislav Živković	17*	zivkovic@irb.hr

Paško Županović

63, **132**

`pasko@pmfst.hr`

Popis sudionika

Darko Androić	PMF, Zagreb	dandroic@phy.hr
Tome Antičić	Institut Ruđer Bošković, ZG	anticic@irb.hr
Željko Antunović	PMF, Split	Zeljko. Antunovic@ pmfst.hr
Damir Aumiler	Institut za fiziku, Zagreb	aumiler@ifs.hr
Ivica Aviani	Institut za fiziku, Zagreb	aviani@ifs.hr
Emil Babić	PMF, Zagreb	ebabic@phy.hr
Mile Baće	FER, Zagreb	mile.bace@fer. hr
Maja Balarin	Medicinski fakultet, Zagreb	maja@mef.hr
Ivan Balog	Institut za Fiziku, Zagreb	balog@ifs.hr
Mislav Baloković	PMF, Zagreb, student	mislavb@fizika. org
Ticijana Ban	Institut za fiziku, Zagreb	ticijana@ifs.hr
Marko Banušić	PMF, Zagreb, student	mbanusic@gmail. com
Goran Baranović	Institut Ruđer Bošković, ZG	baranovi@irb.hr
Slaven Barišić	PMF, Zagreb	sbarisic@phy.hr
Mario Basletić	PMF, Zagreb	basletic@phy.hr
Zoran Basrak	Institut Ruđer Bošković, ZG	basrak@irb.hr
Jelena Bašić	PMF, Mostar, student	jelenadalm@net. hr
Petar Bašić	PMF, Zagreb, student	pbasic@net.hr
Jadranko Batista	Sveučilište u Mostaru	jadranko. batista@sve-mo. ba
Ivo Batistić	PMF, Zagreb	ivo@phy.hr
Domagoj Belić	PMF, Zagreb, student	dbelic@irb.hr
Ivana Bešlic	Fakultet priir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	beslic@pmfst.hr
Robert Beuc	Institut za fiziku, Zagreb	beuc@ifs.hr
Nevenko Bilic	Institut Ruđer Bošković, ZG	bilic@thphys. irb.hr

Nikola Biliškov	Institut Ruđer Bošković, ZG	nbilis@irb.hr
Ivana Bilopavlović	Fakultet prirod.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	ivabil@pmfst.hr
Katica Biljaković	Institut za fiziku, Zagreb	katica@ifs.hr
Nila Biskupović	Fakultet prirod.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	nilbis@pmfst.hr
Lahorija Bistričić	FER, Zagreb	lahorija. bistricic@fer. hr
Aleksa Bjeliš	Sveučilište u Zagrebu, Zagreb	bjelis@phy.hr
Saša Blagus	Institut Ruđer Bošković, ZG	sblagus@irb.hr
Ana Božanić	Filozofski fakultet u Rijeci, student	anicaboz@yahoo. com
Diana Bojić	Medicinski fakultet, Rijeka	dbojic@medri.hr
Marko Bosiočić	PMF, Zagreb, student	marko.bosiočić@ gmail.com
Srećko Botrić	FESB, Split	Srecko.Botric@ fesb.hr
Ana Božanić	Filozofski fakultet u Rijeci, Rijeka	anicaboz@yahoo. com
Radovan Brako	Institut Ruđer Bošković, ZG	radovan@thphys. irb.hr
Josip Brana	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	jbrana@ffos.hr
Slobodan Brant	PMF, Zagreb	brant@phy.hr
Nikola Brčić	PMF, Zagreb, student	lusin@zg.htnet. hr
Slavica Brkić	Sveučilište u Mostaru	slavica.brkic@ sve-mo.ba
Jasminka Brnjas-Kraljević	Medicinski fakultet, Zagreb	kraljevi@mef.hr
Jasna Bronić	PMF, Zagreb, student	jasnabronic@ gmail.com
Hrvoje Buljan	PMF, Zagreb	hbuljan@phy.hr
Ivana Čapan	Institut Ruđer Bošković, ZG	capan@irb.hr
Tihomir Čar	Institut Ruđer Bošković, ZG	car@irb.hr
Krešimir Čindrić	PMF, Zagreb, student	kcindric@ fizika.org

