
KNJIGA SAŽETAKA



8. znanstveni sastanak Hrvatskog fizikalnog društva

Primošten, 6. - 8. listopada 2013.

**Osmi znanstveni sastanak
Hrvatskog fizikalnog društva**

6-8. listopada 2013.
Primošten

KNJIGA SAŽETAKA

Pokrovitelji i suorganizatori:

Predsjednik Republike Hrvatske
Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
Odjel za fiziku, Sveučilište J. J. Strossmayera, Osijek
Odjel za fiziku, Sveučilište u Rijeci
Zavod za fiziku, PMF, Sveučilište u Splitu
Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Institut za fiziku, Zagreb

Organizacijski odbor:

Miroslav Požek (predsjednik), Zagreb
Ticijana Ban, Zagreb
Ante Bilušić, Split
Predrag Dominis Prester, Rijeka
Andreja Gajović, Zagreb
Krešimir Kumerički, Zagreb
Ivana Kurečić, Zagreb
Nenad Pavin, Zagreb
Vanja Radolić, Osijek
Suzana Szilner, Zagreb
Eduard Tutiš, Zagreb

Skup se održava pod visokim pokroviteljstvom predsjednika Republike Hrvatske dr. Ive Josipovića.

Zahvaljujemo sponzorima, časopisu European Physical Journal i tvrtki SCAN d.o.o.

CIP zapis dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 855009.

ISBN: 978-953-7178-15-4

Izdavač: *Hrvatsko fizikalno društvo, Zagreb, Hrvatska*

Godina izdanja: 2013.

Urednici: *Miroslav Požek, Ticijana Ban, Ante Bilušić, Predrag Dominis Prester, Andreja Gajović, Krešimir Kumerički, Ivana Kurečić, Nenad Pavin, Vanja Radolić, Suzana Szilner, Eduard Tutiš*

Dizajn korica: *Vlasta Horvatić*

Slog: *Krešimir Kumerički + Python + L^AT_EX + 12 pt Minion Pro font*

Sadržaj

Predgovor	5
Program skupa	7
Popis postera	11
Sažeci pozvanih predavanja	17
Sažeci usmenih izlaganja	29
Sažeci postera	67
Indeks svih autora	149
Popis sudionika	161

Predgovor

Drage kolegice i kolege,

želimo vam dobrodošlicu na našem tradicionalnom, već osmom, znanstvenom sastanku Hrvatskoga fizikalnog društva u Primoštenu. Posebno smo sretni što ste i u ova recesijska vremena svojim sudjelovanjem pridonijeli ovom skupu i tako dali jamstvo da će se tradicija očuvati i razvijati i u buduća, svi vjerujemo, bolja i bogatija vremena.

I ovogodišnji sastanak održava se pod visokim pokroviteljstvom predsjednika Republike Hrvatske dr. Ive Josipovića, koji je ponovno pokazao velike simpatije za našu struku.

Mi organizatori trudili smo se da ovaj sastanak bude financijski dostupan što većem broju naših kolega pa smo zato skratili njegovo trajanje i odrekli se izleta. Vjerujemo da je dijelom i zahvaljujući tomu broj sudionika tek neznatno smanjen u odnosu na prijašnje sastanke. S druge strane, ne želeći smanjiti broj zanimljivih predavanja, morali smo skratiti njihovo trajanje. Vjerujemo da će svi predavači poštovati taj “tijesni” raspored i čvrsto se držati predviđenog vremena za izlaganje.

Posebnu pozornost i ovaj put posvećujemo našim mladim kolegama. Ocjenjivat ćemo izlaganja naših znanstvenih novaka i predstavljanja postera naših studenata. Najboljima ćemo dodijeliti vrijedne nagrade. Za to su se pobrinuli sponzori: The European Physical Journal, koji tako obilježava svoj 15. rođendan, te slovenska tvrtka Scan, koja nas vjerno prati sve ove godine.

Vjerujemo da ćete ova tri dana iskoristiti za međusobno predstavljanje znanstvenih rezultata, ali i za druženje u ugodnom ambijentu hotela Zora. Trenutačno stanje u financiranju znanosti u Hrvatskoj tema je koja, vjerujemo, mnoge od nas zaokuplja ovih dana, i to na više razina. O toj temi organiziramo i okrugli stol s relevantnim sudionicima.

U ime Organizacijskog odbora 8. znanstvenog sastanka HFD-a, ugodan boravak u Primoštenu želi vam

Miroslav Požek,
predsjednik Organizacijskog odbora

Program skupa

Prvi dan — nedjelja 6. listopada

12:45		smještaj	
14:00		otvaranje 8. ZS HFD	
<i>Predsjedava: Mladen Petravić</i>			
14:15	Milko Jakšić	<i>Akceleratori, ionski snopovi i dijamantni detektori – između fizike materijala i fizike visokih energija</i>	19
14:45	Marin Karuza , Ciro Biancofiore, Chiara Molinelli, Marco Galassi, Riccardo Natali, Paolo Tombesi, Giovanni Di Giuseppe, David Vitali	<i>Kvantna fizika na dlanu</i>	31
15:00	Tomislav Ivek , Rebecca Beyer, Natalia Drichko, Rimma N. Lyubovskaya, Martin Dressel	<i>Optička i dielektrična svojstva κ-(BEDT-TTF)₂Hg(SCN)₂(Cl,Br) blizu prijelaza iz metala u izolator</i>	32
15:15	Zoran Basrak , Igor Gašparić, Mladen Kiš	<i>Multidisciplinarni projekt FAIR</i>	33
15:30		stanka za kavu	
<i>Predsjedava: Bojana Hamzić</i>			
16:00	Aleksandra Radenović	<i>Nanopore i nanokapilare – izazovi i mogućnosti u identifikaciji proteina i DNK molekula</i>	20
16:30	Iva Šrut , Vesna Mikšić Trontl, Petar Pervan, Fabian Craes, Thomas Michely, Carsten Busse, Marko Kralj	<i>Korugirani grafen: zašto ravna grafenska plahta nije uvijek poželjna</i>	34
16:45	Damir Dominko , Damir Starešinić, Katica Biljaković, Zdravko Siketić, Milko Jakšić, Alois Loidl, Peter Lunkenheimer	<i>Utjecaj kristalnih defekata na fazna pobuđenja u valovima gustoće naboja</i>	35
17:00	Ivan Jurić	<i>Tranzijentni odziv i raspodjela dubokih stanja u amorfnim organskim filmovima</i>	36
17:15		stanka za kavu	
<i>Predsjedava: Paško Županović</i>			
17:45	Davor Gracin , Daniel Meljanac, Krunoslav Jurać, Andreja Gajović, Sigrid Bernstorff, Pavo Dubček, Antun Drašner, Miran Čeh	<i>Utjecaj termičkog tretmana na strukturna i optička svojstva amorfno-nano-kristaliničnog Si filma</i>	37
18:00	Goran Nikšić , Denis Sunko, Slaven Barišić	<i>Nekomenzurabilni val gustoće spina i pseudoprocjep u kupratnim visokotemperaturnim supravodičima</i>	38
18:15	Matija Čulo , Marko Pinterić, Vjekoslav Vulić, Mario Basletić, Emil Tafra, Tomislav Ivek, Bojana Korin-Hamzić, Silvia Tomić	<i>Spinska tekućina u 2D organskom monokristalu: električni transport, Hallov efekt i dielektrični odziv</i>	39
18:30	Kristijan Velebit , Petar Popčević, Ana Smontara, Helmut Berger, László Forró, Ivo Batistić, Neven Barišić, Martin Dressel, Eduard Tutiš	<i>Optički odziv nano-tekturirane i Mottove faze 1T-TaS₂</i>	40

18:45	Danijel Grgičin , Sanja Dolanski Babić, Tomislav Ivek, Silvia Tomić	<i>Moć jakog zasjenjenja magnezijevih protuiona: DNA ostaje u konformaciji dvostruke uzvojnice i u granici niske slanosti</i>	41
19:00		stanka za večeru	
20:30		poster I dio (P1–P40)	

Drugi dan — ponedjeljak 7. listopada

Predsjedava: Đuro Miljanić

9:00	Dario Vretenar	<i>Nuklearni energijski funkcionali gustoće</i>	21
9:30	Tonči Tadić, Zdravko Siketić, Domagoj Donny Cosic, Natko Skukan, Ivančica Bogdanović Radović , Jiro Matsuo, Milko Jakšić	<i>Razvoj masene spektroskopije sekundarnih molekularnih iona na teškoionskoj mikroprobi Instituta Ruđer Bošković</i>	42
9:45	Maja Buljan , Olga Roshchupkina, Ana Šantić, Vaclav Holy, Carsten Baehtz, Nikola Radić, Sigrid Bernstorff, Joerg Grenzer	<i>Rast anizotropne rešetke Ge kvantnih točaka u amorfnoj Al₂O₃ matrici</i>	43
10:00	Diana Mance , Tamara Hunjak, Hans O. Lutz, Zvezdana Roller-Lutz	<i>Doprinos Laboratorija za Stabilne Izotope Medicinskog fakulteta u Rijeci Međunarodnoj godini suradnje na području voda</i>	44
10:15	Danko Radić , Leonid Gorelik	<i>„Spinromehanika“ u kvantnim elektromehaničkim sustavima (QNEMS)</i>	45
10:30		stanka za kavu	

Predsjedava: Damir Aumiler

11:00	Teuta Piližota	<i>Biofizikalni senzori stanične fiziologije na nivou individualanih stanica</i>	22
11:30	Damir Kovačić	<i>Auditorno neuro-elektronsko sučelje</i>	46
11:45	Matko Glunčić	<i>Minimalni deterministički i stohastički model distribucije molekularnih motora tijekom staničnih oscilacija</i>	47
12:00	Igor Gašparić , Thomas Aumann, Konstanze Boretzky, Michael Heil, Simon Jährling, Dmytro Kresan, Heiko Scheit, Haik Simon	<i>Detekcija brzih neutrona u nuklearnim reakcijama s relativističkim radioaktivnim snopovima</i>	48
12:15	Tomislav Jurkić , Dubravka Kotnik-Karuza	<i>Evolucija cirkumstelarne prašine simbiotskih Mira</i>	49
12:30		stanka za ručak	

Predsjedava: Predrag Lazić

14:00	Ivica Živković	<i>Skirmioni – topološki uređeni magneti</i>	23
14:30	Igor Lukačević , Sanjeev Kumar Gupta, Prafulla Kumar Jha	<i>Fotokatalitička svojstva dopiranog TiO₂</i>	50
14:45	Marko Bosiočić , Fabrice Bert, Jeffrey Quilliam, Sian E. Dutton, Robert J. Cava, Miroslav Požek, Philippe Mendels	<i>Istraživanje J₁ – J₂ frustriranog lanca LiCuSbO₄ tehnikama nuklearne magnetske rezonancije (NMR) i mionske spinske rotacije (μSR)</i>	51
15:00	Dijana Žilić	<i>Istraživanje kompleksa prijelaznih metala EPR spektroskopijom u jakim magnetskim poljima</i>	52
15:15	Tomislav Ivezić	<i>Lorentz-kovarijantna poopćena Uhlenbeck-Goudsmitova hipoteza:</i>	53

15:30		poster II dio (P41 – P80)	
	<i>Predsjedava: Mario Basletić</i>		
17:15	Silvia Tomić	<i>The European Physical Journal slavi 15. rođendan</i>	54
17:25	Slobodan Milošević	<i>Novi izazovi u primjeni plazme na zraku i u tekućinama</i>	24
17:50	Silvije Vdović	<i>Primjena ultrabrze spektroskopije u proučavanju molekularnog prijenosa energije</i>	55
18:05	Goran Simatović , Mirko Planinić	<i>Bose-Einsteinove korelacije u relativističkim sudarima na LHC sudarivaču</i>	56
18:20	Tome Antičić, Zoran Basrak, Vuko Brigljević, Davit Chokheli, Donny Domagoj Cosic, Stjepko Fazinić, Laura Grassi, Milko Jakšić, Mladen Kiš, Jelena Luetić, Darko Mekterović , Nikola Poljak, Lovro Prepolec, Fabio Schirru, Natko Skukan, Neven Soić, Suzana Szilner	<i>FP7 projekt Particle detectors</i>	57
18:35	<i>Moderator: Mirko Planinić</i>	okrugli stol: Financiranje znanstvenih istraživanja (Uvodne riječi: Tome Antičić, Amir Hamzić, Slobodan Milošević, Dario Vretenar)	
20:05		slobodno	
20:30		konferencijska večera	

Treći dan — utorak 8. listopada

	<i>Predsjedava: Amir Hamzić</i>		
9:00	Vernesa Smolčić	<i>Razvoj galaksija kroz povijest svemira</i>	25
9:30	Blaženka Melić	<i>Fizika čestica nakon otkrića Higgsa</i>	58
9:45	Nikola Godinović , Ana Babić, Dijana Dominis Prester, Daniel Ferenc, Dario Hrupec, Damir Lelas, Ivica Puljak, Tihomir Surić, Iva Šnidarić, Tomislav Terzić	<i>Visokoenergijska gama astronomija MAGIC teleskopima</i>	59
10:00	Maja Planinić , Lana Ivanjek, Ana Sušac, Željka Milin-Šipuš	<i>Istraživanje studentskog razumijevanja grafova u različitim kontekstima</i>	60
10:15	Damir Pajić , Zvonko Trontelj, Zvonko Jagličić, Marko Jagodić, Krešo Zadro, Nikolina Novosel, Emil Babić, Ramir Ristić, Michael Reissner, Peter Lackner	<i>Spora magnetska relaksacija u multiferoičnom $K_3Fe_5F_{15}$ i drugim sustavima</i>	61
10:30		stanka za kavu	
	<i>Predsjedava: Zdravko Lenac</i>		
11:00	Predrag Lazić	<i>Interkalacija pod epitaksijalni grafen</i>	26
11:30	Marko Pinterić , Tomislav Ivek, Silvia Tomić, Martin Dressel	<i>Postoji li multiferoičnost u 2D organskim antiferomagnetima?</i>	62
11:45	Ivica Smolić , Edgardo Franzin	<i>Skrivene konformne simetrije u blizini crnih rupa</i>	63
12:00	Loriano Bonora, Maro Cvitan , Predrag Dominis Prester, Silvio Pallua, Ivica Smolić	<i>Crne rupe i gravitacijski Chern-Simons ($D>3$)</i>	64

12:15	Željko Antunović, Vuko Brigljević, Senka Đurić, Nikola Godinović, Krešo Kadija, Marko Kovač, Damir Lelas, Jelena Luetić, Srećko Morović, Roko Pleština, Dunja Polić, Ivica Puljak	<i>Otkriće novog bozona detektorom CMS</i>	27
	<i>Završna riječ: Denis Sunko</i>		
12:45		zatvaranje 8. ZS HFD	

Popis postera

P1	Domagoj Kos , Marijan Bišćan, Nikša Krstulović	<i>Sudarne laserski proizvedene plazme</i>	69
P2	Deni Vale	<i>Reakcije neutrina i antineutrina niskih energija s atomskim jezgrama</i>	70
P3	Detlef Dürr, Mate Jagnjić , Nicola Vona	<i>Računanje vremenske distribucije u kvantnoj i Bohmovo mehanici</i>	71
P4	Antonija Grubišić Čabo , Mirta Herak, Boris Rakvin	<i>Magnetska anizotropija sustava sa spinskim tetramerima SeCuO_3</i>	72
P5	Andrea Kadović , Eduard Tutiš	<i>Transportna svojstva jako koreliranih sustava blizu nabojnog i spinskog uređenja</i>	73
P6	Andrea Horvat , Tea Mijatović, Suzana Szilner, PRISMA-CLARA kolaboracija	<i>Eksperimentalno određivanje multipolariteta elektromagnetskih prijelaza izazvanih reakcijama prijenosa nukleona</i>	74
P7	Vlasta Mohaček Grošev, Vladimir Šoštar	<i>Istraživanje niskotemperaturnih Ramanovih spektara glikolne i mliječne kiseline</i>	75
P8	Ivana Kurečić	<i>Razvoj i karakterizacija metoda rekonstrukcije događaja pri velikom broju vremenski bliskih sudara u budućem CMS detektoru</i>	76
P9	Ivan Sudić , Zdravko Siketić, Milko Jakšić	<i>Pretražna mikroskopija transmitiranih iona pomoću plinskog detektora</i>	77
P10	Tena Dubček , Vedran Vekić, Hrvoje Buljan, Neven Šantić, Gordana Kregar, Damir Aumiler, Ticijana Ban	<i>Konstrukcija umjetne Lorentzove sile i njen utjecaj na dinamiku hladnog atomskog oblaka</i>	78
P11	Marko Šoštar , Damir Aumiler	<i>Fluorescentna korelacijska spektroskopija</i>	79
P12	Toni Ščulac , Mario Novković, Jure Simunić, Larisa Zoranić, Davor Jurčić	<i>Statistička analiza prekursora antimikrobnih peptida kod žaba</i>	80
P13	Danijel Beserminji	<i>Požari kao kompleksni sustavi: primjer Dalmacije</i>	81
P14	Ivana Nikić , Margarita Krutyeva, Ana Bras	<i>Istraživanje utjecaja prostornih ograničenja na dinamiku gustih polimera sa širokopojasnom dielektričnom spektroskopijom</i>	82
P15	Jovica Ivkov, Ramir Ristić , Emil Babić, Ignacio A. Figueroa	<i>Hallov pojav i električna otpornost $\text{Cu}_{55}\text{Hf}_{45-x}\text{Ti}_x$ metalnih stakala</i>	83
P16	Antun Rubčić , Jasna Baturić-Rubčić	<i>Rezonance u gibanju planeta i satelita u sunčevom sustavu i planeta odabranih zvijezda</i>	84
P17	Marko Gaćeša , Vasili Kharchenko	<i>Direktna evaporacija molekula iz planetarnih atmosfera inducirana sudarima</i>	85
P18	Ivana Carević , Paul Bühler, Roman Čaplar, Mile Dželalija	<i>Istraživanje in-medium stvaranja Lambda hiperona u pionski induciranim reakcijama</i>	86
P19	Vedran Đerek , Mile Ivanda, Marijan Marcijuš, Mira Ristić, Svetozar Musić	<i>Određivanje dimenzija nanostrukture u poroznom siliciju iz efekata zatočenja</i>	87

P20	E. Tafra* , J. Heidler, J. Rhensius, D. Ilgaz, J. Nievendick, L. Heyne, D. Backes, T.A. Moore, A.v Schmidfeld, A.v Bieren, S. Krzyk, L.J. Heyderman, M. Kläui	<i>Generiranje i upotreba čiste difuzijske spinske struje u nelokalnim spinskim ventilima</i>	88
P21	Emil Babić , Ramir Ristić, Damir Pajić, Maria Zentkova	<i>Supravodljivost u titanovim amorfnim slitinama</i>	89
P22	Marko Karlušić , Oliver Ochedowski, Kolyo Marinov, Milko Jakšić, Marika Schleberger	<i>Modifikacije grafena snopovima brzih teških iona</i>	90
P23	Marina Poje , Branko Vuković, Vanja Radolić, Igor Miklavčić, Maja Strugačevac, Josip Planinić	<i>Ovisnost kozmičkog zračenja o geomagnetskoj širini na zrakoplovnim visinama</i>	91
P24	Denis Stanić , Vanja Radolić, Marina Poje, Branko Petrincec, Matko Mužević, Igor Miklavčić, Ivana Krpan, Branko Vuković	<i>Radioaktivnost u Ličko-senjskoj županiji</i>	92
P25	Marija Sorić¹ , Petar Popčević, Jovica Ivkov, Željko Bihar ² , Ana Smontara	<i>Fizikalna svojstva intermetalnih spojeva PdGa i PdIn</i>	93
P26	Zvonko Glumac , Katarina Uzelac	<i>Fisherove nule 1D feromagnetskog $q = 3$ Pottsovog modela s jednim zabranjenim stanjem</i>	94
P27	Dalibor Paar , Nenad Buzjak, Vanja Radolić, Andreja Sironić, Nada Horvatinčić	<i>Fizikalna istraživanja paleoekoloških procesa u hrvatskim špiljama</i>	95
P28	Paško Županović , Ivica Sorić, Tomislav Sorić	<i>Izotermna teorija Stirlingova motora</i>	96
P29	Ivan Kupčić, Zoran Rukelj , Slaven Barišić	<i>Fluktuacije vala gustoće naboja u dinamičkoj vodljivosti kvazi-1D Peierlovih sustava</i>	97
P30	Vinko Šurija , Ivica Živković, Krunoslav Prša, Henrik M. Ronnow	<i>Neelastično neutronske raspršenje na tetramerskom sustavu SeCuO_3</i>	98
P31	Mirta Herak , Dijana Žilić, Antonija Grubišić Čabo, Zoran Džolić	<i>Magnetska anizotropija novih Cu(II) oksalamidnih dimera dvostruko premoštenih halogenim elementima</i>	99
P32	Krešimir Jakovčić , Milica Krčmar, Biljana Lakić	<i>Eksperiment IAXO</i>	100
P33	M. Karlušić , M. Majer, M. Buljan, J. Sancho-Parramon, O. Gamulin, H.K. Jung, N.H. Lee, M. Jakšić	<i>Utjecaj snopova teških iona MeV-skih energija i gama zračenja na modifikacije amorfne SiO_2</i>	101
P34	Iva Šarić , Dalibor Merunka, Milan Jokić, Boris Rakvin, Marina Kveder	<i>Utjecaj neuređenosti matrice na dinamiku paramagnetskih centara: EPR spektroskopija krute trehaloze</i>	102
P35	Matija Čulo, Mario Basletić, Emil Tafra, Amir Hamzić, Bojana Korin-Hamzić	<i>Magnetotransportna istraživanja manganita $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ ($x > 0.5$)</i>	103
P36	Ivana Levatić , Ivica Živković, Krunoslav Prša	<i>Mapiranje faznog dijagrama $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ mjerenjem magnetske ac susceptibilnosti</i>	104
P37	Zlatko Vučić, Jadranko Gladić , Davorin Lovrić, Nazif Demoli, Vlatko Pandurić, Danijela Marović, Zrinka Tarle	<i>Uređaj za mjerenje polimerizacijskog skupljanja dentalnih kompozita niske viskoznosti</i>	105

P38	Tonči Cvitanić , Miroslav Požek, Damjan Pelc, Amit Keren, Eran Amit	<i>NMR i NQR istraživanje pseudoprocjepa u visokotemperaturnom supravodiču CaLaBaLaCuO</i>	106
P39	Damjan Pelc , Antonije Dulčić, Miroslav Požek, Mihael S. Grbić, Tonči Cvitanić	<i>Istraživanje nabojnih uređenja u monokristalima kupratih supravodiča</i>	107
P40	Slaven Lulić , Tomislav Žic, Bojan Vršnak	<i>Numerički model nastanka udarnih valova u Sunčevoj koroni</i>	108
P41	Tomislav Žic , Bojan Vršnak	<i>Nestabilnost i heliosfersko širenje koroninih izbačaja mase</i>	109
P42	Filip Torić , Marina Cindrić, Damir Pajić, Gordana Pavlović, Krešo Zadro	<i>Magnetska svojstva kompleksnih spojeva Ni(II) koordiniranih Schiffovim bazama</i>	110
P43	Miroslav Očko	<i>Da li je U^{4+}-ion jedno- ili mnogo-kanalni Kondo ion</i>	111
P44	Krunoslav Juraić , Davor Gracin, Daniel Meljanac, Antun Drašner, Jasper Rikkert Plaisier, Hrvoje Skenderović	<i>Strukturna i optička svojstva ZnO:Al tankih filmova pripremljenih magentronskim rasprašenjem</i>	112
P45	Nikolina Novosel , Stipe Galić, Damir Pajić, Željko Skoko, Krešo Zadro, Emil Babić	<i>Supravodljiva svojstva magnezijevog diborida dopiranog oksidima rijetkih zemalja</i>	113
P46	M. Ivanda , M. Balarin, O. Gamulin, V. Đerek, M. Kosović, D. Ristić, S. Music, M. Ristić	<i>Porozni silicij dobiven galvanostatskom elektrokemijskom anodizacijom slojeva epitakcijalnog silicija, polikristaliničnog silicija i silicija na izolatoru</i>	114
P47	Iva Movre Šapić , Lahorija Bistričić, Vesna Volovšek, Vladimir Dananić	<i>Vibracijska analiza polimera 3-glicidoksispropiltrimetoksisilana</i>	115
P48	Antonija Utrobičić , Nikola Radić, Joerg Grenzer, Rene Huebner, Mile Ivanda, Zdravko Siketić, Ivančica Bogdanović-Radović, Jordi Sancho Parramon, Tihomir Car, Vesna Janicki, Marko Jerčinović, Sigrid Bernstorff, Vaclav Holy, Maja Buljan	<i>Samouređenje nanočestica u Ge/Si i Si/Ge višeslojevima: formacija ljuska-jezgra strukture?</i>	116
P49	Dubravko Horvat, Saša Ilijić, Ana-marija Kirin , Zoran Narančić	<i>Fotonske sfere i bozonske zvijezde s neminimalnim vezanjem</i>	117
P50	M. S. Grbić, D.-N. Peligrad, M. Požek, T. Sasagawa, M. Greven, N. Barišić, A. Dulčić	<i>Mikrovalna fluktuacijska vodljivost u supravodiču LaSrCuO</i>	118
P51	Vlasta Mohaček Grošev , Aleksandar Maksimović, Martina Vrankić, Vladimir Dananić	<i>Istraživanje porijekla luminescentnih vrpca u ganitu ($ZnAl_2O_4$) dopiranom titanom</i>	119
P52	Marko Jusup, Velimir Labinac , Hiroyuki Matsuda	<i>Fizika metabolizma</i>	120
P53	Petar Stipanović , Leandra Vranješ Markić, Ivana Bešlić, Jordi Boronat	<i>Univerzalnost atomskih kvantnih halo klastera</i>	121
P54	Domagoj Kuić , Paško Županović, Davor Juretić	<i>Prediktivna statistička mehanika, produkcija entropije i neravnotežna teorija</i>	122
P55	Damir Aumiler , Ticijana Ban	<i>Lasersko hlađenje atoma pomoću optičkog frekventnog češlja</i>	123
P56	Sanja Josef Golubić , Cheryl J. Aine, Julia M. Stephen, John C. Adair, Janice E. Knoefel, Selma Supek	<i>Modulatorna uloga prefrontalnog generatora unutar slušne M50 kortikalne mreže</i>	124