Danijel Cmrk	PMF, Zagreb, student	danijel_cmrk@yahoo.com
S. Cvejanović	Medicinski fakultet, Rijeka	Cvejanov@medri.hr
Damir Cvetovac	PMF, Zagreb, student	dcvetova@fizika.org
Roman Čaplar	Institut Ruđer Bošković, ZG	caplar@irb.hr
Ozana Čelan	PMF, Zagreb, student	ozana.celan@gmail.com
darijo čilić	Sveučilište u Mostaru, student	darijo.cilic@tel.net.ba
Tihomir Čulig	PMF, Zagreb, student	tihomirculig@gmail.com
Maja Ćorović	Filozofski fakultet u Rijeci, student	mcorovic@ffri.hr
Vladimir Dananić	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb	vdanan@marie.fkit.hr
Ida Delač	PMF, Zagreb, student	ida.delac@gmail.com
Daniel Denegri	DAPNIA (CEN Saclay) / CERN	Daniel.Denegri@cern.ch
Dunja Desnica Franković	Institut Ruđer Bošković, ZG	ddesnica@irb.hr
Uroš Desnica	Institut Ruđer Bošković, ZG	desnica@irb.hr
Bruno Dimić	PMF, Zagreb, student	bruno.dimic@gmail.com
Sanja Dolanski Babić	Medicinski fakultet, Zagreb	dolanski@mef.hr
Dijana Dominis Prester	Filozofski fakultet, Rijeka	dijana@ffri.hr
Predrag Dominis Prester	PMF, Zagreb	pprester@phy.hr
Antonija Dorčić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	antdor@pmfst.hr
Branka Dresto-Alač	Medicinski fakultet, Rijeka	brankad@medri.hr
Pavo Dubček	Institut Ruđer Bošković, ZG	dubcek@irb.hr
Antonije Dulčić	PMF Zagreb	adulcic@phy.hr
Mile Dželalija	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	mile@pmfst.hr

Vedran Đerek	PMF, Zagreb, student	vdjerek@gmail.com
Branko Đurđević	PMF, Zagreb, student	branko.durdevic@gmail.com
Božidar Etlinger	Institut Ruđer Bošković, ZG	etlinger@irb.hr
Daniel Ferenc	University of California, Davis	ferenc@physics.ucdavis.edu
Andrej Ficnar	PMF, Zagreb, student	aficnar@fizika.org
Ivica Friščić	PMF, Zagreb, student	ivica.friscic@inet.hr
Ivan-Krešimir Furić	University of Florida, Gainesville	ikfuric@phys.ufl.edu
Miroslav Furić	PMF, Zagreb	mfuric@phy.hr
Ozren Gamulin	Medicinski fakultet, Zagreb	ozren@mef.hr
Marija Gasparić	PMF, Zagreb, student	marija_gasparic1@yahoo.com
Jadranko Gladić	Institut za fiziku, Zagreb	gladic@ifs.hr
Zvonko Glumac	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	zvonko.glumac@fizika.unios.hr
Nikola Godinović	FESB, Split	Nikola.Godinovic@fesb.hr
Davor Gracin	Institut Ruđer Bošković, ZG	gracin@irb.hr
Mirjana Grbac	FESB, Split	Mirjana.Grbac@fesb.hr
Mihael Grbić	PMF, Zagreb	mgrbic@phy.hr
Danijel Grgičin	PMF, Zagreb, student	danijelgrgicin@gmail.com
Branko Guberina	Institut Ruđer Bošković, ZG	guberina@thphys.irb.hr
Ivan Güttler	PMF, Zagreb, student	ivan.guettler@gmail.com
Amir Hamzić	PMF, Zagreb	hamzic@phy.hr
Višnja Henč-Bartolić	FER, Zagreb	visnja.henc@fer.hr