P57	Milivoj Plodinec , Miran Ceh, Andreja Gajović	<i>Sinteza i "in - situ" ramanska spektroskopija barijevih titanatnih nanostruktura</i>	125
P58	Deša Jelavić Malenica, Tea Mijatović, Matko Milin , Đuro Miljanić, Lovro Prepolec, Natko Skukan, Neven Soić, Suzana Szilner, Vedrana Tokić, Milivoj Uroić, Maja Varga Pajtler, Mile Zadro	<i>Međuigra strukture i reakcija u eksperimentalnoj nuklearnoj fizici niskih energija</i>	126
P59	Ines Vlahović , Matko Glunčić, Marija Rosandić, Vladimir Paar	<i>Pronalaženje struktura repeticija višeg reda u genomu insekta <i>Tribolium castaneum</i> koristeći metodu Global Repeat Map</i>	127
P60	Tihomir Car , Jovica Ivkov, Marko Jerčinović, Nikola Radić	<i>Model kinetike relaksacije amorfnih Al-TE tankih filmova pod izokronim uvjetima</i>	128
P61	Zdenko Franić , Branko Petrincec	<i>Radioekološka istraživanja Jadranskog mora</i>	129
P62	Josip Brana , Jadranko Batista	<i>Kanonski formalizam za temeljna polja i spin-spin međudjelovanja</i>	130
P63	Iva Božičević Mihalić , Stjepko Fazinić, Tonči Tadić, Milko Jakšić	<i>Visoko razlučivi spektrometar X-zraka za ionsku mikroprobu</i>	131
P64	Đeni Smilović Radojčić, Gordana Žauhar , Slaven Jurković	<i>Osiguranje kvalitete ultrazvučnih uređaja koji se koriste u fizikalnoj terapiji</i>	132
P65	Maja Đekić , Amra Salčinović, Damir Dominko, Iva Šrut, Krešimir Salamon, Damir Starešinić, Katica Biljaković, Hanjo Schaefer, Jure Demšar, Gabriel Socol, Carmen Ristescu, Ion N. Mihailescu, Zdravko Siketić, Ivančica Bogdanović-Radović, Jacques Marcus	<i>Osobine tankih filmova kalijeve plave bronce (($K_{0.3}MoO_3$))</i>	133
P66	Nenad Pavin	<i>Mehanizam oscilacija jezgre pokretane molekularnim motorima</i>	134
P67	Ana Sušac , Sanja Josef Golubić, Andreja Bubić, Ralph Huonker, Theresa Gotz, Jens Haueisen, Selma Supek	<i>Učinak pažnje na najraniju magnetsku aktivnost mozga</i>	135
P68	Svemir Rudić	<i>Neelastično neutronske raspršenje i teorijsko istraživanje alfa i beta anomera metil-D-xylopiranoze</i>	136
P69	Neven Šantić , Gordana Kregar, Damir Aumiler, Hrvoje Buljan, Vedran Vekić, Tena Dubček, Ticijana Ban	<i>Karakterizacija dinamike oblaka hladnih atoma u magneto-optičkoj stupici inducirane vanjskim silama</i>	137
P70	Lucija Tikvica , Vuko Brigljević, Senka Đurić, Krešo Kadija, Jelena Luetić, Darko Mekterović, Srećko Morović, Roko Pleština, Ivica Puljak, Marko Kovač	<i>Mjerenja dvobozonskih procesa na LHC-u</i>	138
P71	Selma Supek , Roman Kosanović, Sanja Josef Golubić, Ana Sušac	<i>MEG istraživanja neurodinamike i topologije kortikalnih mreža evociranih vidnim podražajima rastuće veličine</i>	139
P72	Nikola Poljak , Jelena Luetić, Darko Mekterović, Filip Erhardt, Davit Chokheli, Vuko Brigljević	<i>Testiranje silicijskog piksel detektora na Institutu Ruder Bošković</i>	140
P73	Robert Beuc, Goran Gatalica , Mladen Movre	<i>Uniformna aproksimacija jednodimenzionalnih oscilirajućih integrala: primjena na optičke spektre dvoatomskih molekula</i>	141

P74	Amra Salčinović , Andrija Franjković, Senad Hatibović, Nusret Bajrović, Benjamin Fetić, Matej Lozančić, Maja Đekić, Suada Sulejmanović	<i>Dobivanje i karakterizacija parcijalno kristaliničnog metalnog stakla CuZrAl</i>	142
P75	Marijana Varašanec, Robert Peter , Mladen Petravić	<i>Karakterizacija točkastih defekata u bor nitridnim nanocjevčicama korištenjem apsorpcijske spektroskopije rentgenskog zračenja</i>	143
P76	Marko Šušak , Hrvoje Šušak, Stjepan Sabolek, Denis Stanić, Emil Babić	<i>Zapinjanje domenskih zidova na površinskim domenama u amorfnom feromagnetu VIT-ROVAC 6025Z</i>	144
P77	Vanja Radolić , Željka Mioković, Andrea Baković, Željka Jarabek	<i>Procjena uvjerenosti studenata tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku u neke temeljne fizikalne koncepte</i>	145
P78	Andreja Gajović , Ivana Jerčinović, Ines Bosak, Maja Dutour Sikirić, Damir Iveković, Vesna Babić Ivančić	<i>Istraživanje interakcije kalcijevih fosfata i titanatnih nanocjevčica za premaze koštanih implantata</i>	146
P79	Petar Popčević, Ante Bilušić ¹ , Ana Smontara	<i>Termoelektrična svojstva ikozaedarskih i dekaogonalnih kvazikrista</i>	147
P80	Krešimir Kumerički	<i>Struktura protona pomoću budućeg sudarivača elektrona i iona</i>	148

Sažeci pozvanih predavanja

Akceleratori, ionski snopovi i dijamantni detektori – između fizike materijala i fizike visokih energija

Milko Jakšić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Bijenička cesta 54, Zagreb*

Iako su nastali kao instrumenti nuklearne fizike za što se i sada često koriste, elektrostatski akceleratori su danas dominantno instrumenti fizike materijala. Dijamant je pak jedan od materijala koji je zbog svojih jedinstvenih svojstava, a uz razvoj tehnologije rasta vrlo čistih monokristala, postao sve interesantniji u raznim inovativnim tehnološkim primjenama.

Ioni MeV-skih energija ubrzani u elektrostatskom akceleratoru ionizacijom u materijalu induciraju nabojni signal što se može iskoristiti za mikroskopsku karakterizaciju električnih transportnih svojstava dijamanta. S druge strane ioni unose i defekte a posebno na kraju svog dosega te se električna transportna svojstva dijamanta tada mogu bitno promijeniti. U graničnim slučajevima dolazi čak i do grafitizacije što je baza razvoja svojevrsne 3D litografije kod koje se vodljivi grafitizirani kanali fokusiranim ionskim snopom direktno upisuju u dijamant.

Razvojem ovih metoda se na IRB-u ušlo u rad nekoliko međunarodnih kolaboracija i projekata vezanih uz razvoj raznih inovativnih sklopova kao što su: a) detektori povećane otpornosti na zračenje s 3D elektrodama za slijedeću generaciju detektora CERN-a, b) tanki membranski detektori prolaska pojedinačnih iona iz vakuuma u zrak, c) biosenzori na bazi dijamanta. Uz ove teme će u predavanju biti prikazani i drugi primjeri razvoja novih metoda i instrumentacije sa ciljem profiliranja akceleratorskog sustava IRB-a prema prepoznatljivom regionalnom evropskom infrastrukturnom centru.

Nanopore i nanokapilare – izazovi i mogućnosti u identifikaciji proteina i DNK molekula

Aleksandra Rađenović¹

¹*École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Švicarska*

Nano-pore u tankim membranama silicijevog (IV)-nitrida ili 2-D materijalima, kao što su grafen, omogućuju brzu karakterizaciju i identifikaciju pojedinih bioloških molekula. Glavna prednost fabriciranih nanopora pred biološkim porama jest da se one mogu lako integrirati u kompaktne uređaje s nekoliko tipova detekcije te da su kompatibilne s implementacijom tehnika kao što je optička stupica [1]. Međutim njihova izrada zahtijeva pristup čistoj sobi te transmisijском elektronskom mikroskopu. Takav proces izrade skup je i dugotrajan. Nedavno smo pokazali da je moguće kontrolirati veličinu nano-pora u staklenim kapilarama. Pore u staklenim kapilarama prvo su definirane korištenjem standardnog laserskog izvlakača. Nakon toga veličina i oblik nano-pore staklenoj u kapilari je definirana korištenjem skenirajućeg elektronskog mikroskopa (2). U ovom predavanju predstaviti ću komparativne prednosti obje vrste nano-pora.

[1] E. H. Trepagnier, A. Radenovic, D. Sivak, P. Geissler, J. Liphardt, Controlling DNA capture and propagation through artificial nanopores. *Nano Lett* 7, 2824 (Sep, 2007)

[2] L. J. Steinbock, J. F. Steinbock, A. Radenovic, Controllable Shrinking and Shaping of Glass Nanocapillaries under Electron Irradiation. *Nano Lett* 13, 1717 (Apr 10, 2013).

Nuklearni energijski funkcionali gustoće

Dario Vretenar¹

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Jedno od najvažnijih otvorenih pitanja moderne fizike je: Kako su i gdje nastali svi elementi između željeza i urana? Iako je do danas u laboratorijima sintetizirano više od tri tisuće vrsta atomskih jezgri, ovaj broj predstavlja samo dio izotopa koji mogu nastati u prirodi. Nestabilne jezgre s vrlo kratkim vremenima poluraspada odlikuju se neočekivanim svojstvima: dimenzijama i oblicima koji se značajno razlikuju od onih koje nalazimo kod najbližih stabilnih jezgri, egzotičnim modovima kolektivnih pobuđenja, raspadima emisijom čestica. Istraživanja kvantnih sistema na femtometarskoj skali važna su i zbog njihove uloge u astrofizičkim procesima, posebno u procesu nukleosinteze u kojem nastaje najveći dio vidljive tvari u Svemiru.

Glavni cilj teorijskih istraživanja je razvoj jedinstvene mikroskopske teorije koja će omogućiti obuhvatan i samosuglasan opis globalnih svojstava jezgri, njihovih pobuđenja i reakcija. Posebno važnu ulogu ima pristup zasnovan na teoriji energijskih funkcionala gustoće, koji je moguće primijeniti na sve jezgre periodnog sustava, od lakih do superteških, te od stabilnih jezgri do egzotičnih sistema daleko od doline stabilnosti koji još uvijek nisu dostupni u eksperimentima. Ovaj pristup omogućuje i uspostavljanje direktne veze između kvantne kromodinamike i fenomenologije nuklearne fizike niskih energija.

Nuklearni energijski funkcionali uključuju gustoće i struje koje opisuju raspodjelu nukleona, njihovih spinova, impulsa i kinetičkih energija. U praktičnim primjenama član funkcionala koji opisuje izmjene i korelacije računa se približno, pa je jedan od glavnih pravaca istraživanja razvoj metoda koje omogućuju izgradnju preciznih i kontroliranih aproksimacija za nuklearni funkcional izmjene i korelacija. Modeliranje spektroskopije i reakcija zahtijeva proširenje modela zasnovanih na energijskim funkcionalima gustoće uključivanjem kolektivnih korelacija koje potječu od ponovnog uspostavljanja simetrija slomljenih na razini srednjeg polja i kvantnih fluktuacija oko minimuma srednjeg polja. Ovi se modeli primjenjuju u opisu niza fenomena određenih evolucijom strukture ljusaka, posebice koegzistencije oblika i kvantnih faznih prijelaza oblika atomskih jezgri.

Biofizikalni senzori stanične fiziologije na nivou individualanih stanica

Teuta Piližota¹

¹*University of Edinburgh, UK*

Za aplikacije u bioindustriji integracija dizajniranog genetskog kruga u bakterijsku stanicu koja služi kao domaćin predstavlja veliki izazov, budući da postoji jaka zavisnost između genetskog kruga i fiziološkog stanja stanice. Tako, na primjer, različiti vanjski uvjeti rasta rezultiraju različitom brzinom rasta, različitim volumenom, a time i različitim RNA i proteinskim sadržajem bakterijskih stanica [1, 2]. Promjena osmolarnosti vanjskih uvjeta jedan je od mogućih modulatora brzine rasta, gdje točni razlozi te promjene nisu poznati. Promatrajući individualne stanice za vrijeme promjena u vanjskoj osmolarnosti pokazat ću najprije morfološke promjene bakterijske stanice neposredno nakon osmotskog šoka [3]. Zatim ću pokazati da faza oporavka rezultira obnavljanjem volumena na inicijalnu vrijednost, neposredno nakon čega stanica nastavlja rasti usporeno. Diskutirat ću razvoj biofizičkih senzora kojima se više promjena u fiziološkom stanju stanice može istovremeno promatrati na jednoj stanici, kako bi se dobio odgovor na pitanje koja od njih i u kojem udjelu utječe na promjenu brzine rasta stanica. Detektiranje promjena u fiziološkom stanju može poslužiti kao robustan okvir za maksimizaciju i kontrolu kvalitete dizajniranih genetičkih modula integriranih u bakterijsku stanicu, od biosenzora do bioreaktora.

[1] M. Scott, C. W. Gunderson, E. Mateescu, Z. Zhang and T. Hwa *Science* 330: 1099-1102 (2010)

[2] S. Klumpp, Z. Zhang and T. Hwa *Cell* 139: 1366-1375 (2009).

[3] Pilizota T and Shaevitz JW, *Biophysical Journal*, (2013),
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bpj.2013.05.011>

Skirmioni – topološki uređeni magneti

Ivica Živković¹

¹*Institut za fiziku, Bijenička 46, 10000 Zagreb, Hrvatska*

Topologija je grana matematike koja se bavi geometrijskim oblicima i njihovim svojstvima koja ostaju invarijantna na određene transformacije. Najjednostavniji primjer geometrijskih tijela sa različitim topološkim svojstvima su sfera i torus. Topološki koncepti su u zadnjih nekoliko godina znatno utjecali na razvoj pojedinih područja unutar fizike čvrstog stanja. Poznati primjer su topološki izolatori, materijali koji su metalni samo na površini i čija stanja su topološki zaštićena na perturbacije. S druge strane, spinski sustav koji je topološki različit od klasičnih feromagnetskih i antiferomagnetskih struktura je rešetka skirmiona. Pojedinačni skirmion je 2D vrtlog magnetskih momenata koji u ravnini formiraju heksagonalnu rešetku sa veličinom jedinične ćelije znatno većom od udaljenosti između najbližih momenata. Takva rešetka je do sada opažena u feromagnetskom poluvodiču $MnSi$ te od nedavno i u izolatoru Cu_2OSeO_3 u relativno malom području faznog dijagrama temperatura-magnetsko polje. Međutim, za tanke filmove skirmionsko područje se drastično širi i postaje stabilno u većem dijelu uređene faze. Ti materijali također pokazuju magneto-električni efekt, gdje primjenom električnog polja dolazi do promjene magnetizacije sustava. Naši rezultati na Cu_2OSeO_3 upućuju na zaključak da postoji linearna veza između primjenjenog električnog polja i kuta rotacije skirmionske rešetke. Također, opaženo je da na rubovima skirmionske faze dolazi da snažnog odziva u magneto-električnoj susceptibilnosti. Predstaviti ćemo mikroskopske mehanizme koji dovode do formacije skirmiona u ovim materijalima te na koji način fluktuacije iznad faznog prijelaza utječu na promjenu njegovog karaktera. Osrnut ćemo se i na magneto-električno vezanje koje je posljedica hibridizacije d-orbitala na ionima bakra i p-orbitala na ionima kisika.

Novi izazovi u primjeni plazme na zraku i u tekućinama

Slobodan Milošević¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Tehnološki napredak omogućio je jednostavnu konstrukciju minijaturnih plazma izvora koji rade na atmosferskom tlaku zraka ili pak u kontaktu sa ili unutar samih tekućina. Zbog primjene visoko frekventnih EM polja za pobudu i velikog odnosa masa elektrona i masa iona u mediju, takve su plazme uglavnom hladne (blizu sobne temperature). To, uz činjenicu da je plazma bogata raznim radikalima, omogućava niz primjena plazme. Tako se one koriste u medicinskim i biomedicinskim primjenama za površinske modifikacije biomedicinskih uređaja, sterilizaciju ili pri terapijskim tehnikama sterilizacije otvorenih rana i tretmana raka. Također primjene se šire u novim tehnologijama za pripremu hrane ili pak za pročišćavanje voda. Praktički za koju god namjenu se dosad upotrebljavala niskotlačna plazma traže se načini kako uvesti atmosferske plazme. Dvije nove COST akcije svjedoče o aktualnosti i interdisciplinarnosti navedenih istraživanja [1,2].

Za fizičare glavni izazov leži u potrebi standardizacije plazma izvora i plazma dijagnostici za vrijeme primjene plazme, te modeliranju složenih procesa međudjelovanja plazme s kondenziranom materijom. U tu svrhu modificiraju se postojeće i razvijaju nove spektroskopske tehnike, emisijske i apsorpcijske.

Na Institutu za fiziku razvijamo nekoliko različitih plazma izvora baziranih na električnim izbojima prilagođenih primjenama u stomatologiji, u procesuiranju hrane ili za tretman tumorskih tkiva. No pored elektrona za stvaranje plazme koristimo i fotone (lasere). I tada govorimo o laserski proizvedenim plazmama na zraku ili u tekućinama. Fotoni stvaraju različite plazme, po sastavu i EM karakteristikama i otvaraju nove mogućnosti za primjene.

[1] COST Action MP1101 Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology

[2] COST Action TD1208 Electrical discharges with liquids for future applications

Razvoj galaksija kroz povijest svemira

Vernesa Smolčić¹

¹*Sveučilište u Zagrebu, PMF, Fizički odsjek*

Razumjeti kako galaksije nastaju u ranom svemiru te njihov daljnji razvoj je jedan od glavnih ciljeva u opažачkoj astrofizici. Pankromatski pregledi neba su u posljednjoj dekadi doveli do znatnog napretka u tom kontekstu te sada ulazimo u 'zlatno doba' opažачke astronomije zahvaljujući novim instrumentima, poput Jansky Very Large Array (JVLA), Australia Telescope Compact Array (ATCA) and Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), koji omogućavaju napredak od reda veličine. U predavanju ću predstaviti state-of-the-art rezultate o razvoju galaksija kroz povijest svemira, izvedene iz pregleda neba poput COSMOSa te ću završiti s daljnjom perspektivom, ističući razvoj opažачke astrofizike na Fizičkom odsjeku PMFa.

Interkalacija pod epitaksijalni grafen

Predrag Lazić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Grafen je novi materijal od velikog interesa za moguće praktične primjene. Trenutno se grafen proizvodi tako da se narasta na nekoj od metalnih površina - kao što je npr. površina Ir (111). Grafen s površinom iridija kemijski interagira vrlo slabo zbog čega su sačuvana njegova elektronska svojstva (Diracov stožac). Na takav grafen pušteni su atomi cezija (i europija). Atomi cezija najprije adsorbiraju na površinu grafena, ali ponešto iznenađujuće nakon određene koncentracije započinje njihova interkalacija pod površinu grafena. U ovom radu je eksperimentalno i teorijski proučavan ovaj proces. S teorijske strane korištenjem teorije funkcionala gustoće došlo se do slaganja s eksperimentom ali tek nakon uključivanja nelokalne elektronske korelacije - tj. van der Waalsove interakcije. Osim same interkalacije proučavana je tendencija daljnje adsorpcije atoma na područja grafena gdje već postoji interkalacija.

Otkriće novog bozona detektorom CMS

Željko Antunović¹, Vuko Brigljević², Senka Đurić², Nikola Godinović³, Krešo Kadija², Marko Kovač³, Damir Lelas³, Jelena Luetić², Srećko Morović², Roko Pleština³, Dunja Polić³, Ivica Puljak³

¹Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Split

²Institut Ruđer Bošković, Zagreb

³Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split

U ljeto 2012. godine CMS kolaboracija objavila je otkriće nove čestice, nakon analize rezultata iz sudara protona na energijama u centru mase od 7 TeV i 8 TeV i prikupljenih podataka koji odgovaraju integriranom luminozitetu od 10.4 fb^{-1} [1]. Potraga za novom česticom je izvršena u pet modova raspada, $\gamma\gamma$, ZZ , WW , $\tau\tau$ i $b\bar{b}$, te predstavlja nove rezultate nakon dvije godine potrage na novim energijama [2], [3]. Uočen je višak događaja iznad očekivane pozadine, s lokalnom značajnošću većom od 5.0 standardnih devijacija. Nakon akumuliranih 17.3 fb^{-1} podataka izmjerena masa nove čestice kroz kanal raspada u četiri leptoni (elektroni i mioni) iznosi $126.2 \pm 0.6 \text{ (stat.)} \pm 0.2 \text{ (syst.) GeV}$, te su procijenjeni spin i parnost [4]. Pod pretpostavkom da se radi o čestici spina 0, podaci su konzistentni s čistom skalarnom hipotezom, te u velikoj mjeri odbacuju hipotezu o čistoj pseudoskalarnom česticom.

[1] CMS Collaboration, Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC, Phys.Lett. **B716** (2012) 30-61

[2] CMS Collaboration, Combined results of searches for the standard model Higgs boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$, Phys.Lett. **B710** (2012) 26-48

[3] CMS Collaboration, Search for the Standard Model Higgs Boson in the Decay Channel $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$ in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$, Phys. Rev. Lett. **108**, 111804 (2012)

[4] CMS Collaboration, Study of the mass and spin-parity of the Higgs boson candidate via its decays to Z boson pairs, Phys. Rev. Lett. **110** (2013) 081803

Sažeci usmenih izlaganja

Kvantna fizika na dlanu

Marin Karuza², Ciro Biancofiore¹, Chiara Molinelli¹, Marco Galassi¹,
Riccardo Natali¹, Paolo Tombesi¹, Giovanni Di Giuseppe¹, David Vitali¹

¹*Odjel za fiziku i Centar sa mikro nano znanosti i tehnologije, Sveučilište u Rijeci*

²*School of Science and Technology, Physics Division, University of Camerino, Italija*

U atomskim sistemima elektromagnetski inducirana prozirnost (EIT) je poznata i proučena pojava. Tek nedavno je sa razvojem polja optomehanike, opažena analogna pojava, optomehanički inducirana prozirnost (OMIT) koristeći makroskopske oscilatore. OMIT je opažen na sobnoj temperaturi i poluprozirnom membranom smještenom u sredini Fabry-Perotova rezonatora. U odgovarajućim uvjetima opažena je destruktivna interferencija dvaju prijelaza između energetske nivoa koja uzrokuje izbacivanje svjetlosti iz rezonatora. Isto tako svjetlost je bila usporena za više stotina mikrosekundi. Usporenje može biti lako odabrano pomicanjem membrane paralelno s optičkom osi. Uz promjenu eksperimentalnih uvjeta moguće je dobiti konstruktivnu interferenciju koja je opažena kao pojačanje svjetlosti na izlazu rezonatora.

[1] M. Karuza et al. New J. Phys 14, 095015C (2012)

[2] M Karuza et al. J. Opt. 15, 025704 (2013)

Optička i dielektrična svojstva κ -(BEDT-TTF)₂Hg(SCN)₂(Cl,Br) blizu prijelaza iz metala u izolator

Tomislav Ivek¹, Rebecca Beyer², Natalia Drichko³, Rimma N. Lyubovskaya⁴,
Martin Dressel²

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

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

³*Johns Hopkins University, Baltimore, SAD*

⁴*Institut problema kemijske fizike, Ruska akademija znanosti, Černogolovka, Rusija*

Fenomen multiferoičnosti je u samom centru interesa fizike čvrstog stanja zbog fundamentalnog karaktera i obećavajuće primjene. Među mnogim materijalima-kandidatima nov interes usredotočen je na κ -(BEDT-TTF)₂CuX, obitelj kvazi-2D organskih vodiča, koja pokazuje istaknuti dielektrični odziv u fazi sa spinskim korelacijama [1]. Zagonetno je da u ovim spojevima infracrvena vibracijska spektroskopija [2] ni NMR [3] ne nalaze disproporcijaciju naboja koja je osnovni preduvjet za električne dipole u feroelektričnoj fazi.

S druge strane, srodni no još neistraženi spojevi na bazi živinih aniona, κ -(BEDT-TTF)₂Hg(SCN)₂(Cl,Br), donose prve direktne dokaze za disproporcijaciju naboja ispod prijelaza iz metala u izolator. Ovdje predstavljamo detaljno istraživanje uz pomoć infracrvene i dielektrične spektroskopije, te mjerenja dc vodljivosti s posebnim naglaskom na κ -(BEDT-TTF)₂Hg(SCN)₂Br. Pokazat ćemo spektre u dalekom i srednjem infracrvenom području te niskofrekventni dielektrični odziv između 300 K i 8 K duž sve tri principalne optičke osi i diskutirati egzotična obilježja u svjetlu nedavnih teorijskih opisa. Posebno ćemo promotriti ponašanje ν_{27} , molekulskog vibracijskog moda osjetljivog na naboj, u usporedbi s κ -fazama na bazi bakra [2,4] i uređenjem naboja kakvog nalazimo u dobro istraženom sustavu α -(BEDT-TTF)₂I₃ [5].