Kristian Hengster-Movrić	FER, Zagreb	kristian.hengstermovric@zg.t-com.hr
Dubravko Horvat	FER, Zagreb	dubravko.horvat@fer.hr
Berislav Horvatić	Institut za fiziku, Zagreb	horvatic@ifs.hr
Davor Horvatin	PMF, Zagreb, student	davorhorvatin@yahoo.com
Dario Hrupec	Institut Ruđer Bošković, ZG	dario.hrupec@irb.hr
Ksenofont Ilakovac	PMF, Zagreb	ilakovac@phy.hr
Saša Ilijić	FER, Zagreb	sasa.ilijic@fer.hr
Mile Ivanda	Institut Ruđer Bošković, ZG	ivanda@irb.hr
Jere Ivanišević	Fakultet priro.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	jeriva@pmfst.hr
Lana Ivanjek	PMF, Zagreb	lana.ivanjek@phy.hr
Tomislav Ivek	Institut za fiziku, Zagreb	tivek@ifs.hr
Ivana Ivković	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	ivana.ivkovic@fizika.unios.hr
Mate Jagnjić	Fakultet priro.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	janjoo@gmail.com
Kresimir Jakovčić	Institut Ruđer Bošković, ZG	kjakov@irb.hr
Milko Jakšić	Institut Ruđer Bošković, ZG	jaksic@irb.hr
Dragan Janjušević	PMF, Zagreb	drago@phy.hr
Petar Jelača	Filozofski fakultet u Rijeci, student	pjelaca01@yahoo.com
Katarina Jeličić	PMF, Zagreb, student	katarinajelicic@yahoo.com
Ivana Jelovica Badovinac	Filozofski fakultet u Rijeci	ijelov@ffri.hr
Gorjana Jerbić-Zorc	PMF, Zagreb	gorjana@phy.hr
Marko Jerčinović	PMF, Zagreb	mjercino@inet.hr
Larisa Jonke	Institut Ruđer Bošković, ZG	larisa@irb.hr
Sanja Josef Golubić	PMF, Zagreb, student	sjosef.golubic@inet.hr

Dario Jukić	PMF, Zagreb, student	jukic.dario@gmail.com
Krunoslav Juraić	Institut Ruđer Bošković, ZG	kjuraic@irb.hr
Davor Juretić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	juretic@pmfst.hr
Ivan Jurić	Institut za Fiziku, Zagreb	ijuric@fizika.org
Tomislav Jurkić	Filozofski fakultet, Rijeka	tjurkic@ffri.hr
Terezija Jurković	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	terjur@pmfst.hr
Zoran Kaliman	Filozofski fakultet, Rijeka	kaliman@ffri.hr
Luči Karbonini	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	luckar@pmfst.hr
Bernarda Kezić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	berkez@pmfst.hr
Srećko Kilić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	kilic@pmfst.hr
Davor Kirin	Institut Ruđer Bošković, ZG	kirin@irb.hr
Dubravko Klabučar	PMF, Zagreb	klabucar@oberon.phy.hr
Bruno Klajn	PMF, Zagreb, student	bruno.klajn@zgt-com.hr
Snježana Komić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	snjkom@pmfst.hr
Bojana Korin-Hamzić	Institut za fiziku, Zagreb	bhamzic@ifs.hr
Marin Kosović	Medicinski fakultet, Zagreb	marin.kosovic@mef.hr
Dubravka Kotnik-Karuza	Filozofski fakultet, Rijeka	kotnik@ffri.hr
Sanja Kovačević	Sveučilište u Mostaru, student	sanykovacevic@yahoo.com
Marin Kovačević	Sveučilište u Mostaru, student	marinkovacevic@gmail.com
Ines Krajcar Bronić	Institut Ruđer Bošković, ZG	krajcar@irb.hr
Sanja Krajcinović	Institut za fiziku, Zagreb	skrajcinovic@ifs.hr
Marko Kralj	Institut za fiziku, Zagreb	mkralj@ifs.hr
Milica Krčmar	Institut Ruđer Bošković, ZG	mkrcmar@irb.hr

Dubravka Krilov	Medicinski fakultet, Zagreb	krilov@mef.hr
Sanja Krupić	PMF, Zagreb, student	sanna4@net.hr
Domagoj Kuić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	dkuic@pmfst.hr
Krešimir Kumerički	PMF, Zagreb	kkumer@phy.hr
Ivan Kupčić	PMF, Zagreb, student	kupcic@phy.hr
Željkan Kutleša	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	zelkut@pmfst.hr
Darka Labavić	PMF, Zagreb, student	laba_dar@yahoo.com
Biljana Lakić	Institut Ruđer Bošković, ZG	Biljana.Lakic@irb.hr
Nenad Laslo	PMF, Zagreb, student	nlaslo@fizika.org
Andrica Lekić	Medicinski fakultet, Rijeka	andrica@medri.hr
Karla Lemac	PMF, Zagreb, student	karla_lemac@yahoo.com
Zdravko Lenac	Rektorat Sveučilišta u Rijeci, Rijeka	pro3@uniri.hr
Ana Lipošćak	Filozofski fakultet u Rijeci, student	analiposćak@yahoo.com
Vjera Lopac	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb	vlopac@marie.fkit.hr
Iva Lovreković	PMF Zagreb, student	iva.lovrekovic@vt.htnet.hr
Davorin Lovrić	Institut za fiziku, Zagreb	lovric@ifs.hr
Jelena Luetić	PMF, Zagreb, student	jelena.luetic@gmail.com
Igor Lukačević	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	ilukacevic@fizika.unios.hr
J. Magdalenić	Geodetski Fakultet Zagreb, Opservatorij Hvar, Zagreb	mjasmina@geof.hr
Marija Majer	PMF, Zagreb	marija@phy.hr
Nadica Maltar-Strmečki	Veterinarski fakultet, Zavod za fiziku, Zagreb	nmaltar@vef.hr
Luka Mandić	Tehnički fakultet u Rijeci, student	lukam@riteh.hr
Magda Mandić	Medicinski fakultet u Rijeci, student	mmandic@medri.hr

Ana Maračić	Filozofski fakultet u Rijeci, student	teearp@gmail.com
Vitomir Maričić	Filozofski fakultet u Rijeci, student	rimotiv@gmail.com
Anita Marić	Sveučilište u Mostaru, student	anmaric@net.hr
Ivan Marinović	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	ivamar@pmfst.hr
Nikola Marković	PMF, Zagreb, student	nmarkovic@webmail.fizika.org
Lena Martinić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	marlena0111@yahoo.com
Tea Martinić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	teamar@pmfst.hr
Anja Marunović	FER, Zagreb	dubravko.horvat@fer.hr
Blaženka Melić	Institut Ruđer Bošković, ZG	melic@hippo.irb.hr
Dalibor Merunka	Institut Ruđer Bošković, ZG	merunka@irb.hr
Tomislav Meštrović	Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb	tomislav@imi.hr
Hrvoje Meštrić	Fond Jedinstvo uz pomoć znanja, Zagreb	mestric@ukf.hr
M. Mijaković	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	marijanamijakovic@hotmail.co.uk
Igor Miklavčić	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	igor.miklavcic@fizika.unios.hr
Vesna Mikšić Trontl	FER i IF, Zagreb	vesna.miksic@fer.hr
Vesna Mikuta-Martinis	Institut Ruđer Bošković, ZG	vmikuta@irb.hr
Ognjen Milat	Institut za fiziku, Zagreb	milat@ifs.hr
Matko Milin	PMF, Zagreb	matko.milin@phy.hr
Darko Milpak	PMF, Zagreb, student	dmilpak@rocketmail.com
Milorad Milun	Institut za fiziku, Zagreb	milun@ifs.hr
Đuro Miljanić	Institut Ruđer Bošković, ZG	djuro.miljanic@irb.hr