[1] M. Abdel-Jawad *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 125119 (2010); P. Lunkenheimer *et al.*, Nat. Mater. **11**, 755 (2012)

[2] K. Sedlmeier *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 245103 (2012)

[3] Y. Shimizu *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 140407 (2006); K. Kanoda (privatna komunikacija)

[4] M. Pinterić *et al.*, Eur. Phys. J. B **11**, 217 (1999); S. Tomić *et al.*, arXiv:1210.3566

[5] T. Ivek *et al.*, Phys. Rev. Lett. **104**, 206406 (2010); Phys. Rev. B **83**, 165128 (2011); Phys. Rev. B **86**, 245125 (2012)

Multidisciplinarni projekt FAIR

Zoran Basrak¹, Igor Gašparić¹, Mladen Kiš²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt*

Nedaleko Frankfurta u izgradnji je akceleratori centar FAIR - Facility for Antiproton and Ion Research [1]. Snopovi iona od vodika do urana ubrzani do energije od 20 GeV po nukleonu uz neposredno korištenje u mjerenjima proizvodit će sekundarne, tzv. egzotične snopove - antiprotone i radioaktivne atomske jezgare. Intenziteti tih snopova bit će do 10 000 puta viši od današnjih što će omogućiti danas nedostupna istraživanja u nizu disciplina. Razvojem tehnologije ujednačavanja energije čestica snopa ostvareno je pohranjivanje snopova u tzv. prstenove za pohranu (*storage ring*), te se time omogućava da isti snop višekratno udara u metu. Predviđeno je nekoliko prstenova za pohranu tih snopova, uključujući i ultrahladne snopove energije od samo nekoliko elektronvolti.

Centar FAIR čine četiri temeljna istraživačka projekta koja se ostvaruju u okviru četiri velike međunarodne suradnje:

- APPA - Atomic, Plasma Physics and Application. Ova suradnja koordinira izradu detekcijskih sustava i razradu znanstvenih programa koji će primjenjivati raznorodne snopove iona u proučavanju novih materijala u fizici kondenzirane tvari, te za mjerenja u atomskoj fizici, fizici plazme i biofizici.
- CBM - Compressed Baryonic Matter. Suradnja će proučavati visokostlačenu nuklearnu tvar pri umjerenom zagrijavanju sustava. Potraga za trostrukom točkom nuklearnog dijagrama faza je najistaknutiji cilj ove suradnje.
- NuSTAR - Nuclear Structure, Astrophysics, and Reactions. Suradnja NuSTAR poput suradnje APPA priprema koktel od desetak raznorodnih eksperimenata s radioaktivnim snopovima, od niskih do relativističkih energija. Okosnicu fizikalnih motivacija ove suradnje čini doprinos u razumijevanju tzv. energije simetrije, odnosno onog člana nuklearne jednadžbe stanja koji opisuje doprinos uzrokovan razlikom u svojstvima protona i neutrona, člana bitnog za opis astrofizičkih fenomena eksplozije supernova i kompaktnih zvijezda (neutronske zvijezde, kvazari).
- PANDA - Proton Antiproton annihilations at Darmstadt. Ova suradnja koristi osobitost antiprotona da u atomskoj jezgri na koju naleti uzrokuje vrlo jako, a izrazito lokalizirano zagrijavanje. Fizikalna motivacija suradnje PANDA su doprinosi proučavanju jakog međudjelovanja i složene neperturbativne prirode kvantne kromodinamike.

Mi smo uključeni u podsuradnju R³B (Reactions with Relativistic Radioactive Beams) suradnje NuSTAR. U izlaganju će biti predstavljen kratki pregled znanstvenih motivacija za sva navedena četiri temeljna projekta akceleratoriškog centra FAIR.

[1] <http://www.fair-center.eu/for-users/experiments/>

Korugirani grafen: zašto ravna grafenska plahta nije uvijek poželjna

Iva Šrut¹, Vesna Mikšić Trontl¹, Petar Pervan¹, Fabian Craes², Thomas Michely², Carsten Busse², Marko Kralj¹

¹*Institut za fiziku, Bijenička 46, 10000 Zagreb*

²*II. Physikalisches Institut, Universität zu Köln, Zùlpicher StraÙe 77, 50937 Köln, Njemačka*

Grafen je atomski tanak materijal kojeg tvori heksagonalna mreža ugljikovih atoma i zbog svojih izuzetnih svojstava smatra ga se obećavajućim materijalom za upotrebu u budućim elektroničkim uređajima. Ali potencijalnu upotrebu u, na primjer, novim tranzistorima ograničava činjenica da je grafen polumetal, to jest da nema procjep u svojoj elektronskoj strukturi. Stoga je u istraživanju grafena veliki naglasak stavljen na razne načine modifikacije grafenske elektronske strukture i moguće otvaranje procjepa. Teorijski takav inženjering elektronske strukture mogao bi se postići, između ostalog, uvođenjem periodičkog potencijala ili naprežanja u grafenski sustav. Ovdje donosimo istraživanje rasta grafena na periodički stepenastoj površini Ir(332) [1], koje predstavlja potencijalnu eksperimentalnu realizaciju navedenih teorijskih predviđanja. Grafen je na površini Ir(332) dobiven kombinacijom dva procesa rasta: temperaturno kontroliranim rastom i depozicijom kemijskih para. Dobiveni sustav je karakteriziran s više strukturnih i spektroskopskih tehnika kao što je skenirajuća tunelirajuća mikroskopija i spektroskopija, nisko-energetska elektronska difrakcija, kutno razlučiva fotoemisijaska spektroskopija itd. Pokazali smo da dobiveni grafen prekriva cijelu površinu uzorka ali i uzrokuje značajno restrukturiranje površine iridija, pri čemu se stvaraju široke terase omeđene visokim grupama stepenica. Strukturna i elektronska svojstva tako korugiranog grafena se uvelike razlikuju ovisno o rotaciji grafena u odnosu na površinu iridija i o položaju grafena na terasi ili na stepenicama. Rast grafena na stepeničastoj površini predstavlja dobar način ostvarivanja strukturne modulacije grafena što u konačnici utječe na njegova elektronska svojstva.

[1] I. Šrut et al. Carbon 56 (2013) 193-200

Utjecaj kristalnih defekata na fazna pobuđenja u valovima gustoće naboja

Damir Dominko¹, Damir Starešinić¹, Katica Biljaković¹, Zdravko Siketić²,
Milko Jakšić², Alois Loidl³, Peter Lunkenheimer³

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

³*Institut für Physik, Experimental Physik V, Universität Augsburg, Njemačka*

U ovom izlaganju predstaviti ću utjecaj defekata na svojstva niskoenergetskih pobuđenja faze vala gustoće naboja (VGN) u ozračenim i dopiranim uzorcima VGN sistema $\alpha - \text{TaS}_3$. Smrzavanje fazne dinamike na temperaturi T_G , kao dio složenih svojstva niskoenergetskih pobuđenja u VGN sistemima, posljedica je vezanja VGN-a s kristalnim defektima i slobodnim nosiocima naboja. Predloženi kriterij smrzavanja¹, prema kojem je T_G određena brojem slobodnih nosilaca naboja u domeni korelacije faze VGN-a je potvrđen na uzorcima sa širokim rasponom udjela defekata. Transportna i dielektrična mjerenja, u širokom temperaturnom, naponskom i frekventnom području, pokazuju da defekti uzrokuju promjenu polja praga nelinearnog vođenja, niskofrekventne dinamike i dielektrične konstante, ali ne i linearne vodljivosti iznad T_G . Ispod T_G efekti su obrnuti, opažena je samo promjena u linearnoj vodljivosti. Također je potvrđeno da nelinearni kanal vodljivosti, prisutan ispod T_G , ima karakter skokova varijabilnog dosega.

[1] D. Starešinić, K. Biljaković, W. Brütting, K. Hosseini, P. Monceau, H. Berger i F. Levy, Phys. Rev. B 65 (2002) 16

Tranzijentni odziv i raspodjela dubokih stanja u amorfnim organskim filmovima

Ivan Jurić¹

¹*Institut za fiziku, Bijenička 46, Zagreb*

U amorfnim organskim poluvodičima elektronski transport se odvija stohastičkim skokovima među prostorno lokaliziranim polaronskim stanjima. Poznato je da nered u energijama stanja dominantno određuje transportna svojstva, poput izrazito nelinearne elektronske mobilnosti. Prihvaćen i dosada najuspješniji model transporta postulira da je energijska raspodjela lokaliziranih stanja normalna (gausijan).

Jedna od metoda za određivanje mobilnosti nosioca, a i ocjenu injekcijske učinkovitosti elektroda, u tankim organskim filmovima je mjerenje tranzijenta struje pri uključivanju napona (DITS). [1,2] U mnogim polimernim materijalima ova metoda pokazuje karakterističan trnući tranzijentni odziv, povezan sa zarobljavanjem naboja u dubokim stanjima. [2] Istraživačke grupe donedavno nisu pokazivale veće zanimanje za ovo atenuacijsko ponašanje i njegovu kompatibilnost s postojećim transportnim modelima. Nedavni rad, koji demonstrira jak utjecaj povezanih memorijskih učinaka na izmjerene mobilnosti, promijenio je donekle trend. [3]

Istražili smo kakve otisak različite energijske raspodjele elektronskih stanja ostavljaju u DITS tranzijentnom odzivu. [4] Istraživanje je provedeno sa, za tu svrhu razvijenom, trodimenzionalnom simulacijom elektronskog transporta skokovima u tankim organskim filmovima. Nalazimo da općenito prihvaćen model transporta, kroz normalnu raspodjelu stanja, *ne može* objasniti atenuaciju struje opaženu u polimernim filmovima. Za replikaciju takvog odziva, potrebno je da raspodjela stanja ima *širok*, eksponencijalan rep. Pokazujemo također da pojava strujne atenuacije utječe na interpretaciju rezultata DITS metode na slabim poljima – uzrokujući *privid* povećane tranzijentne mobilnosti i snižene injekcijske učinkovitosti elektrode.

Ovo istraživanje provedeno je u sklopu zajedničkog projekta Instituta za fiziku i National Physical Laboratory u Londonu, kojeg je financirala Europska pokrovna metrološka udruga (EURAMET).

[1] A. Many and G. Rakavy, Phys. Rev. **126**, 1980 (1962).

[2] vidi npr.: D. Poplavskyy, W. Su, and F. So, J. Appl. Phys **98**, 14501 (2005).

[3] T. Esward, *et al*, J. Appl. Phys. **109**, 93707 (2011).

[4] I. Jurić, E. Tutiš, *u pripremi*.

Utjecaj termičkog tretmana na strukturna i optička svojstva amorfnano-kristaliničnog Si filma

Davor Gracin¹, Daniel Meljanac¹, Krunoslav Juračić¹, Andreja Gajović¹, Sigrid Bernstorff², Pavo Dubček¹, Antun Drašner¹, Miran Čeh³

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb*

²*Elettra-Sincrotrone Trieste, SS 14, km 163.5, 34149 Trieste, Italy*

³*Jožef Stefan Institute, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia*

Hydrogenizirani amorfnano-kristalinični Si, a-nc-Si:H, je obećavajući materijal za visoko efikasne solarne ćelije. Da bi provjerili stabilnost ovakvog materijala i ispitali mogućnosti naknadnog tretmana, uzorci su nakon formiranja izloženi termičkom tretmanu u trajanju od jednog sata na temperaturama 200, 300 i 400 °C.

Uzorci su napravljeni na staklenoj podlozi koristeći radio-frekventni izboj u smjesi silana i vodika u omjeru 1:20. Strukturne osobine tek napravljenih i tretiranih filmova su mjerene elektronskim mikroskopom visoke rezolucije (HRTEM), raspšanjem x-zraka pod malim ili velikim kutem a uz mali upadni kut (GISAXS, GIWAXS) i Ramanovom spektroskopijom.

HRTEM mikrofografije su pokazale da inicijalni filmovi sadrže izolirane nano-kristale sa log-normalnom distribucijom individualnih veličina i srednjom veličinom između 5 i 8 nano metara. Udio kristalne faze ocijenjen na temelju Ramanove spektroskopije je iznosio između 0.2 i 0.4, ovisno o parametrima pripreme. Transverzalni optički (TO) maksimum nano-kristala u Ramanovim spektrima tek napravljenih filmova se nalazio na nižim frekvencijama nego kod mono-kristalnog silicija. Poslije termičkog tretmana, ovaj maksimum se pomicao prema još nižim frekvencijama.

GISAXS spektri su pokazivali prisustvo čestica veličina sličnih onima viđenim elektronskom mikroskopijom. Analiza difrakcijskih linija u GIWAXS spektrima je pokazala da veličine nano-kristala odgovaraju onima očekivanim na temelju mikroskopskih snimaka i da u uzorcima postoje deformacije kao posljedica naprezanja. Nakon termičkog tretmana, kritični kut za totalnu vanjsku refleksiju, mjeren GISAXS-om, se postepeno povećavao porastom temperature tretmana, indicirajući povećanje gustoće materijala. Istovremeno, linije u GIWAXS spektrima su se proširile što se može pripisati povećanju naprezanja u materijalu.

Optička svojstva filmova su određena iz mjerenja transmisije i refleksije svjetla u vidljivom dijelu spektra. Inicijalni optički procijep a-nc-Si:H je bio veći od amorfno i kristaliničnog Si što može biti posljedica „kvantnih ograničenja zbog veličine“ („quantum size effects“) i/ili povećane koncentracije veza Si-H u amorfnoj matrici. Kao posljedica termičkog tretmana, optički procijep se smanjuje, apsorpcija za energije fotona iznad optičkog procijepa opada a ona ispod njega raste.

Opazene promijene u optičkim i strukturnim svojstvima se mogu pripisati smanjenju koncentracije vodika u sloju i njegovoj preraspodjeli u filmu.

Nekomenzurabilni val gustoće spina i pseudoprocjep u kupratnim visokotemperaturnim supravodičima

Goran Nikšić¹, Denis Sunko¹, Slaven Barišić¹

¹*Sveučilište u Zagrebu, PMF - Fizički odsjek*

Eksperimenti elastičnog raspršenja neutrona u poddopiranim kupratnim visokotemperaturnim supravodičima opažaju magnetsko uređenje, val gustoće spina (SDW), koji je na niskim temperaturama komenzurabilan (iako blizu antiiferomagnetskog, AF) s rešetkom, a valni vektor odstupanja od AF jako ovisi o dopiranju. Za zadano dopiranje na višim temperaturama, sve do temperature pseudoprocjepa T^* , to uređenje teži postati AF-komenzurabilno. Naši rezultati rasvjetljuju porijeklo tih signala ostajući pri tome u skladu sa ostalim mjerenjima, kao što je kutno razlučivo raspršenje fotoelektrona (ARPES).

U teorijskom opisu visokotemperaturne faze, iznad T^* , krećemo od modela nosilaca u CuO_2 ravnini sa 3 vrpce u kojem itinerantne šupljine na atomima kisika hibridiziraju sa bakrovim d orbitalama. Jako kulonsko odbijanje (Hubbardov član) u tim bakrovim orbitalama zabranjuje da se istovremeno na njima nađu dvije šupljine, što uzrokuje kinematičke interakcije, odnosno korelacije među metalnim šupljinama [1]. Pokazujemo da je zbog njih magnetski prijelaz na T^* uvijek komenzurabilan, za razliku od jednovrpčanih modela, a u skladu sa eksperimentom. To znači da je potrebno pronaći novi uzrok niskotemperaturnog komenzurabilnog uređenja, nego što je uobičajeni mehanizam putem komenzurabilnog visokotemperaturnog odgovora. U model je potrebno unijeti fazni prijelaz kojim se u vodljivoj vrpici otvara procjep.

Fermijeva ploha u ARPES-u ima procjep oko van Hove (vH) točaka na rubovima Brillouinove zone, a jasno je razlučena u nodalnom smjeru. To odgovara procjepu koji je značajnog iznosa samo oko vH točke, te stoga računamo sa takvim oblikom procjepa nastalog faznim prijelazom na temperaturi T^* . Taj prijelaz cijepa otvorenu vrpcu na dvije podvrpce, koje daju sliku rekonstruirane Fermijeve plohe. Podvrpca više energije ima Fermijevu plohu oko vH točaka (dominiranih hibridiziranim bakrovim orbitalama), koja je u velikom rasponu šupljinskih dopiranja nevidljiva ARPES-om, jer je iznad procjepa. Donja podvrpca ima oko nodalne točke Fermijevu plohu, koja je slabo osjetljiva na iznos procjepa u eksperimentalno relevantnom rasponu dopiranja, a time i na temperaturu. Dobivamo da komenzurabilan magnetski odziv na niskim temperaturama potječe od vodljivih elektrona oko nodalne točke te linearno ovisi o dopiranju i slabo ovisi o temperaturi, baš kao i u eksperimentima. Opisani prijelaz putem komenzurabilnog vrha na visokoj temperaturi je konzistentan s pojavom centralnog vrha u magnetskoj susceptibilnosti, koji je uočen u najnovijim istraživanjima [2].

[1] O.S. Barišić, S. Barišić: J. Supercond. Nov. Magn. 25, 669 (2012).

[2] J. Tranquada, privatno priopćenje, svibanj 2013.

Spinska tekućina u 2D organskom monokristalu: električni transport, Hallov efekt i dielektrični odziv

Matija Čulo¹, Marko Pinterić^{1,2}, Vjekoslav Vulić^{1,3}, Mario Basletić³, Emil Tafrā³, Tomislav Ivek^{1,4}, Bojana Korin-Hamzić¹, Silvia Tomić¹

¹*Institut za fiziku, POBox 304, HR-10000 Zagreb*

²*Fakulteta za gradbeništvo, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija*

³*Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

⁴*1. Physikalisches Institut, Universitaet Stuttgart, D-70550, Stuttgart, Njemačka*

Mottov izolator $\kappa\text{-(BEDT - TTF)}_2\text{Cu}_2(\text{CN})_3$ se sastoji od 2D slojeva molekulskih dimera raspoređenih u trokutastu rešetku. Usprkos jakom antiiferomagnetskom vezanju $J \approx 250\text{K}$, NMR mjerenja su pokazala da nema dugodosežnog magnetskog uređenja do 32mK što ukazuje da je osnovno stanje sistema spinska tekućina. Optička vodljivost slijedi zakon potencija u terahertz području prividno u skladu s teorijskim očekivanjima za doprinos spinonskih pobuđenja unutar nabojnog procjepa, a uslijed vezanja na unutarnje baždarno polje [1]. Međutim, eksponent je puno manji od teorijskog. Neki pak drugi teorijski modeli sugeriraju postojanje kvantnih električnih dipola koji su u drugom redu povezani sa spinom i vode na realizaciju dipolarno-spinske tekućine [2]. Ujedno je sugerirano da su fluktuacije tih dipola u ishodištu dielektričnog odgovora. Unatoč velikom broju rezultata, mehanizam i porijeklo pobuđenja naboja su još uvijek nejasni. U ovom radu ćemo opisati i diskutirati rezultate naših galvanomagnetskih mjerenja te mjerenja dc otpornosti i dielektrične spektroskopije duž sva tri kristalografska smjera koji bacaju novo svjetlo na ovaj iznimno intrigantan fizikalni sistem [3].

[1] S.Elsaesser et al., Phys.Rev.B **86** (2012) 155150 i reference u tom radu.

[2] C.Hotta, Phys.Rev.B **82** (2010) 241104

[3] M.Pinterić, M.Čulo et al., u pripremi (2013).

Optički odziv nano-teksturirane i Mottove faze 1T-TaS₂

Kristijan Velebit^{1,4}, Petar Popčević¹, Ana Smontara¹, Helmut Berger², László Forró², Ivo Batistić³, Neven Barišić¹, Martin Dressel⁴, Eduard Tutiš¹

¹*Institut za fiziku, HR-10000 Zagreb*

²*Laboratoire de Physique de la Matière Complexe, EPFL, CH-1015 Lausanne, Switzerland*

³*Fizički Odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, HR-10000 Zagreb*

⁴*1. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, D-70550 Stuttgart, Germany*

1T-TaS₂ pokazuje dvije nesvakidašnje faze čija svojstva se i dalje intenzivno ispituju: CCDW (Commensurate Charge Density Wave) faza je Mottova faza čije je nastajanje praćeno reorganizacijom atoma u superćelije oblika Davidove zvijezde u cijeloj TaS₂ ravni; NCCDW (Nearly Commensurate Charge Density Wave) faza je miješana faza vala gustoće naboja i metalne faze gdje se ta područja miješaju na nanometarskoj skali i na geometrijski pravilan način. Poznato je da se miješana NCCDW faza može stabilizirati primjenom tlaka [1] ili vrlo malenim dopiranjem (npr. atomima bakra) [2], te da ta faza na niskim temperaturama ($T < 5\text{K}$) postaje supravodljiva. U ovom radu predstavljamo mjerenje optičke vodljivosti visoke preciznosti u obje faze, te analizu eksperimentalnih rezultata u kojoj se uspoređuju dvije faze, te se posebno miješana NCCDW faza analizira u aproksimaciji efektivnog medija. Široki maksimum u realnom dijelu optičke vodljivosti, $\sigma_1(\omega)$, u mješanoj fazi identificiran je kao pojava površinskih plazmona vezanih na metalne otoke. Pojava velike optičke aktivnosti fonona na 53 cm^{-1} u Mottovoj fazi indicira jako vezanje tog moda na lokalizirani elektron. Konačno, pojava Mottovog procijepa u optičkom odzivu CCDW faze praćena je pojavom dodatnih optičkih doprinosa u "inter-band" dijelu spektra što je odraz preraspodjele elektronskog spektra između dviju faza.

Mjerenja optičkih svojstava napravljena su na 1. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, uz financijsku potporu DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) stipendije, te u okviru UKF (Unity Through Knowledge) projekta 56/10, "New electronic states driven by frustration in layered materials", na uzorcima sintetiziranim u Laboratoire de Physique de la Matière Complexe, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

[1] Sipos *et al.*, Nature Mater. 7, 960 (2008)

[2] Xu *et al.*, PRB 81, 172503 (2010)

Moć jakog zasjenjenja magnezijevih protuiona: DNA ostaje u konformaciji dvostruke uzvojnice i u granici niske slanosti

Danijel Grgičin¹, Sanja Dolanski Babić², Tomislav Ivek¹, Silvia Tomić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Medicinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

Prethodno je izučavan utjecaj jednovalentnih natrijevih protuiona na stabilnost dvostruke uzvojnice DNA[1]. Velika gustoća naboja, $1e-/0.34\text{nm}$, pojedinog lanca DNA uzrokuje repulziju među njima koja je u kompeticiji s privlačnim vodikovim vezama i slaganjem baza (eng. base stacking). Bez zasjenjenja protuionima iz otopine repulzija bi dominirala te bi došlo do razdvajanja lanaca-denaturacije. Očekuje se da dvovalentni magnezijevi protuioni uslijed jačeg zasjenjenja više smanjuju repulziju među lancima DNA te čine konformaciju dvostruke uzvojnice stabilnijom nego jednovalentni natrijevi protuioni.

Ekperimentalno smo to i pokazali izmjerivši različite koncentracijske ovisnosti karakterističnih skala. Jedna od njih je i korelacijska duljina koja govori o udaljenosti međusobno isprepletenih lanaca DNA u otopini. Ona ukazuje da Mg protuioni čuvaju DNA u konformaciji dvostruke uzvojnice sve do najniže koncentracije na kojoj je eksperiment proveden, 0.01 mM. Istovremeno s Na protuionima DNA već za koncentraciju od 0.3 mM pokazuje dinamičko otvaranje[1].

Uzorke Mg-DNA smo pripremili dijalizom Na-DNA (Sigma D1626) prosječne duljine $4\text{ }\mu\text{m}$ prema MgCl_2 . Uzorci su karakterizirani induktivno vezanom plazmom- emisijom atomskih spektara ICP-AESom, te UV spektrofotometrijom.

Dielektrična spektroskopija u rasponu frekvencija od 100 Hz – 10 MHz je napravljena na uzorcima u rasponu koncentracije 0.01 mM – 5 mM u čistoj vodi te u dodanoj soli.

[1] S. Tomić, et al., Phys. Rev. E **75** 021905 (2007)

Razvoj masene spektroskopije sekundarnih molekularnih iona na teškoionskoj mikroprobi Instituta Ruđer Bošković

Tonči Tadić¹, Zdravko Siketić¹, Domagoj Donny Cosic¹, Natko Skukan¹,
Ivančica Bogdanović Radović¹, Jiro Matsuo², Milko Jakšić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10000 Zagreb*

²*Quantum Science and Engineering Center, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, Japan*

Masena spektroskopija sekundarnih molekularnih iona otkinutih s površine uzorka pomoću primarnih iona MeV-skih energija (MeV SIMS) prvi put je primijenjena još 1974. godine pod nazivom "Plasma Desorption Mass Spectrometry" [1]. Metoda je razvijena s ciljem detekcije organskih molekula u biološkim i drugim organskim materijalima no 80-tih godina prošlog stoljeća potisnuta je zbog pojave MALDI (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization) metode. Ponovnom interesu za razvoj MeV SIMS metode u posljednje vrijeme pridonio je razvoj ionskih mikroproba s mogućnošću fokusiranja snopova teških iona na sub-mikronske dimenzije. Trenutni interes za razvoj metode također je posljedica komplementarnost MeV SIMS i MALDI metoda što se tiče osjetljivosti molekularnog mapiranja organskih uzoraka u području masa 100-1000 Da. Uređaj za mjerenje vremena proleta (Time-of-Flight, TOF), kao dio MeV SIMS sustava, instaliran je na komori za teškoionsku mikroprobu Instituta Ruđer Bošković s ciljem razvoja osjetljive metode za detekciju i mapiranje sekundarnih molekularnih iona. Na mikroprobi se mogu fokusirati ioni od C do I na energijama većim od 10 MeV uz sub-mikronsku rezoluciju. Također je razvijena posebna elektronika za obradu signala i potpuno upravljanje eksperimentom bazirana na Xilinx Virtex 4 FPGA razvojnoj kartici. U ovom radu dan je opis metode, te su prikazani i neki od prvih izmjerenih MeV SIMS spektara.