Željka Mioković	Elektrotehnički fakultet, Osijek	zeljka@etfos.hr
Vlasta Mohaček-Grošev	Institut Ruđer Bošković, ZG	mohacek@irb.hr
Ljiljana Morvaj	PMF, Zagreb, student	lmorvaj@gmail.com
Mladen Movre	Institut za fiziku, Zagreb	movre@ifs.hr
Iva Movre Šapić	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb	imovre@fkit.hr
Maja Mrđen	PMF, Split, student	majmrd@pmfst.hr
Jasna Musa	PMF, Zagreb, student	musajasna@yahoo.com
Jasmina Musić	PMF, Zagreb, student	music.jasmina@yahoo.com
Ivana Mustač	PMF, Zagreb, student	ivana_m86@yahoo.com
Goran Nikšić	PMF, Zagreb, student	gniksic@fizika.org
Mario Novak	PMF, Zagreb	mnovak@phy.hr
Nikolina Novosel	PMF, Zagreb	nnovosel@phy.hr
Vanja Novosel	PMF, Zagreb, student	dzurdza_lo@yahoo.com
Miroslav Očko	Institut za fiziku, Zagreb	ocko@ifs.hr
Iris Odak	PMF, Zagreb, student	trancie@net.hr
Antonija Oklopčić	PMF, Zagreb, student	antonijaoklopcic@net.hr
Nikolina Opačak	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	nikopa@pmfst.hr
Bojana Oreb	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	bojore@pmfst.hr
Nada Orlić	Filozofski fakultet, Rijeka	norlic@ffri.hr
Nils Paar	PMF, Zagreb	npaar@phy.hr
Vladimir Paar	PMF, Zagreb	paar@hazu.hr
Damir Pajić	PMF, Zagreb	dpajic@phy.hr
Ivan Pavičić	PMF, Zagreb, student	ivanpavicic@yahoo.com
Maden Pavlović	Institut Ruđer Bošković, ZG	pavlovic@irb.hr

Krešimir Pavlovski	PMF, Zagreb	pavlovski@phy.hr
Mario Pehar	PMF, Split, student	marpeh@pmfst.hr
Zana Pehar	Sveučilište u Mostaru, student	zpehar@yahoo.com
Zvonimir Peranić	Veleučilište u Rijeci	zvonimir.peranic@vip.hr
Iva Perković	PMF, Zagreb, student	ivaperkovic@yahoo.com
Petar Pervan	Institut za fiziku, Zagreb	pervan@ifs.hr
Jelena Petković	PMF, Zagreb, student	jellena.phy@gmail.com
Marin Petrović	PMF, Zagreb, student	marin.petrovic@vz.t-com.hr
Dubravko Pevec	FER, Zagreb	dubravko.pevec@fer.hr
Robert Pezer	Metalurški fakultet, Sisak	rpezer@phy.hr
Ivica Picek	PMF, Zagreb, Zagreb	picek@phy.hr
Goran Pichler	Institut za fiziku, Zagreb	pichler@ifs.hr
Krunoslav Pisk	Institut Ruđer Bošković, ZG	pisk@irb.hr
Branko Pivac	Institut Ruđer Bošković, ZG	pivac@irb.hr
Josip Planinić	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	planinic@ffos.hr
Mirko Planinić	PMF, Zagreb	planinic@phy.hr
Miro Plavčić	Tehnička škola, Šibenik	miro.plavcic@pmfst.hr
Kristina Pleić	PMF, Zagreb, student	kriple@pmfst.hr
Ivo Pletikosić	Institut za fiziku, Zagreb	ivo.pletikosic@ifs.hr
Milivoj Plodinec	PMF, Zagreb, student	milivojplodinec@yahoo.com
Marina Poje	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	marina.poje@fizika.unios.hr
Jelena Polić	Filozofski fakultet u Rijeci, student	riba34@yahoo.com
Dunja Polić	FESB, Split	dunja.polic@fesb.hr
Nikola Poljak	PMF, Zagreb	npoljak@phy.hr

Petar Popčević	PMF Zagreb, student	ppopcevic@ifs.hr
Iva Popović	Filozofski fakultet u Rijeci, student	ipopovic@ffri.hr
Stanko Popović	PMF, Zagreb	spopovic@phy.hr
Miroslav Požek	PMF, Zagreb	mpozek@phy.hr
Ivica Prlić	Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb	iprlic@imi.hr
Tomislav Prokopec	ITP, Utrecht University, Utrecht	t.prokopec@phys.uu.nl
Ana Prpić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	anaprp@pmfst.hr
Ivica Puljak	FESB, Split	Ivica.Puljak@cern.ch
Juraj Radić	PMF, Zagreb, student	daradic@inet.hr
Nikola Radić	Institut Ruđer Bošković, ZG	radic@irb.hr
Predrag Radivojević	PMF, Zagreb, student	peggia@gmail.com
Vanja Radolić	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	vanja@fizika.unios.hr
Mario Rakić	PMF, Zagreb, student	mario.rakic@gmail.com
Boris Rakvin	Institut Ruđer Bošković, ZG	rakvin@irb.hr
Dijana Rapić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	dijrap@pmfst.hr
Davor Ristić	Institut Ruđer Bošković, ZG	dristic@irb.hr
Ramir Ristić	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	ramir.ristic@fizika.unios.hr
Zvezdana Roller-Lutz	Medicinski fakultet, Rijeka	roller@medri.hr
Antun Rubčić	PMF, Zagreb	rubcic@phy.hr
Zoran Rukelj	PMF, Zagreb, student	rukelj@gmail.com
Stjepan Sabolek	PMF, Zagreb	sabolek@phy.hr
Krešimir Salamon	Institut za Fiziku, Zagreb	ksalamon@ifs.hr
Mariza Sarta-Deković	Odsjek za fiziku, Filozofski fakultet, Rijeka	msarta@ffri.hr
Doris Segota	Filozofski fakultet u Rijeci, student	talena.ri@gmail.com

Stipo Sentić	PMF, Zagreb, student	streepo@gmail.com
Marko Sever	PMF, Zagreb, student	msever@fizika.org
Goran Simatović	PMF, Zagreb, student	gogosimat@yahoo.co.uk
Hrvoje Skenderović	Institut za fiziku, Zagreb	hrvoje@ifs.hr
Željko Skoko	PMF, Zagreb	zskoko@phy.hr
Ivana Sladović	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	ivasla@pmfst.hr
Toni Slunjski	PMF, Zagreb, student	toni.slunjski@gmail.com
Igor Smiljanić	Institut za fiziku, Zagreb	ismiljanic@ifs.hr
Ivica Sorić	FESB, Split	suri@fesb.hr
Marko Šoštarić	PMF, Zagreb, student	msostari@dominis.phy.hr
Krešimir Matija Stamać	PMF, Zagreb, student	kmstamac@gmail.com
Denis Stanić	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	dstanic@fizika.unios.hr
Tea Starčević	Filozofski fakultet u Rijeci, student	lorride@gmail.com
Nikola Strah	PMF, Zagreb, student	nstrah@fizika.org
Ivan Strizić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split, student	ivastr@pmfst.hr
Ivan Supek	Institut Ruđer Bošković, ZG	supe@irb.hr
Selma Supek	PMF, Zagreb	selma@phy.hr
Marija Surić Mihić	Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb	msuric@imi.hr
Tihomir Surić	Institut Ruđer Bošković, ZG	suric@irb.hr
Ana Sušac	PMF, Zagreb	ana@phy.hr
Juraj Szavits-Nossan	Institut za fiziku, Zagreb	juraj@ifs.hr
Tomislav Ševa	PMF, Zagreb	tseva@phy.hr
Antonio Šiber	Institut za fiziku, Zagreb	asiber@ifs.hr
Željko Šimek	Institut za fiziku, Zagreb	zsimek@ifs.hr