[1] D. Torgerson, R. Skowronski and R. Macfarlane, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 60 (1974) 616

Rast anizotropne rešetke Ge kvantnih točaka u amorfnoj Al_2O_3 matrici

Maja Buljan¹, Olga Roshchupkina², Ana Šantić¹, Vaclav Holy³, Carsten Baecht², Nikola Radić¹, Sigrid Bernstorff⁴, Joerg Grenzer²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden, Njemačka*

³*Charles University in Prague, Prag, R. Češka*

⁴*Elettra-Sincrotrone Trieste, Basovizza, Italija*

Jednostavni procesi priprave uređenih rešetaka poluvodičkih kvantnih točaka u dielektričnim matricama imaju važnu ulogu u nanotehnologiji. Od posebnog interesa su rešetke kvantnih točaka sa svojstvima koja se bitno razlikuju u raznim smjerovima paralelnim površini materijala. U radu pokazujemo jednostavnu metodu priprave anizotropne rešetke Ge kvantnih točaka smještenih u amorfnoj Al_2O_3 matrici, korištenjem samouređenog rasta. Za postizanje željene anizotropije je korištena specifična geometrija depozicije materijala metodom magnetronskog rasprašenja. Opažena strukturna svojstva materijala i anizotropija je objašnjena kombinacijom efekata usmjerene difuzije deponiranog materijala na površini i zasjenjenja zbog specifične morfologije površine. Napravljeni materijal također pokazuje jaku anizotropiju u električnoj vodljivosti u raznim smjerovima paralelnim površini.

[1] M. Buljan et al., J. Appl. Cryst. 46 (2013) 709

Doprinos Laboratorija za Stabilne Izotope Medicinskog fakulteta u Rijeci Međunarodnoj godini suradnje na području voda

Diana Mance¹, Tamara Hunjak¹, Hans O. Lutz², Zvezdana Roller-Lutz¹

¹Laboratorij za Stabilne Izotope, Zavod za fiziku, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

²Sveučilište u Bielefeldu, SR Njemačka

Opća skupština Ujedinjenih naroda je 2013. godinu proglasila Međunarodnom godinom suradnje na području voda. Cilj ove međunarodne godine je potaknuti razvoj multidisciplinarnog pristupa u proučavanju voda i implementaciju saznanja dobivenih znanstvenim istraživanjima u gospodarstvo, međunarodnu suradnju, obrazovanje, komunikaciju i kulturu.

Laboratorij za Stabilne Izotope Medicinskog fakulteta u Rijeci od 2010. godine surađuje s komunalnim društvom zaduženim za vodoopskrbu riječkog područja i Zavodom za hidro-tehniku i geotehniku Građevinskog fakulteta u Rijeci na istraživanju izvorišta pitke vode grada Rijeke i okolice. Ova suradnja rezultirala je s nekoliko znanstveno-stručnih publikacija i kongresnih priopćenja [1],[2],[3].

U razdoblju od dvije godine prikupljeno je više od tisuću uzoraka oborina i izvorske vode, čiji je izotopni sastav mjeran na masenom spektrometru izotopnih omjera *Delta^{plus}XP*, uz prethodno prevođenje uzoraka u plinovito stanje na perifernoj jedinici HDOeq48/24. Na taj način dobivene vremenske serije stabilnih izotopa analizirane su statističkim metodama koje uključuju Box-Jenkins modeliranje i dekompoziciju gustoća vjerojatnosti. Takva analiza omogućila je dobivanje informacija o retencijskim sposobnostima vodonosnika, brzini rekacije na oborinske ulaze, međusobnoj povezanosti izvora, te su, u skladu sa dopuštenom analitičkom pogreškom, identificirane vodne mase koje doprinose ukupnom toku na izvorima. Vrijeme prikupljanja uzoraka obuhvatilo je periode visokih voda kao i periode suše što je dalo uvid u ponašanje sustava u ekstremnim uvjetima.

Dobivena saznanja važna su sa akademskog gledišta u smislu da je na navedenim izvorištima po prvi puta provedeno sistematsko istraživanje stabilnog izotopnog sastava vode, ali i sa praktičarskog aspekta što će biti prikazano na primjerima njihove primjene u vodnom gospodarstvu, javnom zdravstvu, ekologiji i medicini.

[1] Mance, D., Lenac, D., Hunjak, T., Roller-Lutz, Z., Rubinić, J., 2011: Monitoring riječkih izvora - razvoj, promjene, saznanja i problemi, Zbornik radova 5. Hrvatske konferencije o vodama: Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena, Zagreb, 541-549

[2] Mance, D., Lenac, D., Hunjak, T., Roller-Lutz, Z., Rubinić, J., 2012: Određivanje porijekla i srednjeg vremena zadržavanja vode riječkih izvora pomoću stabilnih izotopa, Zbornik radova stručno-znanstvenog skupa: Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji, Zagreb, 63-71

[3] Mance, D., Lenac, D., Hunjak, T., Lutz, H.O., Roller-Lutz, Z., Rubinić, J., 2012: Time series analysis of the stable isotope composition in the catchment of karst springs in the Kvarner bay (Croatia), Geophysical Research Abstracts EGU2012

„Spintromehanika“ u kvantnim elektromehaničkim sustavima (QNEMS)

Danko Radić¹, Leonid Gorelik²

¹Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

²Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden

Magnetomotorno vezanje DC spinski polarizirane struje kroz nanožicu ($L \sim 1\mu\text{m}$, $d \sim 2 - 3\text{nm}$), učvršćenu između kontakata S-source i D-drain pod prednaponom V_b , i njenih vibracija frekvencije ω u perpendikularnom vanjskom magnetskom polju B može rezultirati elektromehaničkom nestabilnošću i pojavom samoekscitiranih oscilacija. Mehanizam koji leži iza nestabilnosti temeljen je na korelaciji između zaposjednuća kvantiziranih spinskih Zeemanovski rascijepljenih stanja elektrona $\varepsilon_\uparrow$ i $\varepsilon_\downarrow$ u nanožici i njene mehaničke brzine pomoću kulonske blokade. Ranije smo pokazali da montaža nanožice na magnetske kontakte S i D, što rezultira negativnim diferencijalnim otporom spoja, daje elektromehaničku nestabilnost, karakteriziranu područjem nestabilnosti, bistabilnosti i stabilnosti u faznom dijagramu ($V_b - B$), i u kvaziadijabatskoj granici [ref. 1]. Daljnje istraživanje pokazuje da negativni diferencijalni otpor, iako prema dosadašnjoj literaturi dovoljan, nije i nužan uvjet pojave nestabilnosti. Ista se može pojaviti i u sustavu s bitno pozitivnim diferencijalnim otporom na cijeloj $I - V$ karakteristici, npr. nanožici spojenoj na kontakte od normalnog metala, ako se naruši uvjet kvaziadijabatičnosti tj. uzmu u obzir retardacijski učinci mehaničkog podsustava. Proces tuneliranja elektrona iz stanja u nanožici $\varepsilon_{\uparrow,\downarrow}$ na kontakt mijenja impuls žice za Δp . Ako postignemo koherentno dodavanje Δp tijekom željenog smjera brzine žice, poput udaraca kada prolazi u željenom smjeru, tada pumpamo energiju u mehanički sustav i ostvarujemo nestabilnost ako je nadmašena mehanička atenuacija ("trenje"). Pomoću predanpona V_b namjestimo kemijski potencijal u S na spinsko stanje više energije $\varepsilon_\uparrow$ u nanožici, a gibanje nanožice u mag. polju inducira elektromotornu silu koja se pribraja na V_b i tako mijenja vjerojatnost zaposjednuća stanja $\varepsilon_\uparrow$ i $\varepsilon_\downarrow$. Kulonska blokada brani njihovo istovremeno zaposjednuće i tako, vršeći efektivni "gating" učinak, korelira smjer brzine nanožice i procesa tuneliranja elektrona na D. Liouville-von Neumannova jednadžba za matricu gustoće opisanog elektromehaničkog sustava na niskim temperaturama ($T \sim 0.1\text{K} \gg \varepsilon_\uparrow - \varepsilon_\downarrow$) u statičkoj granici vodi na Fokker-Planckovu jednadžbu koja predviđa dva tipa rješenja za gustoću vjerojatnosti nalaženja sustava u mehaničkom faznom prostoru pomaka u i konjugiranog impulsa p : (a) Makimum vjerojatnosti nalazi se u ishodištu koje je smješteno u točki ravnoteže određenoj Lorentzovom silom na žicu pod stacionarnom strujom. (b) Maksimum vjerojatnosti je na prstenu koji okružuje ishodište - analogonu klasičnog graničnog kola (Hopfova bifurkacija $\Rightarrow$ samoekscitirane oscilacije). Nužan uvjet pojave ovakvog rješenja na učestalosti tuneliranja elektrona kontakt - nanožica, Γ_S i Γ_D , te frekvenciju oscilacija ω je: $\Gamma_S \gg \omega > \sqrt{2}\Gamma_D$, uz dovoljno visok Q-faktor sustava.

[1] D. Radic et. al., Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 236802

Auditorno neuro-elektronsko sučelje

Damir Kovačić¹

¹*Laboratorij za istraživanje slušanja i govora, Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Šoltanska 2, 21000 Split*

Medicinska bionika je rapidno rastuće područje tehnologije koja može učinkovito povezivati elektroničke sustave poput računalnog čipa sa živčanim sustavima. Najuspješniji primjer takvih sučelja je umjetna pužnica (kohlearni implantat) koja izravnom električnom stimulacijom auditornog perifernog živčanog sustava omogućuje djelomičnu čujnost u potpuno gluhih osoba. Unatoč tome, današnja fundamentalna ograničenja u nefokusiranosti električne stimulacije dovodi do velikih razlika u uspješnosti korištenja umjetnih pužnica. Ovo temeljno ograničenje se u ovom projektu "napada" pomoću izrade tehničkog prototipa inovativnog auditornog neuro-elektronskog sučelja temeljenog uzgoju auditornih neurona na poluvodičkim (CMOS) supstratima s igličastim strukturama. Ovaj koncept bi omogućio ne samo jedinstvenu pobudu pojedinačnog auditornog neurona, nego i registraciju povratne veze, omogućavajući dvosmjernu komunikaciju između živčanog sustava i računala. U prikazu će se predstaviti preliminarni rezultati koji ukazuju na mogućnost uspješnog uzgoja auditornih neurona na površini CMOS supstrata s igličastim strukturama. Ovo istraživanje je sufinancirano sredstvima iz Programa provjere inovativnog koncepta i BICRO-a.

Minimalni deterministički i stohastički model distribucije molekularnih motora tijekom staničnih oscilacija

Matko Glunčić¹

¹Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

Oscilacije stanične jezgre tijekom mejoze nužne su za sparivanje kromosoma, rekombinaciju DNA, te održivost spora. Mehanizam oscilacija počiva na asimetričnoj raspodjeli molekularnih motora, dineina, vezanih za mikrotobule (MT) i staničnu koru. Razvijeni su jedno- i dvo-stupanjski minimalni dinamički modeli distribucije molekularnih motora bazirani na odvezivanju motora ovisnom o opterećenju, te vezivanju motora ovisnom o duljini MT. Pokazali smo da oscilacije mogu biti generirane samo ako je koncentracija staničnih motora iznad određenog praga. Za koncentraciju motora ispod kritične vrijednosti sistem prelazi u Hopfovu bifurkaciju. U određenom intervalu slobodnih parametara granični period orbitalno je stabilan i Hopfova je bifurkacija superkritična. Izvan tog intervala pojavljuje se bistabilnost od dva stabilna atraktora sa nestabilnim atraktorom između njih. Kako bi proučili utjecaj fluktuirajuće sile na oscilacije, u sljedećem koraku dinamičke varijable definiramo kao stohastičke, te dinamički sustav promatramo kao diskretni stohastički proces sa Markovljevim svojstvom. U blizini stabilnog stanja, pronašli smo da se Langevinova sila skalira kao kvadratni korijen veličine sistema (broj motora). Za oscilatorni režim, perturbacijskim razvojem Master jednadžbe, dobili smo Fokker-Planckovu jednadžbu za gustoću vjerojatnosti fluktuacija. Rješavanjem ove jednadžbe, za referentni sustava vezan na makroskopsku putanju, pronašli smo funkcije ovisnosti prvog i drugog momenta broja motora na MT o vremenu.

Detekcija brzih neutrona u nuklearnim reakcijama s relativističkim radioaktivnim snopovima

Igor Gašparić¹, Thomas Aumann², Konstanze Boretzky³, Michael Heil³,
Simon Jährling², Dmytro Kresan³, Heiko Scheit², Haik Simon³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Njemačka*

³*GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Njemačka*

U tijeku je izgradnja novog akceleratorskog postrojenja FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) u Njemačkoj. Proizvedeni radioaktivni snopovi visokih energija i intenziteta omogućit će proučavanje neistraženih područja karte nuklida i svojstava nuklearne tvari.

U okviru međunarodne suradnje R³B (Reactions with Relativistic Radioactive Beams) razvija se sustav detektora koji će omogućivati kinematički potpunu karakterizaciju mjerenih nuklearnih reakcija s novim snopovima. Jedna od ključnih komponenti je detektor neutrona NeuLAND (New Large Area Neutron Detector) s vrhunskim razlučivanjem u prostoru i vremenu, efikasnosti i mogućnosti razlikovanja reakcija s nekoliko neutrona.

Konačni tehnički dizajn je završen krajem 2011. i prihvaćen od FAIR-a početkom 2013. godine [1]. Detektor će se sastojati od 3000 plastičnih scintilacijskih šipki ukupnog volumena $2.5 \times 2.5 \times 3 \text{ m}^3$ raspoređenih u 60 ravnina s međusobno okomitim šipkama.

U ovom izlaganju bit će opisan prvi eksperiment u kojem je prototip detektora od 150 šipki bio izložen brzim neutronima. Uz rezultate analize eksperimentalnih podataka bit će prikazana i usporedba sa simulacijama te trenutni status i planovi.

[1] Technical Report for the Design, Construction and Commissioning of NeuLAND: The High-Resolution Neutron Time-of-Flight Spectrometer for R³B,
<http://www.fair-center.de/fileadmin/fair/experiments/NUSTAR/Pdf/TDRs/NeuLAND-TDR-Web.pdf>

Evolucija cirkumstelarne prašine simbiotskih Mira

Tomislav Jurkić¹, Dubravka Kotnik-Karuza¹

¹*Odjel za fiziku, Sveučilište u Rijeci*

Dvojni simbiotski sustavi s hladnom komponentom tipa Mire karakterizirani su prisustvom značajnih količina cirkumstelarne prašine i pojavom intervala zamračenja. Određivanje svojstava cirkumstelarne prašine i njenog međudjelovanja s hladnom Mirom i vrućom komponentom ključno je za razumijevanje simbiotskih sustava, njihovog razvoja, interakcije komponenti, utjecaja zvjezdanih vjetrova i mehanizma prijenosa mase. Prijenos mase određuje sudbinu ovakvih sustava u završnoj evolucijskoj fazi i može voditi do pojave supernove.

U našem istraživanju određena su svojstva cirkumstelarne prašine u različitim intervalima zamračenja i fazama evolucije cirkumstelarne okoline nakon erupcije nove, s posebnim naglaskom na najbolje opažane simbiotske Mire, HM Sge i RR Tel. Uz pomoć numeričkog koda DUSTY riješen je prijenos zračenja s komponente Mire kroz cirkumstelarnu prašinu, te su dobiveni spektri uspoređeni s opažanjima u bliskom i srednjem infracrvenom području, pri čemu su kao ulazno zračenje korišteni spektri modela Mirine atmosfere. Ovim postupkom određena su svojstva cirkumstelarne prašine i njihove promjene u vremenu kao i promjene u različitim evolucijskim fazama nakon erupcije nove, a koje uključuju raspodjelu gustoće prašine i veličine zrna, maksimalnu veličinu zrna, sastav prašine, sublimacijsku temperaturu i optičku dubinu prašine, te terminalnu brzinu prašine i brzinu prijenosa mase između komponenata. Analizirane su pulzacije Mire u intervalima sa i bez zamračenja što pokazuje da se pulzacije po periodu, amplitudi i fazi ne mijenjaju ulaskom u periode zamračenja. U periodima zamračenja povećavaju se optička dubina prašine i brzina gubitka mase što se može objasniti kondenzacijom novih značajnih količina prašine oko sublimacijske udaljenosti.

Korištena su i interferometrijska opažanja koja su ograničila veličinu područja emisije prašine u bliskom-IR, a pomoću kojih je određena raspodjela gustoće, sublimacijska temperatura i veličina cirkumstelarne ljuske prašine. Rezultati pokazuju da se prašina nalazi u kompaktnom području oko sublimacijske udaljenosti u neposrednoj okolini Mire, dok je utjecaj vruće komponente na prašinu zanemariv, što ukazuje na efikasan mehanizam zaštite ljuske od UV zračenja, vjerojatno negdje u maglici između dviju komponenata.

[1] Jurkić, T., Kotnik-Karuza, D., *Astron. & Astrophys.* **544** (2012) 35

[2] Jurkić, T., Kotnik-Karuza, D., *Baltic Astronomy* **21** (2012) 123

Fotokatalitička svojstva dopiranog TiO_2

Igor Lukačević¹, Sanjeev Kumar Gupta², Prafulla Kumar Jha³

¹*Odjel za fiziku, Sveučilište J. J. Strossmayer, Osijek, Hrvatska*

²*Department of Physics, Michigan Technological University, Houghton, MI 49931, USA*

³*Department of Physics, Maharaja Krishnakumarsinhji Bhavnagar University, Bhavnagar 364001, India*

Elektronska svojstva titanij dioksida (TiO_2) u rutil fazi, dopiranog atomima dušika, bora i platine, su proučavana simulacijama iz prvih principa na osnovi teorije funkcionala gustoće (DFT). Iz izračunatih struktura elektronskih vrpca, te gustoća elektronskih stanja, zaključeno je da dopiranje dovodi do značajnih promjena u elektronskoj strukturi TiO_2 . Pri tome se bor i platina mogu izdvojiti kao najbolji dopanti i kandidati za poboljšanje fotokatalitičkih svojstava TiO_2 pri apsorpciji vidljive svjetlosti.

S druge strane, dopiranje dušikom se pokazalo da je aktivno samo za fotoredukcijske procese, iako ono unosi međustanja unutar procjepa između elektronskih vrpca.

[1] P.K. Jha, S.K. Gupta, I. Lukačević, Electronic structure, photocatalytic properties and phonon dispersions of X-doped ($X = \text{N}, \text{B}$ and Pt) rutile TiO_2 from density functional theory, *Solid State Sciences* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2013.05.003>

[2] M. Grätzel, *Nature* 414 (2001) 338–344.

Istraživanje $J_1 - J_2$ frustriranog lanca LiCuSbO_4 tehnikama nuklearne magnetske rezonancije (NMR) i mionske spinske rotacije (μSR)

Marko Bosiočić¹, Fabrice Bert², Jeffrey Quilliam², Sian E. Dutton³, Robert J. Cava³, Miroslav Požek¹, Philippe Mendels²

¹Sveučilište u Zagrebu, PMF, Fizički odsjek

²LPS, Université Paris Sud 11, 91405 Orsay Cedex, France

³Department of Chemistry, Princeton University, New Jersey 08544, USA

U niskodimenzionalnim magnetskim izolatorima predviđeno je postojanje egzotičnih magnetskih uređenja u kojima bi očekivanje vrijednost operatora spina $\langle S_i^\alpha \rangle = 0$ iščezavalo za svaki spin i i smjer α ($\alpha = x, y, z$). Parametar uređenja predstavljala bi neiščezavajuća srednja vrijednost nekog kompleksnijeg operatora: primjerice $\langle S_i^\alpha S_i^\beta \rangle \neq 0$, takvo egzotično magnetsko uređenje narušavalo bi spinsku $O[3]$ simetriju, ali bi simetrija vremenske inverzije ostala netaknuta. Po analogiji s multipolnim razvojem distribucije naboja ovakve se faze nazivaju kvadrupolnim nematicima, a eksperimentalno su teško provjerljive [1].

Analogna egzotična stanja predviđena su u sistemima opisanim frustriranim 1D Heisenbergovim Hamiltonijanom s FM interakcijom prvih (J_1) i AFM drugih susjeda (J_2), u smjeru okomitom na smjer primijenjenog magnetskog polja u području visoke magnetizacije [2]. Elementarna pobuđenja bila bi pobuđenja vezanih magnona [3], što bi indirektno bilo moguće opaziti NMR tehnikom [4].

Realizacija nematske faze u spoju LiCuVO_4 još uvijek je eksperimentalno otvoreno pitanje [5,6], a nedavno otkriveni spoj LiCuSbO_4 [7], s eksperimentalno dostupnim saturacijskim poljem 12 T je odličan kandidat za provjeru dotične faze.

Prezentirat ćemo ovisnost NMR spektra i spin-rešetka relaksacijskog T_1 vremena jezgre ^7Li u širokom rasponu polja (2 – 13 T) i temperatura (1.5 – 300 K). Ovisnost brzine relaksacije T_1^{-1} na 1.55 K i 4.7 K pokazuje nastanak maksimuma oko 6 T što bi mogla biti indicacija o prijelazu u nematsku fazu. Određena je vrijednost hiperfine konstante $A_{hf} = 0.57(1) \text{ kOe}/\mu_B$ i kvadrupolnog vezanja $\nu_Q = 47(1) \text{ kHz}$. Temperaturna ovisnost (26 mK – 10 K) brzine relaksacije miona iz μSR eksperimenta ukazuje na postojanje kratkodosežnih korelacija na niskim temperaturama.

[1] P. Mendels, C. Lacroix and F. Mila, *Introduction to Frustrated Magnetism*, p. 331, Springer 2011

[2] J. Sudan *et. al.* Phys. Rev. B **80**, 140402(R) (2009)

[3] L. Kecke *et. al.* Phys. Rev. B **76**, 060407(R) (2007)

[4] M. Sato *et. al.* Phys. Rev. B **79**, 060406(R) (2009)

[5] M. Mourigal *et. al.* Phys. Rev. Lett. **109**, 027203 (2012)

[6] N. Büttgen *et. al.* Phys. Rev. B **85**, 214421 (2012)

[7] S. E. Dutton *et. al.* Phys. Rev. Lett **108**, 187206 (2012)

Istraživanje kompleksa prijelaznih metala EPR spektroskopijom u jakim magnetskim poljima

Dijana Žilić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10000 Zagreb
Leibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresden (IFW-Dresden),
Helmholtzstraße 20, 01069 Dresden, Njemačka*

Molekulski magneti predmet su znanstvenog interesa zbog potrage za multifunkcionalnim materijalima kao i potrebe za fundamentalnim razumijevanjem magnetizma [1]. Među mnoštvom novih spojeva, oksalatni kompleksi prijelaznih metala zanimljivi su zbog velike učinkovitosti oksalatnog mosta ($C_2O_4^{2-}$) u prijenosu interakcije izmjene između metalnih iona. Pored razvoja kemijske sinteze, napredak u području molekulskog magnetizma ostvaren je i razvojem eksperimenata u fizici. Jedna od najvažnijih metoda istraživanja je elektronska paramagnetska rezonancija (EPR) koja daje uvid u lokalna svojstva paramagnetskih centara i mikroskopsku sliku međudjelovanja u promatranim sustavima. Međutim, komercijalni EPR spektrometri (X-band) koji koriste mikrovalove frekvencije 9,5 GHz i magnetska polja do 1 T, nisu dovoljni za istraživanje kompleksa prijelaznih metala sa spinom $S > 1/2$. Da bi se kod takvih spojeva odredili parametri spinskog hamiltonijana: g -tenzor, D -tenzor (cijepanje u nultom polju) i A -tenzor (hiperfino cijepanje) potrebno je imati spektrometre koji rade u jakim poljima i pri visokim frekvencijama ("High Field-High Frequency" EPR, HF-EPR) [2].

Predstavljani su EPR rezultati istraživanja oksalatnih kompleksa prijelaznih metala: [3,4] trodimenzionalne mreže Mn(II) iona spina $S = 5/2$ u čijim se šupljinama nalaze Cu(II) ioni spina $S = 1/2$ te jednodimenzionalnih kompleksa Cr(III) iona spina $S = 3/2$. Kompleks bakra i mangana pokazuje fazni prijelaz iz paramagnetskog u antiferomagnetsko stanje pri $T_N = 13$ K u slabim magnetskim poljima dok kromovi kompleksi pokazuju paramagnetsko ponašanje od sobne do temperature tekućeg helija. Frekventnim i temperaturnim HF-EPR mjerenjima (16 GHz–1 THz, 0–16 T) određeni su g -faktori kao i D i E parametri cijepanja u nultom polju spomenutih iona prijelaznih metala [5,6].

*Istraživanje je realizirano kao „PostDoc“ projekt Hrvatske zaklade za znanost.

- [1] O. Kahn, Molecular Magnetism, Wiley-VCH Inc. (1993).
- [2] C. Golze et al., Phys. Rev. B. **73** (2006) 224403.
- [3] F. Pointillart et al., Tetrahedron: Asymmetry, **17** (2006) 1937.
- [4] L. Androš, Dalton Trans., **41** (2012) 14611.
- [5] Jurić et al., rad u pripremi.
- [6] Žilić et al., rad u pripremi.

Lorentz-kovarijantna poopćena Uhlenbeck-Goudsmitova hipoteza:

Tomislav Ivezić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Prema Uhlenbeck-Goudsmitovoj hipotezi 3D-vektor magnetskog dipolnog momenta (MDM) m elementarne čestice povezan je s 3D spinom S ; $m = \gamma_S S$. U teoriji, a isto tako i u svim EDM eksperimentima, uzima se da je i 3D električni dipolni moment (EDM) d elementarne čestice kolinearan s 3D MDM m , jer se smatra da su oba momenta proporcionalna s 3D spinom S . (Pretpostavlja se naime da je 3D S jedini raspoloživi 3-vektor u vlastitom sustavu čestice.) Međutim, u geometrijskoj formulaciji specijalne relativnosti (SR), tzv. invarijantna SR, vidi [1] i reference u [1], u 4D prostorvremenu fizikalna realnost je pridružena 4D geometrijskim veličinama (GV), koje se pravilno transformiraju s Lorentzovim transformacijama, a ne običnim 3D veličinama.

Nedavno, [2], Uhlenbeck-Goudsmitova hipoteza je poopćena na Lorentz-kovarijantan način koristeći 4D GV; tenzor dipolnih momenata D^{ab} je proporcionalan spinskom 4-tenzoru S^{ab} , $D^{ab} = (\gamma_S/c) S^{ab}$, ((9) u [2]). 4-vektori dipolnih momenata d^a i m^a su izvedeni iz D^{ab} i 4-brzine čestice u^a , ((2) u [2]). Ranije je taj izvod dan u [3]. Na sličan način je izveden 4D "magnetski" spin S^a i jedan *novi* vlastiti moment količine gibanja, "električni" spin Z^a , koristeći S^{ab} i u^a , ((8) u [2]). Kao rezultat dobivena je jednačba (10) u [2] prema kojoj je $m^a = \gamma_S S^a$, $d^a = (\gamma_S/c) Z^a$. Na taj način dobiveno je da je vlastiti MDM m^a određen običnim 4-vektorom spina S^a , dok je vlastiti EDM d^a određen novim 4-vektorom spina Z^a , a ne s 3-vektorom spina S . Oba 4D spina, S^a i Z^a , su jednako valjane fizikalne veličine. Te relacije pokazuju da svaka elementarna čestica ima ne samo vlastiti MDM m^a nego također i vlastiti EDM d^a čija veličina je $(1/c)$ od one od m^a .

Ako su spinovi S^a , Z^a i dipolni momenti m^a , d^a kvantizirani, tj. kada su oni operatori, tada su komutacione relacije za komponente u standardnoj bazi dane, npr. jednačbama (61) i (62) u [1].

Neke posljedice uvođenja novog spina Z^a i njime određenog EDM d^a su razmatrane u poglavljima 8–11 u [1]. Jedna od tih posljedica (pogl. 8 u [1]) je postojanje električne polarizacije i pridruženog električnog polja od *mirnog* permanentnog magneta. Nadalje, u pogl. 10 u [1], prikazana je mogućnost objašnjenja Aharonov-Bohm efekta pomoću tih električnih polja od mirnog permanentnog magneta, a ne, kao što je opće prihvaćeno, pomoću vektorskog potencijala.

[1] T. Ivezić, J. Phys.: Conf. Ser. **437** (2013) 012014 1

[2] T. Ivezić, Phys. Scr. **81** (2010) 025001

[3] T. Ivezić, Phys. Rev. Lett. **98** (2007) 108901

The European Physical Journal slavi 15. rođendan

Silvia Tomić¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

The European Physical Journal (EPJ, www.epj.org) slavi ove godine 15. rođendan koji se obilježava na nacionalnim znanstvenim sastancima diljem Evrope. U ovom predavanju dat ću kratak pregled povijesti, sadašnjeg statusa i planova EPJ-a za daljnji razvoj. EPJ nudi međunarodnoj zajednici jedinstvenu platformu za globalno širenje fizike i srodnih znanosti koja se sastoji od niza *peer review* časopisa koji pokrivaju široki spektar fundamentalne i primjenjene fizike te srodnih interdisciplinarnih tema. EPJ se naslanja na tradiciju evropskih publikacija iz fizike 20. stoljeća: *Acta Physica Hungarica*, *Anales de Fisica*, *Czechoslovak Journal of Physics*, *Fizika A* (Hrvatska), *Il Nuovo Cimento* (Società Italiana di Fisica), *Journal de Physique* (EDP Sciences), *Portugaliae Physica* and *Zeitschrift fuer Physik* (Springer). Čak je 21. nacionalno fizikalno društvo iz Evrope zastupljeno u EPJ-u kroz Znanstveni savjetodavni odbor koji savjetuje izdavače i glavne urednike u stručnim pitanjima. EPJ je razvio servis *Science Writing*, besplatno dostupan na EPJ portalu, kako bi približio najistaknutije članke publicirane u EPJ-u čitaocima i novinarima. Danas se svih 15 sekcija EPJ-a čita u preko 5,000 institucija diljem svijeta, bilo putem pretplate, bilo putem raznih drugih inicijativa kao što je na primjer individualni slobodni pristup u slučaju nedostupnosti institucionalnog pristupa. Konačno, EPJ potiče razvoj izdavačkog modela otvorenog pristupa (*Open Access*) u fizikalnim znanostima i s tim ciljem je pokrenuta nova linija elektronskih časopisa koji su besplatno dostupni globalnoj znanstvenoj zajednici.

Primjena ultrabrze spektroskopije u proučavanju molekularnog prijenosa energije

Silvije Vdović¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Razumijevanje procesa relaksacije i prijenosa energije u kompleksnim molekulskim sustavima nezamislivo je bez spektroskopske analize na ultrakratkoj (femtosekundnoj) vremenskoj skali. Najraširenija i najjednostavnija tehnika tranzijentne apsorpcije daje vremensku ovisnost apsorpcije molekule nakon pobuđenja u obliku dvodimenzionalne matrice koja se zatim može analizirati metodom globalne analize gdje se testiraju razni kinetički modeli relaksacije sa ciljem dobivanja najboljeg slaganja sa eksperimentom. Ovakav pristup očigledno se oslanja na određeni model, no postoje i alternativne analitičke metode koje koriste princip multivarijacijske analize i ne zahtijevaju upotrebu modela.

Na nekoliko primjera pokazati ću primjenu ovih metoda. All-trans beta karoten važan je pigment koji sudjeluje u procesu fotosinteze a čija elektronska struktura još nije do kraja razriješena. Najveće debate i dalje se vode oko kontroverznog S* tamnog stanja smještenog između dobro poznatog prvog i drugog singletnog pobuđenog stanja beta karotena. Multivarijacijska analiza tranzijentne apsorpcije ukazuje na vjerojatnost postojanja tamnog stanja kao novog elektronskog stanja. Na jednom drugom primjeru kromofore s razgranatom strukturom (heksamer) rezultati globalne analize tranzijentne apsorpcije i mjerenja tranzijentne anizotropije omogućila su detaljan uvid u kompleksni relaksacijski mehanizam ove molekule. Struktura heksamera vrlo je slična strukturi dobro poznatog pigmenta alofikocijanina (APC). Inicijalno pobuđena delokalizirana ekscitonska stanja nastala zbog snažnog vezanja dipolnih momenata prijelaza dviju kromofora unutar svake od tri grane heksamera lokaliziraju se u jednoj od grana. Slijedi relaksacija u dugoživuće ekscimersko stanje koje se formira u grani sa najnižom energijom. Utjecaj ekscitonskih i ekscimerskih stanja na dinamiku i mehanizam prijenosa energije u ovom sustavu važan je za primjenu u razvoju novih efikasnijih solarnih ćelija. U zadnjem primjeru razmatrana je relaksacija metalnih nanoklastera sačinjenih od atoma zlata. Nanoklasteri sačinjeni su od dovoljno malog broja atoma (nekoliko desetaka) da njihovi optički spektri pokazuju svojstva molekularnih spektara. U pobuđenom nanoklasteru najčešće dolazi do intramolekularnog prijenosa naboja između liganada zaštitne ovojnice i jezgre koju čine atomi metala. Mjerenjem tranzijentne apsorpcije u otapalima različite polarnosti otkriveno je da polarlost otapala bitno mijenja dinamiku relaksacije odnosno proces prijenosa naboja. Također su uočene oscilacije u kinetičkim profilima tranzijentnih spektara nastale zbog elektron-fonon vezanja. Period ovih oscilacija također je pokazao ovisnost o polarlosti otapala čime su dobivene nove važne informacije o relaksacijskom mehanizmu ovih zanimljivih sustava.

[1] Yan, L., Chen X., He Q., Wang Y., Wang X., Guo Q., Bai F., Xia A., Aumiller D., Vdović S., Lin S., Localized Emitting State and Energy Transfer Properties of Quadrupolar Chromophores and (Multi) Branched Derivatives, *J. Phys. Chem. A* 116, 8693 (2012.)

Bose-Einsteinove korelacije u relativističkim sudarima na LHC sudarivaču

Goran Simatović¹, Mirko Planinić¹

¹*Sveučilište u Zagrebu, PMF, Fizički odsjek*

Bose-Einsteinove korelacije se tradicionalno koriste u proučavanju prostorno-vremenskih karakteristika izvora čestica. ALICE detektor, sa svojim izvrsnim sposobnostima identifikacije čestica, te LHC sa protonskim snopom od $\sqrt{s} = 7$ TeV pružaju priliku za detaljno proučavanje 3D evolucije vrućih i gustih QCD sustava.

Specifični interes naše grupe je proučavanje bozonskih korelacija u impulsnom prostoru koristeći karakterizaciju sudara po mehanizmu produkcije tj. primarnih kanala proizvodnje čestica. U ovom predavanju biti će prikazane korelacije identičnih piona u ovisnosti o multiplicitetu za dva ekstremna stanja proizvedenog QCD sustava. Navedeni rezultati biti će prezentirani u kontekstu trenutnih teorijskih razumjevanja te će biti komentirano njihovo značenje u proučavanju kvark-gluonske plazme.

FP7 projekt Particle detectors

Tome Antičić¹, Zoran Basrak¹, Vuko Brigljević¹, Davit Chokheli¹, Donny Domagoj Cosic¹, Stjepko Fazinić¹, Laura Grassi¹, Milko Jakšić¹, Mladen Kiš¹, Jelena Luetić¹, Darko Mekterović¹, Nikola Poljak¹, Lovro Prepolec¹, Fabio Schirru¹, Natko Skukan¹, Neven Soić¹, Suzana Szilner¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Trogorodišnji FP7 projekt "Particle detectors" spada među najveće znanstveno-istraživačke projekte u Hrvatskoj i u završnoj je fazi provedbe na Zavodu za eksperimentalnu fiziku Instituta Ruđer Bošković. Projekt okuplja laboratorije koji se bave nuklearnom fizikom, fizikom elementarnih čestica te ionskim snopovima, a suradnjom je uključeno i sedam renomiranih inozemnih partnerskih institucija.

Zavodski laboratoriji uspješno rade na važnim međunarodnim eksperimentima, ali je u prvom redu nedostatak odgovarajuće opreme priječio njihov veći doprinos razvoju detektorskih komponenti. U tome je s ovim projektom ostvaren značajan napredak. Stvoreni su i unaprijeđeni uvjeti da se na Institutu razvijaju, izrađuju i testiraju detektori za potrebe nuklearnih i čestičnih eksperimenata. Projekt je fokusiran na tri teme: silicijske i dijamantne detektore za opažanje nabijenih čestica te na sustave za prikupljanje podataka na detektorima. U predavanju će biti prikazana dosadašnja iskustva i rezultati, među ostalim testovi provedeni na silicijskim i dijamantnim detektorima, izrada sustava za testiranje detektora laserom te izrada nove snopovske linije s vakuumskom komorom.

Fizika čestica nakon otkrića Higgsa

Blaženka Melić¹

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

Svijet se sastoji od relativno malog broja elementarnih čestica. Njihove karakteristike i međudjelovanja su vrlo uspješno opisana Standardnim Modelom u fizici čestica. U modelu je nedostajala još jedna čestica, tzv. Higgsov bozon koja je konačno opazena prošle godine na LHCu. Što otkriće Higgsovog bozona mase ~ 125 GeV znači za teoriju elementarnih čestica? Koje probleme rješava, a koje otvara?

Visokoenergijska gama astronomija MAGIC teleskopima

Nikola Godinović¹, Ana Babić², Dijana Dominis Prester³, Daniel Ferenc⁴,
Dario Hrupec², Damir Lelas¹, Ivica Puljak¹, Tihomir Surić², Iva Šnidarić²,
Tomislav Terzić³

¹*Sveučilište u Split - FESB, Split*

²*Institut R. Bošković, Zagreb*

³*Sveučilište u Rijeci, Odjel za fiziku, Rijeka*

⁴*University of California, Davis, USA*

Prije dvadesetak godina započela su opažanja svemira u području visokoenergijskog (VHE) gama-zračenja zemaljskim teleskopima. Ti teleskopi detektiraju bljesak Čerenkovljeve svjetlosti koju stvaraju nabijene čestice elektromagnetskog pljuska u atmosferi izazvanog updanom VHE gama-zrakom. Do sada je otkriveno preko 150 izvora VHE gama-zraka od kojih je nekoliko opaženo u gama-području ali ne i na nižim energijama.

Nakon nadogradnje u ljeto 2012. godine MAGIC opservatorij čine dva identična teleskopa sa zrcalima promjera 17 m koji omogućuju detekciju VHE gama-zraka u području od 50 GeV do 50 TeV. Teleskopi su razmaknuti 85 m, a nalaze se na Roque de los Muchachos European North Observatory na kanarskom otoku La Palmi. Detekcija gama-zraka u tako širokom području omogućuje istraživanje galaktičkih i izvangalaktičkih izvora VHE gama-zračenja, mjerenje izvangalaktičke pozadinske svjetlosti, potragu za tamnom tvari i eksperimentalno propitivanje kvantne strukture prostorvremena.

Hrvatska grupa MAGIC aktivno sudjeluje u istraživanju i analizi VHE gama-zračenja iz pulsara i aktivnih galaktičkih jezgri. Naša grupa dala je značajan doprinos u jednom od najznačajnijih otkrića MAGIC kolaboracije, detekciji pulsnog zračenja VHE gama-zraka iz pulsara u Rakovoj maglici u području od 50 do 400 GeV [4]. Neposredno smo doprinjeli otkriću dvaju izvora u VHE gama-području: BL Lac H1722+119 [2] i radiokvazara PKS1222+21 [5]. Značajan smo doprinos dali i u analizi podataka i modeliranju spektra divovske radiogalaksije M87 [3].

Naša grupa je u kolaboraciji MAGIC zadužena i za pripremanje rasporeda opažanja i za održavanje i razvoj softvera (MAGICDC) za svakodnevnu kontrolu kvalitete prikupljenih podataka i funkcionalnosti svih relevantnih sustava teleskopa MAGIC [1]. Pouzdan rad MAGICDC softvera nužan je za ispravno funkcioniranje teleskopa i osiguravanje visoke kvalitete prikupljenih podataka jer pouzdano uočava potencijalne neispravnosti i kvarove teleskopa.

[1] N. Godinovic et al., The MAGIC Data Quality Check Software, ICRC 2013 proceeding, ID 687.

[2] ATEL #5080: Discovery of Very High Energy Gamma-Ray Emission from BL Lac object H1722+119.

[3] J. Aleksić et al., (MAGIC Coll.), *Astron. Astrophys.* 544, 96 (2012).

[4] J. Aleksić et al., (MAGIC Coll.), *Astron. Astrophys.* 540, 69 (2012).

[5] J. Aleksić et al., (MAGIC Coll.), *Astrophys. J. Letters* 730 (2011) L8.

Istraživanje studentskog razumijevanja grafova u različitim kontekstima

Maja Planinić¹, Lana Ivanjek¹, Ana Sušac¹, Željka Milin-Šipuš²

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno–matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

²Matematički odsjek, Prirodoslovno–matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Transfer znanja često se smatra jednim od glavnih ishoda obrazovanja, te važnim indikatorom uspješnosti obrazovnog sustava. No, mnoge studije u svijetu ukazuju na to da transfer znanja u obrazovnoj praksi često izostaje ili nije na očekivanom nivou. Iako učenici i studenti mogu savladati određene sadržaje u jednom kontekstu ili unutar jedne discipline, nije sigurno da će time automatski znati primijeniti ta znanja u drugim kontekstima, različitim od onog u kojem je znanje originalno usvojeno. Bit će prezentirani rezultati istraživanja studentskog razumijevanja grafova u različitim kontekstima, provedenog na 385 studenata prve godine s Fizičkog i Matematičkog odsjeka PMF-a u Zagrebu. Studenti su bili testirani testom koji je sadržavao osam skupova od po tri paralelna zadatka. U svakom pojedinom skupu zadaci su zahtijevali jednak matematički postupak, ali su imali različite kontekste: jedan je bio direktan matematički zadatak, drugi fizikalni (kinematički), a treći je uključivao neki drugačiji kontekst (ekonomija, biologija, svakodnevni život itd.). Podaci su analizirani Raschovom analizom, te su određene i uspoređene srednje težine zadataka po područjima. Rezultati pokazuju različitu uspješnost studenata ovisno o području, te ukazuju na značajne razlike u njihovom razumijevanju koncepta nagiba grafa i površine ispod grafa. Koncept nagiba pokazuje puno manju varijabilnost kroz područja u odnosu na koncept površine ispod grafa. Analiza obrazloženja koja su studenti dali uz odgovore na zadatke daje uvid u njihove strategije zaključivanja o grafovima, te ukazuje na to da odabrana strategija najčešće ovisi o kontekstu zadatka.

[1] Planinić, M., Milin-Šipuš, Ž., Katić, H., Sušac, A. & Ivanjek, L. Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics, *International Journal of Science and Mathematics Education*, **10** (2012) 1393

[2] Planinić, M., Ivanjek, L., Sušac, A. & Milin-Šipuš, Ž. Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts, *Phys. Rev. ST – PER* (2013), u tisku

Spora magnetska relaksacija u multiferoičnom $K_3Fe_5F_{15}$ i drugim sustavima

Damir Pajić¹, Zvonko Trontelj², Zvonko Jagličić², Marko Jagodić², Krešo Zadro¹, Nikolina Novosel¹, Emil Babić¹, Ramir Ristić³, Michael Reissner⁴, Peter Lackner⁴

¹Fizički odsjek PMF-a, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička c. 32, Zagreb

²Institut za matematiku, fiziku i mehaniku, Jadranska 19, Ljubljana, Slovenija

³Odjel za fiziku, Sveučilište u Osijeku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek

⁴Zavod za fiziku čvrstog stanja, Tehničko sveučilište u Beču, Beč, Austrija

Nanomagneti su najčešće jednodomenske magnetske strukture i zbog barijera anizotropije njihovi magnetski momenti pri niskim temperaturama ostaju ukočeni. Nakon promjene magnetskog polja magnetizacija sporo relaksira, što se objašnjava toplinskom aktivacijom momenata preko barijera i/ili tuneliranjem.

Magnetsko ponašanje spojeva iz multiferoične skupine $K_3Fe_5F_{15}$ pokazalo je neke sličnosti s ponašanjem magnetskih nanočestica i motiviralo na detaljno istraživanje relaksacije magnetizacije u vremenskim rasponima od nekoliko sati. Spora magnetska relaksacija dala je uvide u organiziranje magnetskih momenata na nanometarskoj skali. Ti rezultati doprinose i objašnjenju njihove multiferoičnosti.

Ovdje ću prikazati i objasniti taj slijed u $K_3Fe_5F_{15}$ [1], te povezati s ponašanjem spore relaksacije i u drugim sustavima, kao što su magnetske nanočestice [2], jednomolekulski magneti [3] i amorfne slitine [4].

[1] D. Pajić, Z. Jagličić, Z. Trontelj, J. Appl. Phys. **112** (2012) 073908

[2] D. Pajić, K. Zadro, R. E. Vandenberghe, I. Nedkov, J. Magn. Magn. Mater. **281** (2004) 353

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

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

Postoji li multiferoičnost u 2D organskim antiferomagnetima?

Marko Pinterić^{1,2}, Tomislav Ivek^{1,3}, Silvia Tomić¹, Martin Dressel³

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, Slovenija*

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

Mottov izolator κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Cl se sastoji od 2D slojeva molekulskih dimera raspoređenih u trokutastu rešetku. Teorijski modeli ukazuju na postojanje kvantnih električnih dipola na dimerima te vezanje dipola i spina koje povratno utječe na magnetske korelacije [1]. Ispod 50K počinju se razvijati jake antiferomagnetske (AF) fluktuacije, a ispod 25K se uspostavlja antiferomagnetsko uređenje s nagnutim spinovima [2, 3]. Istovremeno s razvojem AF korelacija javlja se dielektrična konstanta koja postiže maksimum oko 40K i pada s daljnjim sniženjem temperature [4]. Nedavna mjerenja drugih autora [5] tvrde multiferoičnost: dielektrični odgovor se tumači kao znak feroelektričnosti uslijed disproporcionacije naboja unutar dimera, a uspostava magnetskog uređenja kao posljedica uređenja naboja. Međutim, optička spektroskopija isključuje postojanje disproporcionacije što ukazuje na drugi uzrok dielektričnog odgovora [6]. Predlažemo scenarij kod kojeg u temperaturnom području $30 < T < 50$ K relevantnu ulogu imaju kratkodosežne diskomenzuracije AF faze, a na nižim temperaturama relaksacije nabijenih domenskih zidova u feromagnetskoj fazi.

[1] C. Hotta, Phys.Rev.B **82** (2010) 241104

[2] A. Kawamoto et al., Phys.Rev.B **52** (1995) 15522

[3] M. Pinterić et al., Eur. Phys. J. B **11** (1999) 217

[4] S. Tomić et al., u pripremi (2013).

[5] P. Lunkenheimer et al., Nat.Mater. **11** (2012) 755

[6] K. Sedelmeier et al., Phys.Rev.B **86** (2012) 245103

Skrivene konformne simetrije u blizini crnih rupa

Ivica Smolić¹, Edgardo Franzin²

¹*Fizički zavod, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

²*Sveučilište u Padovi, Italija*

Simetrije u blizini horizonata crnih rupa omogućuju nam dublji uvid u njihova termodinamička svojstva. Uobičajena metoda pronalaženja ovih simetrija jest analiza ponašanja klasičnih polja u okolini crnih rupa, na primjer, promatranjem valne jednadžbe za skalarno polje na pozadini prostor-vremena s crnom rupom, u prikladnom geometrijskom i parametarskom limesu. Ovdje ćemo izložiti prijedlog nove metode [1] u kojoj promatramo limes Killingove jednadžbe u blizini horizonta crne rupe i pokazati da se u slučaju sferno simetričnih crnih rupa tako dobiveni generatori skrivenih simetrija slažu s ranije dobivenim rezultatima.

[1] A new look at hidden conformal symmetries of black holes, JHEP **09** (2011) 081

Crne rupe i gravitacijski Chern-Simons ($D > 3$)

Loriano Bonora¹, Maro Cvitan², Predrag Dominis Prester³, Silvio Pallua²,
Ivica Smolić²

¹*International School for Advanced Studies (SISSA/ISAS), Via Bonomea 265, 34136 Trieste, Italy
and INFN, Sezione di Trieste, Italy*

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

³*Odjel za fiziku, Sveučilište u Rijeci*

Bit će govora o posljedicama dodavanja gravitacijskih Chern-Simons članova u postojeći (npr. Einstein-Hilbert) integral djelovanja za gravitaciju. Razmatramo posljedice na rješenja, posebno na rješenja za crne rupe, kao i na definiciju [1,3] i iznos entropije crnih rupa. Posljedice na rješenja ne postoje za široku klasu rješenja (npr. sferno simetrična) [2,5]. Najjednostavniji primjer crne rupe čiju geometriju Chern-Simons članovi mijenjaju i gdje je doprinos entropiji neisčezavajući razmatramo perturbativno oko sferno simetričnih rješenja [4].

[1] L. Bonora, M. Cvitan, P. Dominis Prester, S. Pallua and I. Smolić, “Gravitational Chern-Simons Lagrangians and black hole entropy,” JHEP **1107** (2011) 085 [arXiv:1104.2523 [hep-th]]

[2] L. Bonora, M. Cvitan, P. Dominis Prester, S. Pallua and I. Smolić, “Gravitational Chern-Simons Lagrangian terms and spherically symmetric spacetimes,” Class. Quant. Grav. **28** (2011) 195009 [arXiv:1105.4792 [hep-th]].

[3] L. Bonora, M. Cvitan, P. Dominis Prester, S. Pallua and I. Smolić, “Gravitational Chern-Simons terms and black hole entropy. Global aspects,” JHEP **1210** (2012) 077 [arXiv:1207.6969 [hep-th]].

[4] L. Bonora, M. Cvitan, P. Dominis Prester, S. Pallua and I. Smolić, “Stationary rotating black holes in theories with gravitational Chern-Simons Lagrangian term,” Phys. Rev. D **87** (2013) 024047 [arXiv:1210.4035 [hep-th]].

[5] L. Bonora, M. Cvitan, P. Dominis Prester, S. Pallua and I. Smolić, “Symmetries and gravitational Chern-Simons Lagrangian terms,” arXiv:1305.0432 [hep-th].

Ultra-brza kvantna kriptografija zasnovana na kvantnom hipersprezanju i novim detektorima fotona

Mario Stipčević¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Predstavit ćemo istraživanja iz kvantne informacije i kvantne optike u Laboratoriju za elektroslabe interakcije Zavoda za eksperimentalnu fiziku. Od devedesetih godina kvantna fizika doživljava renesansu u kojoj kvantna informacija igra središnju ulogu, a eksperimenti su dobili značajni zamah razvojem optičkih tehnika. Naglasak predavanja će biti na tekućim istraživanjima ultra-brze kvantne kriptografije zasnovane na kvantnom hipersprezanju i novim detektorima pojedinačnih fotona koja obavljam u suradnji s vrhunskim američkim i europskim centrima izvrsnosti.