Marko Škrabić	PMF, Zagreb, student	m_skrabic@yahoo.com
Damir Šokčević	Institut Ruđer Bošković, ZG	sokcevic@thphys.irb.hr
Iva Šrut	PMF, Zagreb, student	iva.srut@gmail.com
Rina Štrajn	PMF, Zagreb, student	rina.strajn@inet.hr
Marijan Šunjić	PMF, Zagreb	msunjic@phy.hr
Alfred Švarc	Institut Ruđer Bošković, ZG	svarc@irb.hr
Emil Tafra	PMF, Zagreb	etafra@phy.hr
Ettore Tamajo	PMF, Zagreb	etamajo@sirius.phy.hr
Manuela Temmer	Opservatorij Hvar Geodetskog fakulteta u Zagrebu	manuela.temmer@uni-graz.at
Iva Tolić -Norrelykke	Max Planck Institute of Molecular Cell Biology and Genetics, Dresden	tolic@mpi-cbg.de
Dijana Tolić	PMF, Zagreb, student	singularity4@gmail.com
Marin-Slobodan Tomaš	Institut Ruđer Bošković, ZG	tomas@thphys.irb.hr
Silvia Tomić	Institut za fiziku, Zagreb	stomic@ifs.hr
Anđelka Tonejc	PMF, Zagreb	andelka@phy.hr
Ivana Tucaković	PMF, Zagreb, student	itucakovic@net.hr
Blanka Tuka	Sveučilište u Mostaru, student	tblanka@net.hr
Aleksandra Turković	Institut Ruđer Bošković, ZG	turkovic@irb.hr
Eduard Tutiš	Institut za fiziku, Zagreb	edo@ifs.hr
Milivoj Uroić	Institut Ruđer Bošković, ZG	milivoj@lnr.irb.hr
Katarina Uzelac	Institut za fiziku, Zagreb	katarina@ifs.hr
Vladivoj Valković	A.C.T.d.o.o., Zagreb	valkovic@irb.hr
Marijana Varašanec	PMF, Zagreb, student	marvar@net.hr
Mihael Varga	PMF, Zagreb, student	guantanamo@vip.hr

Silvije Vdović	Institut za fiziku, Zagreb	silvije@ifs.hr
Vedran Vekić	PMF, Zagreb, student	vedran.vekic@zg.t-com.hr
Damir Veža	PMF, Zagreb	veza@phy.hr
Dejan Vinković	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	dejan@ias.edu
Martina Vlaho	PMF, Zagreb, student	martinavlaho@yahoo.com
Zvonimir Vlah	PMF, Zagreb, student	zvlah@fizika.org
Lana Vlašić	PMF, Zagreb, student	zizulica@hotmail.com
Vesna Volovšek	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb	volovsek@fkit.hr
Leandra Vranješ Markić	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	leandra@pmfst.hr
Bojan Vršnak	Opservatorij Hvar Geodetskog fakulteta u Zagrebu	bvršnak@geof.hr
Zlatko Vučić	Institut za fiziku, Zagreb	vucic@ifs.hr
Nataša Vujičić	Institut za fiziku, Zagreb	natasav@ifs.hr
Branko Vuković	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayer", Osijek	branko@fizika.unios.hr
Tomislav Vuletić	Institut za fiziku, Zagreb	tvuletic@ifs.hr
Vjekoslav Vulić	PMF, Zagreb, student	v.vulic@gmail.com
Krešo Zadro	PMF, Zagreb	kzadro@phy.hr
Gordana Zauhar	Medicinski fakultet, Rijeka	gordz@medri.hr
Hrvoje Zorc	Institut Ruđer Bošković, ZG	zorc@irb.hr
Nedeljko Zorić	Institut Ruđer Bošković, ZG	nzoric@irb.hr
Dragana Zovko	PMF, Zagreb, student	drgninf@yahoo.com
Tomislav Žic	Geodetski fakultet, Opservatorij Hvar	tzic@geof.hr
Dijana Žilić	Institut Ruđer Bošković, ZG	dzilic@irb.hr
Tomislav Živković	Institut Ruđer Bošković, ZG	zivkovic@irb.hr
Paško Županović	Fakultet prir.-matemat. zn. i kineziologije, Split	pasko@pmfst.hr