Potruga za fizikom van Standardnog Modela na LHC-u

Vuko Brigljević¹, Senka Đurić¹, Krešo Kadija¹, Jelena Luetić¹, Darko Mekterović¹, Srećko Morović¹, Lucija Tikvica¹, Marko Kovač², Damir Lelas², Roko Pleština², Ivica Puljak², Željko Antunović², Dunja Polić², Nikola Godinović²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Sveučilište u Splitu*

Standardni model (SM) elementarnih čestica uspješno opisuje široki spektar opažanja. Otkriće novog bozona na Velikom hadronskom sudarivaču (LHC) na CERN-u 2012. godine vjerojatno predstavlja potvrdu centralne pretpostavke SM, postojanje higgsovog polja, putem kojeg sve ostale čestice dobivaju masu. Međutim, čak i ako se novonađeni bozon potvrdi kao dugo traženi Higgs bozon, SM ne može predstavljati konačan opis temeljnih fizikalnih zakona jer ne daje odgovor na brojna pitanja. Npr. ne može objasniti od čega se sastoji tamna tvar u svemiru. Takvi problemi su motivirali stvaranje teorija kojima bi se proširio Standardni model i koje predviđaju nova fizikalna stanja na višim energijama. U brojnim scenarijima se predviđaju nova stanja na TeV skali, koja je upravo u dosegu LHC-a. Jedna od centralnih misija eksperimenata na LHC-u je upravo potraga za manifestacijama fizike izvan SM. Od početka rada LHC-a 2010. je proveden širok program portage za novom fizikom i testiranje brojnih modela, uključujući npr. potragu za supersimetričnim česticama ili manifestacijama novih dimenzija. U ovom izlaganju će se dati pregled tog programa. Izdvojiti će se nekoliko primjera potrage za novom fizikom u kojima će biti ilustrirane korištene metode mjerenja, i dat će se sažetak najvažnijih rezultata potrage na novom fizikom na LHC-u.

Sažeci postera

Sudarne laserski proizvedene plazme

Domagoj Kos¹, Marijan Biščan², Nikša Krstulović²

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička Cesta 32,
10 000 Zagreb

²Institut za fiziku, Bijenička Cesta 46, 10 000 Zagreb

Laserski proizvedene plazme (LPP) nastaju procesom laserske ablacije kada se laserski puls fokusira na površinu mete. Tada se iznad površine mete formira oblak vruće i guste plazme koji evoluiru u prostoru i vremenu, te se radijativno hladi. Kako se plazmeni oblak širi, tako se i sadržaj plazme mijenja. Cijepanjem laserskog snopa za ablaciju na dva istovjetna snopa moguće je postići sudar između LPP te dobiti sudarne laserski proizvedene plazme (SLPP). Ovisno o sudarnom parametru, moguća je formacija stagnacijskog sloja čija gustoća, temperatura, vrijeme života i raspodjela čestica se razlikuju od onih u slučaju LPP[1, 2, 3].

Laserskom apsorpcijskom spektroskopijom pomoću optičkog rezonatora (eng. *Cavity Ring-Down Spectroscopy*, CRDS) promatrana je dinamika SLPP, a posebno stagnacijskog sloja na osnovu mjerenja apsorpcije iz stanja željeza $3d^7(^4F)4s$ u stanje $3d^7(^4F)4p$ na 387.802 nm i iz osnovnog stanja $3d^64s^2$, $J=2$, u stanje $3d^6(^5D)4s4p(^3P^o)$, $J=1$, na 387.857 nm. Određene su brzine čestica i evolucija gustoće plazme.

[1] H. Luna, K. D. Kavanagh i J. T. Costello, J. Appl. Phys. **101** (2007) 033302

[2] P. Hough, C. McLoughlin, S.S. Harilal, J. P. Mosnier i J. T. Costello, J. Appl. Phys. **107** (2010) 024904

[3] J. Dardis i J. T. Costello, Spectrochim Acta B **65** (2010)

Reakcije neutrina i antineutrina niskih energija s atomskim jezgrama

Deni Vale¹

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Reakcije neutrina s jezgrama na niskim energijama imaju važnu ulogu u astrofizici, od evolucije supernove do nukleosinteze, ali i u rješavanju ključnih, još uvijek neodgovorenih temeljnih pitanja iz fizike elementarnih čestica vezanih uz masenu hijerarhiju dosad triju vrsta poznatih neutrina te njihovih antičestica, kao i o eventualnom postojanju “sterilnih” vrsta, te brojnih drugih pitanja. Riječ je o iznimno rijetkim reakcijama koje uključuju slabu interakciju i jako su osjetljive na strukturu osnovnog i pobuđenih stanja jezgara. Stoga je korištenje konzistentnog mikroskopskog modela koji opisuje strukturalna svojstva jezgre mete ključno za kvantitativan opis reakcija neutrina s jezgrama [1, 2]. U okviru ovog rada istraženi su inkluzivni udarni presjeci neelastičnih neutrino-jezgra i antineutrino-jezgra raspršenja na niskim energijama do 300 MeV za jezgre mete ^{12}C , ^{16}O , ^{56}Fe i ^{208}Pb u okviru relativističke teorije energijskih funkcionala [3]. Osnovno stanje jezgre-mete opisano je pomoću relativističkog Hartree-Bogoliubov modela, Hamiltonijan slabe interakcije između upadnog neutrina i hadrona dan je u struja-struja obliku, dok su prijelazi u pobuđena stanja jezgre prilikom neutrino-jezgra reakcije nabijene struje izračunati pomoću relativističke kvazičestične aproksimacije slučajnih faza. Poznavajući eksperimentalne tokove neutrina izračunate su uprosječene vrijednosti udarnih presjeka prethodno navedenih reakcija. Uočeno je da su uprosječene vrijednosti udarnih presjeka antineutrina nekoliko puta manje nego u slučaju neutrina kod lakih jezgara dok kod srednje teških i teških razlika iznosi red veličine. Napravljene su numeričke simulacije dolaznih tokova neutrina sa supernove tipa II uključujući pripadne učinke gustog neutrinskog plina u blizini neutrinofere, pozadine velike gustoće i dekoherencije valnih paketa prilikom širenja kroz svemir i dolaska do Zemlje, pripadnih inkluzivnih udarnih presjeka i uočenog broja događaja savršenog detektora od prethodno navedenih materijala [3]. Na temelju uočenog broja događaja za pojedinu neutrinsku i antineutrinsku vrstu te iz njihova odnosa moguće je ustanoviti tip masene hijerarhije za slučaj neutrina kao Diracovih čestica, ali i razumijevanje etapa kroz koje prolazi eksplodirajuća zvijezda, o energiji koju odnose neutrim, nukleosintezi elemenata i njihovoj zastupljenosti, te o nizu učinaka uslijed međudjelovanja s pozadinskom materijom i dekoherencije valnih paketa prilikom širenja kroz svemir. Dolazni tokovi neutrina (i antineutrina) sa supernove i njihova detekcija indirektni su pokazatelji (mogućeg) postojanja skupa učinaka vezanih uz područja visoke neutrinske gustoće – kolektivnih učinaka.

[1] N. Paar, H. Tutman, T. Marketin, T. Fischer, *Phys. Rev. C* **87**, 025801 (2013).

[2] H. Đapo, N. Paar, *Phys. Rev. C* **86** 035804 (2012).

[3] D. Vale, N. Paar, u pripremi (2013).

Računanje vremenske distribucije u kvantnoj i Bohmovoj mehanici

Detlef Dürr¹, Mate Jagnjić², Nicola Vona¹

¹*Mathematisches Institut LMU, Theresienstr. 39, D-80333 München*

²*Prirodoslovno - matematički fakultet, Teslina 12, 21000 Split*

Vrijeme u kvantnoj mehanici, odnosno distribucija vremena, je tema o kojoj se raspravljalo u samim začetcima kvantne mehanike, a koja ni danas nije razriješena [1]. Vremenska distribucija se uobičajno opisuje preko semiklasične aproksimacije gdje se uzima relacija $t = x/v$ i pretpostavi se da je x udaljenost između detektora i izvora. Vremenska distribucija se, na ovaj način, izvede iz distribucije brzine, odnosno količine gibanja [2]. Premda je ova metoda vrlo efektivna, riječ je o aproksimaciji, te i dalje nije jasno koja bi distribucija trebala biti upotrijebljena. Jedna mogućnost je predložena iz Bohmove mehanike i bazirana je na kvantnoj struji [3, 4]. U ovom radu predlažemo eksperiment koji pokazuje ograničenje semiklasičnog pristupa. Razlike između ova dva pristupa već su vidljivi u simulaciji jednodimenzionalnog slučaja superpozicije dva slobodna Gaussova valna paketa [5]. Također promatramo slučaj superpozicije dva valna paketa u dvije dimenzije kao kandidata za realan eksperiment.

[1] G. Muga, R. S. Mayato, I. Egusquiza, Time in Quantum Mechanics – Vol. 1, Lect. Notes Phys. 734 (Springer, Berlin Heidelberg), DOI 10.1007/978-3-540-73473-4 (2008)

[2] J. G. Muga., C. R. Leavens, Arrival time in quantum mechanics, Physics Reports, Volume 338, Issue 4, p. 353-438. (2000)

[3] M. Daumer, D. Dürr, S. Goldstein, N. Zanghi, Journal of Statistical Physics 88, 967 - 977 (1997)

[4] C. R. Levans, Time of arrival in quantum and Bohmian mechanics, Phys. Rev. A 58, 840–847 (1998)

[5] Nicola Vona, What is a Time Measurement? (nije publicirano)

Magnetska anizotropija sustava sa spinskim tetramerima SeCuO_3

Antonija Grubišić Čabo¹, Mirta Herak², Boris Rakvin³

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička c. 32, 10000 Zagreb

²Institut za fiziku, Bijenička 46, 10000 Zagreb

³Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb

Niskodimenzionalni magnetski sustavi predstavljaju iznimno zanimljivo i plodno područje istraživanja magnetizma u materijalima. Zbog relativno jednostavnih magnetskih rešetki ti spojevi idealni su za teorijsko proučavanje, a istovremeno su realizirani i u stvarnim materijalima što omogućava paralelno eksperimentalno proučavanje tih spojeva i na taj način produbljivanje razumijevanja magnetskih interakcija u materijalima. Ovisno o dimenziji magnetske rešetke, o prisustvu defekata, frustracije te dimenziji spina, postoji iznimno velik broj različitih osnovnih stanja koja mogu biti ostvarena u niskodimenzionalnim magnetima. Jedan takav novi spoj je i SeCuO_3 u kojem magnetizam dolazi od spina $S=1/2$ iona bakra, a dominantne magnetske interakcije među spinovima stvaraju rešetku izoliranih tetramera [1]. Slaba interakcija među tetramerima vodi ovaj sustav u antiferomagnetski dugodosežno uređeno stanje pri temperaturama manjim od $T_N=8\text{K}$. U magnetima sa bakrovim spinom $S=1/2$ glavni izvor magnetske anizotropije je anizotropija elektronskog g faktora, a manji doprinos može dati anizotropija energije izmjene. Mjerenja makroskopske anizotropije magnetske susceptibilnosti pokazala su da u ovom spoju dolazi do rotacije makroskopskih magnetskih osi u jednoj od kristalografskih ravnina. Za razumijevanje mehanizma te rotacije načinili smo i detaljna temperaturno ovisna mjerenja elektronske paramagnetske rezonancije koja su pokazala da se i anizotropija g faktora temperaturno mijenja. Korelacijom tih mjerenja i temperaturne ovisnosti anizotropije susceptibilnosti testirat ćemo model izoliranih spinskih tetramera te pokušati konstruirati spinski hamiltonijan ovog sustava.

[1] I. Živković et al. , Phys. Rev. B **86** (2012) 054405

Transportna svojstva jako koreliranih sustava blizu nabojnog i spinskog uređenja

Andrea Kadović¹, Eduard Tutiš²

¹Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet, Fizički odsjek, istraživački studij

²Institut za fiziku, Zagreb

Problem transporta lokaliziranih nositelja naboja dobro je poznat za slučaj propagacije malog broja čestica u kristalnom mediju. U ovom izlaganju razmatra se granica visokih koncentracija kada je situacija složenija zbog nezanemarivih međudjelovanja nositelja, te mogućnosti formiranja nabojnog i/ili spinskog uređenja. Primjer takvog sustava nedavno je opisani organski kagome materijal ($EDT - TTF - CONH_2$)₆[$Re_6Se_8(CN)_6$] [1,2]. Formiranje njegovog osnovnog stanja interesantno je također zbog geometrijskog aspekta same kagome rešetke i postojanja spinske frustracije.

Numerički račun transportnih koeficijenata proveden je unutar Mahanovog formalizma [3,4] u Blume-Emery-Griffiths modelu s dva parametra (kratkodosežna kulonska V i spinska interakcija J). Ispitana je temperaturna i koncentracijska ovisnost transportnih koeficijenata (termoelektrični koeficijent i električna vodljivost). Reproducirali smo eksperimentalno opaženi meki prijelaz metal – poluvodič, te ovisnost predznaka Seebeckovog koeficijenta o temperaturi i koncentraciji nositelja naboja u niskotemperaturnoj fazi. Oštri minimum u ovisnosti električne vodljivosti o koncentraciji pojavljuje se kao posljedica nabojnog uređenja.

[1] S. A. Baudron et al., *J. Am. Chem. Soc.* **123** (33), 11785-11797 (2005).

[2] A. Olariu et al. (preprint).

[3] J. F. Kwak and G. Beni, *Phys. Rev. B* **13**, 2 (1976).

[4] G. D. Mahan, *Phys. Rev. B* **14**, 2 (1976).

Eksperimentalno određivanje multipolariteta elektromagnetskih prijelaza izazvanih reakcijama prijenosa nukleona

Andrea Horvat¹, Tea Mijatović¹, Suzana Szilner¹, PRISMA-CLARA kolaboracija²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Laboratori Nazionali di Legnaro - INFN, Legnaro, Italija*

Reakcije prijenosa nukleona pri energijama bliskim kulonskoj barijeri daju vrijedne informacije o nuklearnoj strukturi i mehanizmu reakcije. Koristeći detektorski sustav koji sadrži magnetski spektrometar velikog prostornog kuta vezan uz γ detektor moguće je identificirati produkte reakcije u širokom rasponu masa i kinetičkih energija, te pripadne γ spektre pojedinih produkata, preko fragment - γ koincidencije.

Reakcija $^{40}\text{Ar} + ^{208}\text{Pb}$ mjerena je PRISMA-CLARA detektorskim sustavom u *Laboratori Nazionali di Legnaro*. Spektri pobuđenja izotopa argona izazvani reakcijama prijenosa neutrona ukazuju na značajno pobuđenje stanja najniže energije za dani spin (tzv. stanja yrasta), te jednočestična stanja i stanja koja su objašnjena vezanjem kolektivnih vibracija na jednočestične stupnjeve slobode u slučaju neparnih izotopa argona [1]. Cilj nam je iskoristiti modularnost CLARA γ detektora za iz vrednjavanje kutne raspodjele promatranih γ prijelaza, i pomoću toga pokušati odrediti njihove multipolaritete.

[1] S. Szilner *et al.* *Phys. Rev. C* **84**, 014325 (2011)

Istraživanje niskotemperaturnih Ramanovih spektara glikolne i mliječne kiseline

Vlasta Mohaček Grošev¹, Vladimir Šoštarić²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

Glikolna i L-mliječna kiselina pripadaju u glavne komponente od kojih se izgrađuju bio-razgradivi materijali koji se primjenjuju u medicini, ali i u prehrambenoj industriji [1-3]. Vibracijske spektroskopije su prikladne metode za praćenje promjena pri hidrataciji, polimerizaciji i uređenju u molekulskim kondenziranim sustavima. Ovdje su izučavane temperaturne promjene u polikristaliničnoj mliječnoj i glikolnoj kiselini Ramanovom spektroskopijom. Ramanovi spektri od sobne temperature pa sve do 10 K pokazuju veliku temperaturnu stabilnost oba spoja. Mliječna kiselina razlikuje se od glikolne supstitucijom CH₃ grupe na mjestu metilenskog vodika, pa su vibracije slobodnih molekula donekle slične. No dok glikolna kiselina kristalizira u prostornoj grupi P2₁/c uz Z=8 molekula u jediničnoj ćeliji, molekule L-mliječne kiseline raspoređuju se u ćeliji prostorne grupe P2₁2₁2₁ koja sadrži Z=4 molekule. U obje kiseline postoje dvovrsne vodikove veze: jedna između alkoholne OH grupe i karbonilnog kisikovog atoma, te druga između kiselinske OH grupe i alkoholnog O atoma. Asignacijom vibracijskih spektara omogućeno je razlikovanje kiselinskih i alkoholnih hidroksilnih grupa te procijenjena jakost vodikovih veza.

[1] A. Rafati, A. Boussahel et al. J. Controlled Release 162 (2012) 321–329.

[2] S. Inkinen, M. Hakkarainen, A.-C. Albertsson, A. Söderg, Biomacromolecules 12 (2011) 523–532.

[3] Y.-J. Wee, J.-N. Kim, H.-W. Ryu, Food Technol. Biotechnol. 44 (2006) 163–172.

Razvoj i karakterizacija metoda rekonstrukcije događaja pri velikom broju vremenski bliskih sudara u budućem CMS detektoru

Ivana Kurečić¹

¹*Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

Predstavlja se rad izveden na CERN Summer Student programu tijekom ljeta 2013. godine; mentori dr. Gianluca Cerminara i dr. Giovanni Franzoni.

Rekonstrukcija događaja u CMS-u (Compact Muon Solenoid) nadogradnjom LHC-a (Large Hadron Collider) će se suočiti s velikim izazovima koji slijede iz povećanog broja proton-proton sudara i međugre otisaka čestica iz sudaranih skupina. Proučene su metode rekonstrukcije događaja koje vode povezivanju otisaka u različitim dijelovima detektora, oslanjajući se na zrnatost i predviđene mogućnosti mjerenja vremena u nadograđenom CMS-u. Korištena je parametrizirana simulacija detektora, te je ocijenjena uspješnost razvijenih metoda pri analizi proučavanih fizikalnih reakcija.

Pretražna mikroskopija transmitiranih iona pomoću plinskog detektora

Ivan Sudić¹, Zdravko Siketić², Milko Jakšić²

¹Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička 32, Zagreb

²ZEF, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb

Prolaskom brzih iona kroz tanke uzorke dolazi do gubitka njihove energije koja je proporcionalna debljini uzorka na mjestu prolaska iona. Korištenjem pretražnog (scanning) fokusiranog ionskog snopa moguće je raditi oslikavanje (imaging) promjena debljina uzorka kroz koji ioni prolaze. Što je energija iona manja odnosno što je veća težina iona, mogućnost detekcije većih promjena u debljini uzoraka raste. Kako bi omogućili oslikavanje promjena u debljini na nanometarskim razinama, potrebno je koristiti teške ione, čija je detekcija konvencionalnim poluvodičkim detektorima jako otežana zbog brzog oštećenja samog detektora. Nedavno su razvijeni jednostavni plinski proporcionalni detektori sa SiN prozorima koji su neosjetljivi na ozračavanje teškim ionima. Također je njihova energijska razlučivost u MeV-skom području energija bolja od silicijskih detektora. U radu je opisan dizajn i konstrukcija minijaturnog plinskog detektora, ispitivanje njegovih karakteristika za detekciju teških iona, te demonstracija korištenja detektora za STIM metodu na ionskoj mikroprobi akceleratorskog sustava na Institutu Ruđer Bošković.

[1] A.M. Müller, A. Cassimi, M. Döbeli, M. Mallepell, I. Monnet, M.J. Simon, M. Suter, H.-A. Synal, A new mini gas ionization chamber for IBA applications, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B **269** (2011) 3037-3040

[2] A.C. Marques, M.M.F.R. Fraga, P. Fonte, D.G. Beasley, L.C. Alves, R.C. da Silva, New gas detector setup for on-axis STIM tomography experiments, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B (2013)

Konstrukcija umjetne Lorentzove sile i njen utjecaj na dinamiku hladnog atomskog oblaka

Tena Dubček¹, Vedran Vekić¹, Hrvoje Buljan¹, Neven Šantić², Gordana Kregar², Damir Aumiler², Ticijana Ban²

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

²Institut za fiziku, Zagreb

Teorijski ćemo pokazati kako za hladne neutralne atome u gibanju (brzina $\mathbf{v}$) konstruirati umjetno magnetsko polje $\mathbf{B}_u$, a time i umjetnu Lorentzovu silu $\mathbf{F}_u = \mathbf{v} \times \mathbf{B}_u$. Umjetno magnetsko polje, odnosno umjetna Lorentzova sila, može se dobiti međudjelovanjem elektromagnetskog zračenja lasera s nekoliko unutarnjih atomskih stanja (u računu koristimo realna stanja ^{87}Rb atoma) i korištenjem Dopplerovog efekta. Uz konstrukciju umjetne sile, opisati ćemo i efekte koje ona stvara pri gibanju hladnog atomskog oblaka, poput Hallovo efekta.

Trenutno postoje dva različita pristupa dobivanju umjetnih magnetskih sila na neutralne atome [1]. Prvi se oslanja na matematičku analogiju Lorentzove sile i Coriolisove sile nastale rotacijom sustava atoma, dok se u drugome koristi međudjelovanje lasera i atoma. Međutim, u oba slučaja radi se o kvantno degeneriranim ultrahladnim plinovima te je svega nekoliko eksperimenata [1,2] uspjelo pokazati takvo umjetno magnetsko polje.

Naša metoda primjenjiva je na klasične hladne plinove i omogućava dobivanje vrlo jakih umjetnih polja (jačih nego u eksperimentu [2]) koja imaju tok približno homogen na nekoliko kvadratnih milimetara. Potpis te umjetne magnetske sile vidi se na gibanju atomskog oblaka te na raspodjeli atoma po brzinama.

[1] J. Dalibard *et al.*, Rev. Mod. Phys. **83**, 1523 (2011).

[2] Y.-J. Lin *et al.*, Nature **462**, 628 (2009).

Fluorescentna korelacijska spektroskopija

Marko Šoštar¹, Damir Aumiler²

¹*Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

Nedavni napredak u tehnikama koje se bave detekcijom na jednomolekulskoj razini, otvorio je nove horizonte za proučavanje individualnih makromolekula u fiziološkim uvjetima. Interna dinamika i aktivnost pojedinačnih biomolekula, parametri koji su do sada bili skriveni u velikim ansamblima, napokon se počinju rasvijetljivati. Jedna od takvih novih privlačnih tehnika je i Fluorescentna korelacijska spektroskopija (FCS), koja je nedavno pokucala i na vrata Hrvatske. Ova vremenska analiza fluktuacija uglavnom se koristi u sprezi sa konfokalnim sistemima, pruža vrlo visoku osjetljivost i statističku pouzdanost, te veliku količinu informacija kao što su difuzijski koeficijenti, hidrodinamički radijusi, prosječne koncentracije, singlet-triplet dinamika itd. Nadalje, ima široku primjenu, kako u istraživanju biomolekula na površinama i u otopinama, tako i istraživanjima unutar živih stanica, te je kao takva našla svoje zasluženo mjesto i ovdje na Institutu za fiziku u Zagrebu.

[1] J. R. Lakowicz, *Principles of Fluorescence Spectroscopy* (Springer, 2006.)

[2] S.T.Hess, S.Huang, A.A.Heikaland, W.W.Webb, *Biochemistry*, 41(3),697-705(2002.)

[3] P. Schwille, E. Haustein, *Fluorescence Correlation Spectroscopy*

Statistička analiza prekursora antimikrobnih peptida kod žaba

Toni Šćulac¹, Mario Novković², Jure Simunić¹, Larisa Zoranić¹, Davor Juretić¹

¹*Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno matematički fakultet, Nikole Tesle 12, Split*

²*Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Rämistrasse 101 8092 Zurich Switzerland*

Višestanični organizmi koriste antimikrobske peptide (AMP) kao obrambeni mehanizam od raznih vrsta mikroba [1]. Prekursor antimikrobnih peptida sastoji se od signalnog dijela (koji se odvaja u ranoj fazi nastanka peptida), PREPRO dijela peptida i zrelog dijela peptida (AMP). Ideja ovog rada je statističkom analizom primarne strukture peptida iz baze "Database of Anuran Defense Peptides" [2] naći prediktore sekundarne i tercijarne strukture, osmisliti način za pronalaženje novih antimikrobnih peptida, te ispitati da li je struktura žabljih nezrelih AMP-ova u skladu s idejom "Charge Zipper" mehanizma [3]. Podijelili smo aminokiseline (AK) u tri skupine: pozitivno nabijene (+), negativno nabijene (-) i neutralne (N), te uveli pojam motiva kao slijed od najmanje četiri aminokiseline kojem su na kraju nabijene aminokiseline (npr. '-NN+'). Analiza distribucije učestalosti aminokiselina pokazala je da PREPRO dio sadrži većinom nabijene AK (frekvencija nabijenih AK iznosi 69%, dok je očekivana vrijednost 22,5% [4]), a AMP dio ima raznoliku raspodjelu aminokiselina. Prosječni ukupan naboj nezrelog peptida iznosi -4 što narušava osnovni koncept "Charge Zipper" mehanizma o spajanju suprotno nabijenih aminokiselina i neutralizaciji cijelog peptida. Značajna je razlika u ukupnom broju različitih motiva AMP (1357) i PREPRO (7705) dijela. Motivi u AMP ukazuju na strukturu amfipatične α uzvojnice što je u skladu s dosadašnjim rezultatima [1], što nije slučaj kod PREPRO dijela. Analiza motiva PREPRO slijeda definirala je četiri karakteristična motiva koja su sadržana u 99% svih PREPRO peptida. Ovo istraživanje sugerira kompleksniju strukturu nezrelog AMP od pretpostavljenog modela "Charge Zipper", te ostavlja otvoreno pitanje o važnosti velikog broja nabijenih AK u PREPRO dijelu. Daljnje istraživanje uključit će i simulacije molekularne dinamike.

[1] Zasloff M. (2002) Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature* 415(6879):389-395

[2] <http://split4.pmfst.hr/dadp>

[3] Walther Torsten, Gottselig C., Grage S. et al. (2013) Folding and Self-Assembly of the TatA Translocation Pore Based on a Charge Zipper Mechanism. *Cell* 152:316-326

[4] <http://prowl.rockefeller.edu/aainfo/struct.htm>

Požari kao kompleksni sustavi: primjer Dalmacije

Danijel Beserminji¹

¹*PMF Sveučilište u Splitu, Fizika, fizika okoliša*

Ovaj rad je napravljen u okviru seminarskog rada za kolegij Fizika šumskih požara na smjeru Fizike okoliša PMF u Splitu pod voditeljstvom K. Biljaković i D. Starešinića. Cilj je bio razraditi neke aspekte šumskih požara kao kompleksnog sistema [1] i u konačnici to prikazati kao konkretnu interdisciplinarnu primjenu fizike [2,3].

U radu su obrađeni podaci za šumske požarima u Dalmaciji po regijama (obala, otoci, Zagora) te popripadnim županijama (Zadarska, Šibensko – kninska, Splitsko – dalmatinska, Dubrovačko - neretvanska) u periodu od 1996. do 2007.

Cilj obrade podataka je ustvrditi dosadašnju raspodjelu požara i osnovne parametre koji ih karakteriziraju te ustvrditi postoje li neke osnovne pravilnosti koje bi se mogle iskoristiti u daljnjem poboljšanju i unapređenja protupožarne zaštite kao i samog djelovanja kad se požar već desi.

Utvrđeno je da karakteristične raspodjele opožarenih površina slijede funkciju razvučene ekspanzije za više od 80 posto požara, koje za veće požare prelaze u zakon potencije predviđen modelom [1]. Fizikalno, to znači da šumski požari u Dalmaciji do određene veličine imaju karakterističnu površinu, a nakon te određene granice postaju fenomen bez svojstvene skale (scale free).

[1] B.D. Malamud, G. Morein, D.L. Turcotte: Forest fires: An example of self-organized critical behavior, *Science* **281**, 1841 (2003) 1

[2] R. Rosavec, D. Dominko, D. Barčić, A. Kuveždić, D. Starešinić, M. Vučetić, Ž. Španjol, K. Biljaković: Some factors influencing frequency-area statistics of forest fires on Adriatic islands, *International Journal of Wildland Fire* **17** (2008) 68

[3] K. Biljaković, D. Starešinić, D. Dominko, I. Crljenica, B. Podobnik, A. Golub: Požari u Republici Hrvatskoj: prostorna i vremenska analiza, *Zbornik 2. Konferencije Hrvatske Platforme* (2010)

Istraživanje utjecaja prostornih ograničenja na dinamiku gustih polimera sa širokopojasnom dielektričnom spektroskopijom

Ivana Nikić¹, Margarita Krutyeva², Ana Bras²

¹*Department of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb, P.O. Box 331, HR-10000 Zagreb, Croatia*

²*Jülich Centre for Neutron Science JCNS (JCNS-1) and Institute for Complex Systems (ICS-1), Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich, Germany*

Razumijevanje dinamike prostorno ograničenih polimera bitno je za primjenu prvenstveno u nanotehnologiji, za izradu novim materijala sa pojačanim svojstvima, kao npr. proučavanje nanokompozita. Metode neutronske raspršenja omogućuju analiziranje dinamike polimera i njihovu interakciju sa okolnim prostornim ograničenjem na raznim vremenskim skalama [1]. Zbog čega se u ovom projektu dinamika polimera istražuje pomoću komplementarne metode širokopojasne dielektrične spektroskopije. Sustavi čiju smo dinamiku istraživali su gusti polimeri polyisoprene (PI) ($M_w=6$ kg/mol i $M_w=130$ kg/mol) i polybutadiene (PB) ($M_w=23,4$ kg/mol). Uzorci su podijeljeni na polimere infiltrirane u porozne membrane anodnog aluminijskog oksida (AAO) različitih promjera pora. AAO je membrana debljine $150\text{ }\mu\text{m}$ sa dobro definiranim matricom cilindričnih pora, pore su za dva uzorka rađene sa promjerima 20 i 60 nm. Kao referentni uzorci koriste se rezultati mjerenja polimera u bulku. Širokopojasna dielektrična spektroskopija mjeri odziv sustava na polja u rasponu frekvencija od 10^{-2} do 10^6 Hz. Sve uzorke smo mjerili kroz temperaturne intervale od 198 K do 338 K. Rezultati pokazuju da su relaksacijski procesi za oba polimera (PI i PB) ograničena u zatvorenom prostoru različiti nego rezultati za bulk sustave, demonstrirajući promjenu u dinamici polimera zbog prostornog ograničenja. Točnije, normalni relaksacijski mod vezan za pokretanje kompletnog lanca polimera usporen je za PI polimer infiltriran u porama, dok ponašanje alfa relaksacijskog moda zaduženog za prelazak u fazu stakla, mijenja svoju temperaturnu ovisnost iz Vogel-Fulcher-Tamman ovisnosti u bulk uzorcima, u temperaturnu ovisnost opisanu Arrheniusovom formulom kod uzoraka u membrani. Kako PB nema normalni relaksacijski mod, primjećujemo promjenu alfa relaksacijskog moda, te na višim temperaturama pojavu dodatnog relaksacijskog moda čija je temperaturna ovisnost također opisana VFT teorijom.

[1] M. Krutyeva et al., J.Chem.Phys. 131 174901, (2009)

Hallov pojav i električna otpornost $Cu_{55}Hf_{45-x}Ti_x$ metalnih stakala

Jovica Ivkov¹, Ramir Ristić², Emil Babić³, Ignacio A. Figueroa⁴

¹*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46, HR-10000 Zagreb*

²*Odjel za fiziku, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera, Trg Ljudevita Gaja 6, HR-31000 Osijek*

³*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička cesta 32, HR-10002 Zagreb*

⁴*Institute for Materials Research-UNAM, Ciudad Universitaria Coyoacan, C.P. 04510 Mexico D.F., Mexico*

Sustavno istraživanje $Cu_{55}Hf_{45-x}Ti_x$ metalnih stakala pokazalo je da se u području koncentracija $0 \leq x \leq 30$ javljaju masivna metalna stakla (MMS). U istom području x javlja se duboki minimum temperature taljevine [1]. Nedavno proučavanje magnetske susceptibilnosti i mehaničkih svojstava (Youngov modul i mikrotvrdoća) istih slitina pokazalo je monotoni rast tih svojstava s x , bez anomalija u području MMS [2].

Prikazat ćemo rezultate potankih mjerenja električne otpornosti i Hallovog koeficijenta tih slitina u ovisnosti o koncentraciji i temperaturi $80 \leq T \leq 300$. Ta svojstva, usko povezana s elektronskom strukturom i dinamikom elektrona također monotono ovise o x i ne pokazuju posebnosti u području formiranja MMS. Posebno, otpornosti se slabo smanjuju s x , a njihove temperaturne ovisnosti sukladne su učincima slabe početne lokalizacije elektrona. Istovremeno, Hallovi koeficijenti (R_H) pozitivni su, praktički neovisni o temperaturi i rastu približno linearno s x . Dakle, ni R_H , ni električne otpornosti ne upućuju na formiranje MMS. Kako sve proučavane slitine imaju jednak broj elektrona po atomu, e/a , taj kriterij za određivanje sastava MMS nije primjenjiv na proučavani sustav [3].

[1] I. A. Figueroa, H. A. Davies, I. Todd, J.A. Verduzco, P. Hawksworth, Adv. In Tech. of Met. and Mat. Proc. J. **8** (2006) 146

[2] R.Ristić, E. Babić, D. Pajić, K. Zadro, I.A. Figueroa, H.A. Davies, I. Todd, A. Kuršumović, Solid State Commun., **151** (2011) 1014

[3] M. Fukuhara, M. Takahashi, Y. Kawazoe, I. Inoue, Appl. Phys. Lett., **90** (2007) 073114

Rezonance u gibanju planeta i satelita u sunčevom sustavu i planeta odabranih zvijezda

Antun Rubčić¹, Jasna Baturić-Rubčić¹

¹PMF-Fizički odsjek, Zagreb

U zadnje tri godine otkriveno je nekoliko planetarnih sustava zvijezda sa po 5 do 7 planeta. Astronomski podaci potvrđuju model prvobitno izveden na bazi podataka u sunčevom sustavu refs. [1],[2],[3] i [4]. Fizikalna osnova modela je diskretizacija (kvantizacija) specifične kutne količine gibanja $J_n \sim n$, koja vodi na kvadratni zakon raspodjele radijusa orbita $r_n \sim n^2$ i periode $T_n \sim n^3$. Rezonancija u gibanju dvaju planeta x i y definirana je omjerom pripadnih perioda T_x/T_y , x i y su cijeli brojevi bez objašnjenja. Na primjer, za Jupiterove satelite Ganymedes i Europa taj omjer je $T_{Gan}/T_{Eu} = 2.015$ što definira rezonanciju 2:1. Za pet satelita od Amalthea do Callisto ima 10 omjera m/n . Linearna regresija svih omjera T_x/T_y u zavisnosti m/n daje 10 omjera $T_n/T_m = (m/n)^3$. Slijedi za $T_{Gan}/T_{Eu} = (m/n)^3 = (\frac{5}{4})^3 = 1.953$ što je blizu rezonanciji 2:1. Približnost realnih vrijednosti od onih dobivenih regresijom mogu se tumačiti kao bliska sumjerljivost. U radu će biti dani brojni detalji za podršku ove tvrdnje. Biti će izloženi grafovi i računi za planete i satelite u Sunčevom sustavu i za zvijezde HD-40307, HD-10180, Kepler-11, - 20, -33, 55Cnc i KOI -500.

[1] Fizika B 7, 1 (1998.)

[2] Fizika A 18 (2009.)

[3] Ref.[1] reprinted in F.Smarandache and V.Christianto (editors) quantization in Astrophysics, Brownian Motion and Supersymmetry, MathTiger, India (2007) p.1-19.

[4] Ref.f2] reprinted in F.Smarandache , V.Christianto and P.Pintr (editors) Quantization and Discretization at Large Scales, ZIP publishing, Columbus, Ohio, USA (2012) p.1-14.

Direktna evaporacija molekula iz planetarnih atmosfera inducirana sudarima

Marko Gaćeša¹, Vasili Kharchenko²

¹*Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems*

²*Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, ITAMP*

Evaporacija atoma i molekula iz planetarnih atmosfera u interplanetarni prostor, prisutna kod lakih terestrijalnih planeta uključujući Zemlju i Mars, je uzrokovana interakcijom sa solarnim zračenjem i plazmom. Jedan od značajnijih mehanizama koji doprinosi evaporaciji atmosfere Marsa je disocijativna rekombinacija molekularnih iona kisika s elektronima. Njeni reaktanti su suprathermalni neutralni atomi kisika energije 1-5 eV, koji mogu sudjelovati u sudarima s termalnim atomima H, H₂, HD i He u egzosferi i termosferi, te im prenijeti dovoljnu kinetičku energiju da prevaziđu gravitacijski potencijal planete i izlete u svemir[1]. U sudarima s molekulama vodika može doći do reakcije i formiranja OH u pobuđenom stanju ili do direktnog izbacivanja molekule vodika iz planetarne atmosfere[2]. Navedeni procesi i njihov utjecaj na evoluciju atmosfere Marsa su po prvi puta opisani u ovom radu, za potrebe kojeg su konstruirani udarni presjeci za reakciju O+H₂ na relevantnim energijama[1,2].

[1] M. Gacesa, P. Zhang, and V. Kharchenko, Non-thermal escape of molecular hydrogen from Mars; *Geophys. Res. Lett.* **39** (2012) L10203

[2] M. Gacesa, V. Kharchenko, P. Zhang, Collisional escape of molecular hydrogen from Mars, AGU Fall Meeting 2011, P23E-02

Istraživanje in-medium stvaranja Lambda hiperona u pionski induciranim reakcijama

Ivana Carević¹, Paul Bühler², Roman Čaplar³, Mile Dželalija¹

¹*Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Split*

²*Stefan Meyer Institut für Subatomare Physik, Wien*

³*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Jedno od najvažnijih pitanja u proučavanju svojstava nuklearne tvari je prisustvo tzv. in-medium učinaka koji se očituju kroz promjene svojstava hadrona. Strane čestice, poput Λ hiperona i K mezona, prikladne su za proučavanje tih učinaka pomoću eksperimenata pri energijama bliskim odgovarajućoj energiji praga njihovog stvaranja u slobodnim nukleon-nukleon sudarima.

U ovom radu se prezentira status ocjene in-medium udarnog presjeka stvaranja Λ čestica i K^0 mezona u pionski induciranim reakcijama tipa $\pi + N \rightarrow K + Y$ (Y je općenito odgovarajući hiperon, a K je općenito neki od K mezona). Za ove reakcije još uvijek nema dovoljno relevantnih informacija što je i dodatan motiv njihovog istraživanja.

Podaci su prikupljeni pomoću FOPI detektora na GSI-u u Darmstadtu korištenjem pionskog snopa količine gibanja $1.15 \text{ GeV}/c$ koji je upadao na pet različitih jezgara meta (^{12}C , ^{27}Al , ^{64}Cu , ^{118}Sn i ^{208}Pb). Glavni cilj eksperimenta bio je izmjeriti in-medium inkluzivni udarni presjek reakcije $\pi^- + p \rightarrow K^0 + \Lambda$. Budući da je inkluzivni udarni presjek za stvaranje K^0 mezona određen i objavljen u [1], naše istraživanje orijentirano je na Λ hiperone. Nakon identifikacije čestica, analizirani eksperimentalni podaci uspoređeni su s rezultatima koje daje simulacija (korišten Geant 3.21 simulacijski programski paket), te se nastavila obrada podataka usmjerena na određivanje inkluzivnog udarnog presjeka i ispitivanje in-medium potencijala usporedbom s proračunima transportnog modela.

[1] M. L. Benabderrahmane et.al., Phys. Rev. Lett. **102** (2009) 182501

Određivanje dimenzija nanostrukture u poroznom siliciju iz efekata zatočenja

Vedran Đerek¹, Mile Ivanda¹, Marijan Marciuš², Mira Ristić², Svetozar Musić²

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za fiziku materijala, Bijenička 54, Zagreb*

²*Institut Ruđer Bošković, Zavod za kemiju materijala, Bijenička 54, Zagreb*

Uzorci poroznog silicija pripremljeni su elektrokemijskom anodizacijom p i n dopiranih silicijskih supstrata. Anodizacija je obavljena u elektrolitu baziranom na fluorovodičnoj kiselini (HF), u galvanostatskim uvjetima. Vrijeme anodizacije i jakost struje su varirani, dok je ukupan naboj potrošen u anodizaciji držan konstantnim. Ostvarene su različite vrijednosti valencije rastvaranja poroznog silicija n_d . Uzorci su karakterizirani gravimetrijskim mjeranjima, pretražnom elektronskom mikroskopijom, spektroskopijom fotoluminiscencije i Ramanovom spektroskopijom. Učinak fononskog zatočenja u nanostrukturama poroznog silicija opažan je Ramanovom spektroskopijom. Opažena je jaka korelacija fononskog zatočenja sa valencijom rastvaranja n_d i veličinom nanostrukture dobivenom iz modela kvantnog zatočenja prilagođenog na mjerenja fotoluminiscencije. Kod pripreme uzoraka opažena je nestabilnost površinske morfologije u slučajevima kada je elektrolit vodljiviji od silicijskog supstrata.

Generiranje i upotreba čiste difuzijske spinske struje u nelokalnim spinskim ventilima

E. Tafra^{*1}, J. Heidler¹, J. Rhensius², D. Ilgaz³, J. Nievendick³, L. Heyne³, D. Backes², T.A. Moore³, A.v Schmidsfeld³, A.v Bieren¹, S. Krzyk³, L.J. Heyderman², M. Kläui¹

¹SwissFEL, Paul Scherrer Institut, Villigen, Switzerland & Laboratory for Nanomagnetism and Spin Dynamics, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Švicarska

²Laboratory for Micro- and Nanotechnology, Paul Scherrer Institut, Villigen, Švicarska

³Fachbereich Physik, Universität Konstanz, Konstanz, Njemačka

Klasična poluvodička elektronika na kojoj je bazirana informatička tehnologija, u bliskoj će budućnosti doseći ograničenja u mogućnostima daljnje minijaturizacije. Zbog toga se razvijaju različiti koncepti novih elemenata, koji bi u budućnosti mogli zamijeniti klasične poluvodičke elemente i koji bi mogli biti osnova informatičke tehnologije budućnosti. Jedan od tih novih koncepata je i t.z.v. „racetrack“ memorija, koja počiva na gibanju magnetskih domenskih zidova [1]. Domenske zidove je moguće pomicati pomoću magnetskog polja ili korištenjem spinski polariziranih struja naboja. Oba pristupa imaju ograničenja, pa je u našoj grupi po prvi puta ostvareno korištenje čistih difuzijskih struja spina za pomicanje domenskih zidova [2].

Čista spinska struja (koja ne nosi naboj) nastaje prilikom prolaska električne struje kroz spoj feromagnetskog (FM) i neferomagnetskog (NM) metala, jer dolazi do akumulacije spina u NM, koji potom difundira kroz NM. U specijalno dizajniranim nanostrukturama (nelokalnim spinskim ventilima), koji se sastoje od dva FM-NM spoja povezanih NM elementom, čista spinska struja nastala u jednom FM-NM spoju može se koristiti za manipulaciju magnetizacijom u drugom FM elementu. Osim toga u ovim strukturama se opaža i t.z.v. nelokalni spinski napon (NLSN), koji se manifestira kao razlika u mjerenom električnom naponu na drugom FM-NM spoju u slučaju paralelne i antiparalelne magnetizacije dva FM elementa. U našim istraživanjima koristili smo nelokalne spinske ventile sastavljene od feromagnetske legure $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ i bakra, kod kojih smo proučavali ovisnost NLSN o temperaturi i udaljenosti između feromagnetskih elemenata. To omogućuje određivanje važnih parametara kao što su spinska polarizacija u FM elementu i duljina difuzije spina u NM elementu. Pomoću tih parametara, može se odrediti omjer dobivene čiste spinske struje i korištene električne struje, a time i efikasnosti korištenja čistih spinskih struja za manipuliranje domenskim zidovima.

[1] S.S.P. Parkin, et al., Science **320** (2008) 190

[2] D. Ilgaz, et al., Phys. Rev. Lett. **105** (2010) 076601

* Stalna adresa: Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Supravodljivost u titanovim amorfnim slitinama

Emil Babić¹, Ramir Ristić², Damir Pajić¹, Maria Zentkova³

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička cesta 32, HR-10002 Zagreb

²Odjel za fiziku, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera, Trg Ljudevita Gaja 6, HR-31000 Osijek

³Institut za eksperimentalnu fiziku, Slovačka akademija znanosti, Košice, Slovačka

Mjerena su električna otpornost i magnetska susceptibilnost te započeto mjerenje toplinskog kapaciteta na niskim temperaturama amorfnih slitina sastava $Ti_{100-x}Ni_x$ ($x=23, 27$ i 30). Mjerenja električne otpornosti i toplinskog kapaciteta vršena su na temperaturama $T \geq 0,4$ K i magnetskom polju $B \leq 1,5$ T, dok su mjerenja magnetske susceptibilnosti vršena za $T \geq 5$ K i $B \leq 5$ T. Sve slitine su supravodljive s temperaturama prijelaza $T_c \geq 0,55$ K, što je znatno više od one čistog kristalnog Ti ($0,4$ K). U potpuno amorfnim slitinama ($x \geq 27$) T_c i nagib višeg kritičnog polja u blizini T_c , (dH_{c2}/dT) smanjuju se s porastom x . Vrijednosti gustoće stanja na Fermijevoj razini dobivene iz magnetootpora slažu se s onima dobivenim u ranijim mjeranjima toplinskog kapaciteta sličnih slitina [1]. Korištenjem tih podataka i magnetske susceptibilnosti izračunat je Stonerov faktor za amorfne Ti-Ni slitine.

Dobiveni rezultati upotpunjavaju uvid u magnetsku susceptibilnost i supravodljivost u amorfnim slitinama ranih prijelaznih metala (Ti, Zr, Hf) s kasnim prijelaznim metalima (Fe, Co, Ni, Cu) te omogućavaju i uvid u atomsko uređenje kratkog dosega. Razmjerno malo povišenje T_c u Ti-Ni slitinama u odnosu na ona u Zr-Ni [2] i Hf-Cu(Ni) [3] slitinama unatoč više gustoće stanja i Debyeve temperature u Ti-Ni slitinama posljedica je slabog elektron-fonon vezanja svojstvenog neuređenim slitinama 3d-prijelaznih metala.

[1] S. Kanemaki, M. Suzuki, Y. Yamada, I. Mizutani, J. Phys. F: Met. Phys. **18** (1988) 105

[2] E. Babić, R. Ristić, M. Miljak, Solid State Commun., **39** (1981) 139.

[3] E. Tafrá, M. Basletić, R. Ristić, E. Babić, A. Hamzić, J. Phys.: Condens. Matter. **20** (2008) 425215

Modifikacije grafena snopovima brzih teških iona

Marko Karlušić¹, Oliver Ochedowski², Kolyo Marinov², Milko Jakšić¹, Marika Schleberger²

¹ *Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10000 Zagreb*

² *Fakultät für Physik and CeNIDE, Universität Duisburg-Essen, D-47048 Duisburg, Germany*

Nakon otkrića 2004 godine, istraživanja grafena privlače veliku pažnju jer se očekuju mnogobrojne primjene u budućnosti [1]. U ovome radu, bit će pokazano kako se snopovi brzih teških iona mogu koristiti kao oruđe za kontrolirane modifikacije grafena na nanoskali.

Nedavno je pokazano kako prolazak brzog teškog iona dobivenog iz ciklotrona (GANIL, France) koji prolazi kroz grafen pod malim kutem u odnosu na njegovu površinu, rezultira cijepanjem grafena koji je pripremljen eksfolijacijom [2]. Ovakve modifikacije se mogu proizvoditi kontrolirano jer broj pora odgovara broju ozračenih iona, a njihov oblik je određen kutem ozračavanja. U ovom radu ćemo pokazati kako i brzi teški ioni manjih energija dobivenih iz 6 MV Tandem Van de Graaff akceleratora (Institut Ruđer Bošković, Zagreb) mogu također biti iskorišteni za modifikacije grafena. Također, prikazat ćemo prve rezultate ozračavanja drugih 2D materijala poput MoS₂ i h-BN.

[1] K.S. Novoselov et al., A roadmap for graphene, *Nature* 490 (2012) 192

[2] S. Akcöltekin et al., Unzipping and folding of graphene by swift heavy ions, *Appl. Phys. Lett.* 98 (2011) 103103

Ovisnost kozmičkog zračenja o geomagnetskoj širini na zrakoplovnim visinama

Marina Poje¹, Branko Vuković¹, Vanja Radolić¹, Igor Miklavčić¹, Maja Strugačevac¹, Josip Planinić¹

¹ Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku, Trg Ljudevita Gaja 6, 31 000 Osijek

Zemlja je kontinuirano izložena visokoenergetskim česticama koje potječu izvan sunčevog sustava (galaktičko zračenje) i sa Sunca (solarno zračenje), što se zajedno naziva kozmičkim zračenjem. Nabijene čestice kozmičkog zračenja (uglavnom protoni) stupaju u interakciju s jezgama atoma atmosfere te se njihov intenzitet smanjuje s dubinom u atmosferi; tu nastaju i neutroni u višestrukim reakcijama [1]. U kozmičkom zračenju na zrakoplovnim visinama udio neutronske komponente na manjim geografskim širinama iznosi 50% do čak 75% u blizini polova (efekt geomagnetske širine) [2].

Neutronske brzine doze izmjerene su pomoću detektora nuklearnih tragova CR-39 i LR 115 uz čije se površine pričvršćuje folija bora ^{10}B , te se neutroni detektiraju u nuklearnoj reakciji $^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$. Detektori su baždareni na Super Proton Synchrotron akceleratoru (SPS) u CERN-u (CERN-EU high-energy reference field (CERF)) gdje se simulira polje kozmičkog zračenja na zrakoplovnim visinama [3].

Iz eksperimentalnih mjerenja na nizu zrakoplovnih letova jasno je vidljiva ovisnost brzine doze o visini, vremenu trajanja leta i ruti letenja, ali također i o aktivnosti Sunca tijekom solarnog ciklusa. Tako su na letovima prema Sjevernoj Americi i Aziji izmjerene najveće brzine neutronske doze (do $5 \mu\text{Sv/h}$) jer se na tim letovima koriste tzv. polarne rute letenja. Na letovima prema Južnoj Americi i Australiji (tzv. ekvatorijalne rute), te na letovima unutar europskog kontinenta, a koji su pod većom zaštitom magnetskog polja Zemlje, izmjerene su manje vrijednosti neutronske brzine doze (do $2 \mu\text{Sv/h}$) [4–7].

Navedene činjenice važne su za one grupe ljudi koji su kontinuirano izloženi takvoj vrsti zračenja: pilotima i kabinskom osoblju. Dobrim mjesečnim planiranjem ruta letenja pojedinih zrakoplovnih posada moguće je smanjiti ukupnu godišnju dozu zračenja [8].

[1] Gaisser, T.K., *Cosmic Rays and Particle Physics*, Cambridge University Press, Cambridge (1999.)

[2] Goldhagen, P., Clem, J.M., Wilson, J.W. *Radiat. Prot. Dosim.*, **110**, 387 (2004.)

[3] Mitaroff, A., Silari, M. *Radiat. Prot. Dosim.*, **102**, 7 (2002.)

[4] Vuković, B., Poje, M., Varga, M., Radolić, V., Miklavčić, I., Faj, D., Stanić, D., Planinić, J. *Appl. Radiat. Isot.* **68**, 2398 (2010.)

[5] Vuković B., Lisjak I., Radolić V., Vekić B., Planinić J. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A*; **562**, 517 (2006.)

[6] Vuković B., Radolić V., Miklavčić I., Poje M., Varga M., Planinić J. *J. Environ. Radioact.* **98**, 264 (2007.)

[7] Vuković B., Radolić V., Lisjak I., Vekić B., Poje M., Planinić J. *Appl. Radiat. Isot.*; **66**, 247 (2008.)

[8] UNSCEAR 2008., *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume I*, New York (2010.)

Radioaktivnost u Ličko-senjskoj županiji

Denis Stanić¹, Vanja Radolić¹, Marina Poje¹, Branko Petrinc², Matko Mužević¹, Igor Miklavčić¹, Ivana Krpan¹, Branko Vuković¹

¹Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku, Trg Ljudevita Gaja 6, 31000 Osijek

²Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb

Sustavna mjerenja koncentracije radona u kućama u RH provedena u razdoblju od 2003.-05. godine pokazala su da je u Ličko-senjskoj županiji prosječna vrijednost u kućama gotovo 3 puta viša od prosjeka u RH [1]. Stoga je u suradnji s Državnim zavodom za radiološku i nuklearnu sigurnost, 2012. godine pokrenut projekt mjerenja radona u kućama, školama i vrtićima s ciljem pouzdanije procjene doze koju stanovništvo L-S županije primi od prirodnih radionuklida (uglavnom od radona i njegovih kratkoživućih potomaka). Mjerenje koncentracije radona u zraku u naseljima L-S županije vršeno je godinu dana detektorima nuklearnih tragova LR-115 II dok je koncentracija radona u tlu i vodi mjerena u rujnu 2012. i 2013. godine pomoću AlphaGUARD mjernog sustava [2]. Koncentracije najznačajnijih radionuklida u tlu (⁴⁰K, ¹³⁷Cs, ²²⁶Ra, ²²⁸U, ²³²Th) određene su visokorezolucijskom gamaspektrometrijom, HPGe detektorom ORTEC iz prikupljenih uzoraka tla s određenih lokacija u L-S županiji. Izmjerene vrijednosti koncentracije radona u tlu 2012. godine na 19 lokacija bile su u rasponu od 12,6 (Novalja) do 258,7 kBq/m³ (Plitvička Jezera) sa srednjom vrijednosti od 83,5 kBq/m³ i pripadnom standardnom devijacijom 69,3 kBq/m³. Dobivena prosječna vrijednost svrstava tlo u Ličko-senjskoj županiji među tla srednjeg geogenetskog radonskog potencijala, a prema uobičajenoj kategorizaciji tala. Međutim, valja naglasiti da na trećini izmjerenih lokacija radonska vrijednost premašuje 100 kBq/m³ te ona predstavljaju područja visokog geogenetskog radonskog potencijala. Dobivene vrijednosti radionuklida su prokomentirane i korelirane s vrijednostima radona odnosno torona. Koncentracije radona u gradskim vodovodima L-S županije bile su u rasponu od 0,2 Bq/l (Otočac) do 11,2 Bq/l (Gospić). Najviša vrijednost je 10-tak puta niža od uobičajene referentne vrijednosti od 100 Bq/l. Procijenjena maksimalna srednja godišnja radonska doza primljena pijenjem vode (75 litara godišnje) iz gradskog vodovoda za djecu Gospića iznosi 2,9 μ Sv.

[1] V. Radolić, B. Vuković, D. Stanić, M. Katić, Z. Faj, B. Šuveljak, I. Lukačević, D. Faj, M. Lukić, J. Planinić, J. Radioanal. Nucl. Chem. Artic., **269** (2006) 87-90.

[2] V. Radolić, D. Stanić, I. Miklavčić, M. Poje, B. Petrinc, M. Mužević, I. Krpan, B. Vuković, Zbornik radova 9. simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; HDZZ, Zagreb 2013. str. 205-210.

Fizikalna svojstva intermetalnih spojeva PdGa i PdIn

Marija Sorić^{1,2}, Petar Popčević¹, Jovica Ivkov¹, Željko Bihar^{1,2}, Ana Smontara¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb*

Intermetalni spojevi s paladijem kao jednom od komponenata su visoko selektivni i stabilni katalizatori [1]. Njihova visoka selektivnost se temelji na dobro definiranim izoliranim aktivnim mjestima [2]. Za detaljnije razumjevanje i primjene površinskih svojstava bitnih za katalizu poželjno je poznavati i njihova masivna (bulk) svojstva. Stoga su provedena mjerenja osnovnih termoelektričnih svojstava i to električne i toplinske vodljivosti, Hallvog efekta i termostruje na monokristalima PdIn i PdGa. Rezultati mjerenja pokazuju da se radi o materijalima s metalnom električnom vodljivošću i relativnom visokom toplinskom vodljivošću, te malom termostrujom [3,4].

Istraživanja se rade u suradnji s Ludwig-Maximilians-Universität München, Department of Earth and Environmental Sciences, Crystallography Section (München), J. Stefan Institut (Ljubljana), Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences (Poznan), Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe (Dresden) a u okviru međunarodnog projekta COST Action CM0904 "Network for Intermetallic Compounds as Catalysts for Steam reforming of Methanol".

[1] K. Kovnir, *et. al.*, Science and Technology of Advanced Materials **8** (2007) 420

[2] M. Armbruster, *et. al.*, Kristallog. NCS **225** (2010) 617

[3] M. Klanjšek, *et. al.*, J. Phys.: Condensed. Matter **24** (2012) 085703

[4] M. Sorić, *et. al.*, rad na ocjeni u Acta Physica Polonica A

Fisherove nule 1D feromagnetskog $q = 3$ Pottsovog modela s jednim zabranjenim stanjem

Zvonko Glumac¹, Katarina Uzelac²

¹*Odjel za fiziku, Sveučilište J. J. Strossmayera, Osijek*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

Položaji nula particijske funkcije promatranog modela, sadrže informacije o njegovim termodinamičkim svojstvima. Kod većine modela od interesa, nule su raspoređene po liniji u odgovarajućoj kompleksnoj ravnini, pri čemu se fizički zanimljive informacije dobivaju od samog položaja rubnih nula (onih koje su najbliže realnoj osi) kao i od rubne gustoće nula.

U ovom radu se promatra modificirani feromagnetski jednodimenzijski Pottsov model s međudjelovanjem prvih susjeda u koji je uveden zamrznuti nered na sljedeći način: svakoj od čestica modela zabranjeno je zauzeće jednog od $q = 3$ moguća stanja. Sva stanja mogu biti zabranjena s jednakom vjerojatnošću.

Za konačan broj čestica N i nasumično odabranu konfiguraciju nereda, matricom transfera se računa particijska funkcija u obliku polinoma u varijabli $y = e^K$, gdje je K inverzna temperatura. Za svaku konfiguraciju nereda, položaj rubne nule se mijenja, tako da račun na nizu konfiguracija nereda rezultira raspodjelom vjerojatnosti realnog i imaginarnog dijela rubne nule. Proučavanjem ovih raspodjela u granici velikog N , analizirano je kritično ponašanje sustava.

Fizikalna istraživanja paleookolišnih procesa u hrvatskim špiljama

Dalibor Paar¹, Nenad Buzjak², Vanja Radolić³, Andreja Sironić⁴, Nada Horvatinčić⁴

¹Sveučilište u Zagrebu, PMF, Fizički odsjek, Bijenička c.32, Zagreb

²Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geografski odsjek, Marulićev trg 19/II, Zagreb

³Odjel za fiziku, Sveučilište u Osijeku, P.P. 125, Osijek

⁴Institut Ruđer Bošković, Lab. za mjerenje niskih radioaktivnosti, Bijenička c.54, Zagreb

Špilje su kompleksni fizikalni sustavi upravljani s nizom varijabli na različitim vremenskim skalama. Proučavanje paleookolišnih procesa tema je niza aktualnih studija u svijetu, posebno u svrhu interpretacije paleoklimatskih podataka u svjetlu aktualnih klimatskih promjena. Špilje se razvijaju pod utjecajem promjena klime i ostalih okolišnih uvjeta na površini. Stoga su neophodna interdisciplinarna istraživanja u svrhu interpretacije varijabli i modeliranja fizikalnih procesa. Kako je u posljednjem desetljeću rastao interes za proučavanje špilja kao paleoklimatskih arhiva, rastao je i broj fizikalnih istraživačkih metoda koje su primjenjene u ovom području uz mogućnosti uvođenja novih, poput širokopojasnog NMR-a. Istraživanja se izvode u rasponu od mikroklimatskih istraživanja, datiranja, utvrđivanja geokemijskog sastava stijena i sedimenata do utvrđivanja izotopnog sastava vode u podzemlju. Duboke jame Velebita su kompleksni i u svjetskim okvirima značajni sustavi u kojima su zabilježene i sačuvane informacije o geološkim, geomorfološkim, hidrološkim i ekološkim uvjetima i procesima zbog čega predstavljaju odličnu sredinu za proučavanje i paleo- i recentnih klimatskih promjena. Našim višegodišnjim istraživanjima posebna pažnja je posvećena procesima koji utječu na koncentracije radona i ugljikovog dioksida, a koje su vezane uz specifične mikroklimatske uvjete, pojavu stalnog leda i dinamiku vode u podzemlju. Koncentracije radona kreću se od par stotina do preko $20\,000\text{ Bq/m}^3$, što ukazuje na različitost uvjeta koji im doprinose. U 1421 m dubokom Jamskom sustavu Lukina jama-Trojama ustanovljena je prisutnost leda do dubine od 560 m ispod razine današnjih ulaza, što je trenutno lokacija s najdublje zabilježenim ledom u speleološkim objektima na Svijetu. Analize organskih ostataka u ledu pokazale su LSC ^{14}C datiranjem gornju starost 410 ± 75 godina. Informacije o paleoklimatskim, geomorfološkim i hidrogeološkim uvjetima prije holocena mogu nam dati izotopna mjerenja karbonatnih sedimenata, posebice sige, ako su taložene u odgovarajućim uvjetima izotopne ravnoteže. AMS ^{14}C datiranje siga uzorkovanih na 945 m dubine dalo je starost do 50300 ± 1100 godina, što je na granici metode pa siga može biti i starija.

[1] Paar, Dalibor; Buzjak, Nenad; Sironić, Andreja; Horvatinčić, Nada. Paleoklimatske arhive dubokih jama Velebita. Knjiga sažetaka, 3. znanstveni skup Geologija kvartara u Hrvatskoj. HAZU, Geološki zavod Slovenije, (2013) 39-40.

[2] Paar, Dalibor; Grafe, Hans-Joachim. NMR Analysis of Trace Elements in Speleothems. Euromar 2011 Magnetic Resonance Conference. Goettingen : Cuvillier Verlag, (2011) 297.

Izotermna teorija Stirlingova motora

Paško Županović¹, Ivica Sorić², Tomislav Sorić¹

¹PMF, Sveučilište u Splitu

²FESB, Sveučilište u Splitu

U okviru izotermalne aproksimacije [1,2] analiziran je rad Stirlingova motora. Izveden je analitički izraz za tlak kao funkcija kuta zakreta zamašnjaka. Izveden je i analitički izraz za rad radnog medija. Korisnost Stirlingova motora je numerički izračunata kao funkcija omjera temperatura energijskih spremnika. Za razliku od korisnosti Carnotovog ciklusa, koji je monotono rastuća funkcija omjera temperatura energijskih spremnika, korisnost Stirlingova motora ima maksimum. Vrijednost maksimuma kao i omjer temperature kod koje se postiže maksimum ovisi o molarnom toplinskim kapacitetu radnog plina. Najveću korisnost, veću od 50 %, motor postiže s jednoatomni plinom kao radnim medijem kod omjera temperatura spremnika od približno 3,4.

[1] I. Urieli and D. Berchowitz, *Stirling Cycle Engine Analysis*, Adam Hilger, Bristol, 1984.

[2] J. Škorpík, *Acta Polytechnica*, **48**, pp. 10-14, 2008

Fluktuacije vala gustoće naboja u dinamičkoj vodljivosti kvazi-1D Peierlsovih sustava

Ivan Kupčić¹, Zoran Rukelj¹, Slaven Barišić¹

¹*Sveučilište u Zagrebu, PMF, Fizički odsjek*

Mjerenje dinamičke vodljivosti najvažnija je eksperimentalna metoda u istraživanju niskodimenzionalnih jako koreliranih vodljivih sustava. U teorijskim razmatranjima obično se rabe aproksimacije u kojima su narušeni zakon o sačuvanju energije te jednačba kontinuiteta. U ovom radu teorijski se razmatra kvantna transportna jednačba u modelu više vrpca na način koji vodi brigu o zakonu o sačuvanju energije i o jednačbi kontinuiteta [1]. Generalizirani rezultati ove metode su primijenjeni na Peierlsove kvazi-1D sustave s nestabilnošću vala gustoće naboja (VGN) u dva temperaturna režima [2]. Pokazano je kako otpornost ovisi o temperaturi za $T < T_{VGN}$, te koje je fizikalno porijeklo procesa koji dominiraju u dinamičkoj vodljivosti za $T_{VGN} < T < T_{VGN}^{MF}$ u infracrvenom području frekvencija.

[1] Kupčić I, Rukelj Z, Barišić S, J. Phys.: Condens. Matter **25**, (2013), 145602

[2] Kupčić I, Rukelj Z, Barišić S, predloženo za objavljivanje

Neelastično neutronske raspršenje na tetramerskom sustavu SeCuO_3

Vinko Šurija¹, Ivica Živković¹, Krunoslav Prša², Henrik M. Ronnow²

¹*Institut za fiziku, Bijenička 46, 10000 Zagreb*

²*Institute of Condensed Matter Physics, EPFL, CH-1015 Lausanne, Switzerland*

Antiferomagnet ($T_N = 8$ K) SeCuO_3 ima monoklinsku kristalnu strukturu sa prostorom grupom $P2_1/n$ te magnetske nakupine sa četiri $S = 1/2$ spina. SeCuO_3 ima dva različita položaja bakra (Cu_1 i Cu_2), a svaki položaj je okružen sa šest iona kisika tvoreći iskrivljen oktaedar. Slabo vezana trodimenzionalna mreža sastavljena od spojenih spinskih tetramera ($\text{Cu}_2\text{-Cu}_1\text{-Cu}_1\text{-Cu}_2$). Termodinamički modeli predviđaju da su jakosti međudjelovanja unutar teramera reda veličine 200 K (17 meV). Mjerenja neelastičnim neutronske raspršenjem otkriva da postoje dva glavna magnetska moda – jedan na 27 meV i jedan na 2-4 meV. Te energije odgovaraju jakostima međudjelovanja od približno 300 K i 100 K, što je grubo slaganje sa tetramerskim modelom, i u toj slici mod od 27 meV može se tumačiti kao optički magnon, dok mod od 2-4 meV kao jedan ili nekoliko akustičkih magnona.

[1] I. Živkovic et al., Phys. Rev. B **86**, 054405 (2012)

Magnetska anizotropija novih Cu(II) oksalamidnih dimera dvostruko premoštenih halogenim elementima

Mirta Herak¹, Dijana Žilić², Antonija Grubišić Čabo³, Zoran Džolić²

¹Institut za fiziku, Bijenička c. 46, 10000 Zagreb

²Institut Rudjer Bošković, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb

³Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Fizički odsjek, Bijenička c. 32, 10000 Zagreb

Niskodimenzionalni magneti predstavljaju vrlo plodno područje istraživanja magnetizma. Ograničen broj interakcija među magnetskim momentima niskodimenzionalnih rešetki omogućuje kako numeričko, tako u nekim slučajevima i analitičko teorijsko proučavanje svojstava tih sustava. Istovremeno je moguće sintetizirati spojeve koji se u vrlo dobroj aproksimaciji ponašaju kao niskodimenzionalni magneti. Najjednostavniji takav niskodimenzionalni sustav je magnetski dimer koji se sastoji od dva međusobno intereagirajuća spina $S = 1/2$. Spojevi u kojima su najviše proučavani takvi dimeri su spojevi bakrovih oksida u kojima Cu^{2+} ion nosi spin $S = 1/2$, a interakcija superizmjene ide preko kisikovih ligandnih iona. Jakost interakcije određena je udaljenošću među magnetskim ionima i $\text{Cu} - \text{O} - \text{Cu}$ kutem koji određuje i predznak interakcije (feromagnetska ili anti-feromagnetska). Iako je ta interakcija u prvoj aproksimaciji izotropna, niska kristalna simetrija u kakvoj se najčešće nalazi ion bakra može dovesti do male anizotropije energije izmjene, što ima velik utjecaj na osnovno stanje takvih sustava. Primjenom vanjskog tlaka ili kemijskog tlaka može se utjecati na iznos i predznak interakcije te doprinos anizotropne izmjene. Za razliku od tzv. *superizmjene preko kisika*, u novije vrijeme sve više se proučavaju i spojevi u kojima postoji *superizmjena preko halogenog elementa*.

Sintetizirali smo nove spojeve u kojima su dva iona bakra dvostruko premoštena halogenim elementima (Cl ili Br), a dimeri su vezani na oksalamidne skupine: $[\text{CuL}^1(\mu\text{-Cl})]_2 \cdot \text{CH}_3\text{OH}$ ($\text{L}^1\text{-Cl}$), $[\text{CuL}^2(\mu\text{-Cl})]_2$ ($\text{L}^2\text{-Cl}$), $[\text{CuL}^1(\mu\text{-Br})]_2$ ($\text{L}^1\text{-Br}$) i $[\text{CuL}^2(\mu\text{-Br})]_2$ ($\text{L}^2\text{-Br}$), gdje su ligandi L^1 i L^2 N-(L-leucin metil ester)-N'-((2-piridin-2-il)metil)oksalamid i N-benzil-N'-((2-piridin-2-il)metil)oksalamid. Interakcija superizmjene između bakrovih spinova u ovim spojevima ide preko halogenih elemenata. Cilj nam je proučiti magnetsko-strukturne korelacije odnosno utjecaj halogenih elemenata na jačinu i predznak interakcije. Stoga ćemo u ovom radu predstaviti rezultate mjerenja magnetske susceptibilnosti i njene anizotropije te elektronske paramagnetske rezonancije na monokristalima tih spojeva.

Eksperiment IAXO

Krešimir Jakovčić¹, Milica Krčmar¹, Biljana Lakić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Eksperiment IAXO (International Axion Observatory) predstavlja najnoviju generaciju aksionskih helioskopa tj. eksperimenata čiji je cilj potraga za Sunčevim aksionima. 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, elektronima i nukleonima mogli biti u velikom broju emitirani sa Sunca.

Većina potraga za Sunčevim aksionima temelji se na njihovom vezanju s fotonima. To se vezanje kod aksionskih helioskopa koristi kako bi se aksioni koji dolaze sa Sunca primjenom jakog transversalnog magnetskog polja mogli koherentno pretvarati u fotone. Trenutno najosjetljiviji aksionski helioskop u svijetu je CAST (CERN Axion Solar Telescope). Do sada aksionski signal nije opažen pa je postavljena gornja granica na konstantu vezanja aksiona s fotonima. To je najstroža eksperimentalno postavljena granica i usporediva je s astrofizičkom granicom dobivenom iz razmatranja kuglastih skupova zvijezda.

Cilj eksperimenta IAXO je da se ostvari osjetljivost na konstantu vezanja aksiona s fotonima 1 – 1.5 redova veličine bolja od eksperimenta CAST. To se namjerava postići znatnim poboljšanjem magneta, optike i fotonskih detektora u odnosu na CAST. Pored istraživanja vezanja aksiona s fotonima, IAXO će biti u mogućnosti istraživati vezanje aksiona s elektronima i općenitije lagane pseudoskalarne čestice slične aksionima.

[1] I. G. Irastorza et al. (IA XO Collaboration), JCAP **1106** (2011) 013

[2] M. Arik et al. (CAST Collaboration), Phys. Rev. Lett **107** (2011) 261302

Utjecaj snopova teških iona MeV-skih energija i gama zračenja na modifikacije amorfnog SiO_2

M. Karlušić¹, M. Majer¹, M. Buljan¹, J. Sancho-Parramon¹, O. Gamulin², H.K. Jung³, N.H. Lee³, M. Jakšić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska*

²*Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Šalata 3, 10000 Zagreb, Hrvatska*

³*Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Republika Koreja*

Za daljnje širenje primjena optičkih vlakana, od interesa su istraživanja njihovih modifikacija nastalih uslijed ionizirajućeg zračenja. U ovom prilogu istražujemo kako promjene nastale tijekom ozračavanja snopovima teških iona MeV-skih energija i gama zračenjem utječu na njihova optička svojstva.

Koristeći snopove kisika energija 1 MeV i 3 MeV, proučavali smo ponašanje optičkih svojstava 100 nm tankog amorfnog SiO_2 filma korištenjem IR spektroskopije i spektroskopske elipsometrije. Za usporedbu, uzorci su također ozračeni gama zrakama energije 1.25 MeV i karakterizirani s obje navedene tehnike. Dobiveni eksperimentalni podaci su analizirani korištenjem modela termalnog vala.

Utjecaj neuređenosti matrice na dinamiku paramagnetskih centara: EPR spektroskopija krute trehaloze

Iva Šarić¹, Dalibor Merunka², Milan Jokić², Boris Rakvin², Marina Kveder²

¹*Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

Istraživanje pripada grupi multidisciplinarnih proučavanja dinamike u materijalima karakteriziranim neuređenošću molekula kao na primjer stakla. Pri tome se pokazuje da su molekularna stakla, poput stakla šećera, alkohola i sl. prikladan eksperimentalni sustav. Trehaloza je disaharid koji se u prirodi nalazi u stanju stakla ili kristaliničnom stanju. Budući da trehaloza ima najvišu temperaturu staklastog prijelaza i najizraženiju mrežu vodikovih veza od svih saharida, zanimljiva je za proučavanje anomalija opaženih u staklima općenito [1]. Prednost primjene elektronske paramagnetske rezonancije (EPR) je u osjetljivosti međudjelovanja spina elektrona i rešetke s obzirom na dinamiku/vibracijska svojstva promatranog sistema. Predstaviti će se rezultati EPR spektroskopije istraživanja dvaju polimorfa krute trehaloze (polikristal, staklo) [2] u kojima su paramagnetski centri inducirani ionizirajućim zračenjem [3]. Usporedit će se spin - rešetka relaksacijsko vrijeme u okruženjima različite neuređenosti. Pokazat će se da je teorijski pristup u analizi EPR mjerenja zasnovan na tzv. mekom potencijalu (eng. soft potential model) pogodan za opis dinamike u stanju neuređenosti krute matrice [4].

[1] D.A. Parshin, Soft Potential Model and Universal Properties of Glasses, *Phys Scripta*, **T49a** (1993) 180.

[2] M. Kveder, I. Saric, D. Merunka, M. Jokic, S. Valic and B. Rakvin, The anhydrous solid trehalose: low-temperature EPR study of glassy and boson peak modes. *Journal of Non-Crystalline Solids*, (2013) 10.1016// j.jnoncrysol.2013.05.016

[3] A. Graslund, G. Lofroth, Free-Radicals in Gamma-Irradiated Single-Crystals of Trehalose Dihydrate and Sucrose Studied by Electron-Paramagnetic Resonance, *Acta Chem Scand B*, **29** (1975) 475.

[4] D. Merunka, M. Kveder, B. Rakvin, Effect of thermally activated dynamics on electron spin-lattice relaxation in glasses, *Chem Phys Lett*, **515** (2011) 19.

Magnetotransportna istraživanja manganita $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ ($x > 0.5$)

Matija Čulo¹, Mario Basletić², Emil Tafra², Amir Hamzić², Bojana Korin-Hamzić¹

¹*Institut za fiziku, POBox 304, HR 10000 Zagreb*

²*Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

Oksidi mangana $R_{1-x}A_xMnO_3$ (gdje R označava element rijetke zemlje, A alkalijske elemente) predstavljaju jedinstveno područje za istraživanje utjecaja elektronskih korelacija u materijalima koje se odnose na naboj, spin, orbitalne stupnjeve slobode i stupnjeve slobode rešetke budući da su prisutne interakcije usporedive jakosti što ima za posljedicu vrlo bogati fazni dijagram. Naša istraživanja odnose se na seriju filmova manganita $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ različitih koncentracija ($x = 0.52$, $x = 0.58$ i $x = 0.75$). Dok je početni spoj $LaMnO_3$ izolator (s osnovnim antiiferomagnetskim stanjem) i sadrži Mn^{3+} kation, dopiranje dvovalentnim Ca^{2+} kationom uzrokuje pojavu Mn^{4+} kationa te time i stanje „mješanih valencija“ Mn^{3+}/Mn^{4+} , a kao posljedicu veliku promjenu u fizikalnim svojstvima. Jedno od najpoznatijih svojstava manganovih oksida je kolosalni magnetootpor (CMR) koji se pojavljuje u $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ za $x \approx 0.3$ (veliko smanjenje otpornosti u vanjskom magnetskom polju u blizini Curieve temperature). Kako su do sada istraživanja uglavnom bila ograničena na koncentracije $x < 0.5$, a o prirodi samog spoja i pogotovo CMR još uvijek postoji čitav niz nepoznanica, fokusirali smo se na koncentracije $x > 0.5$ gdje fazni dijagram karakterizira paramagnetsko stanje na visokim temperaturama te sa snižavanjem temperature fazni prijelazi u stanje uređenja naboja (CO) i antiiferomagnetsko stanje (AF). Mjerenja otpornosti, ovisnosti magnetootpornosti o temperaturi, jačini i smjeru vanjskog magnetskog polja te Hallovo efekta provedena su u širokom području temperatura $30K < T < 300K$ i u magnetskim poljima do 5 Tesla. Prikazat ćemo i diskutirati rezultate mjerenja pomoću kojih smo odredili temperaturu faznog prijelaza u CO stanje za sve x , promjene u otpornosti u ovisnosti o x , promjene doprinosa CMR u ovisnosti o x , vrstu nosioca naboja na visokim temperaturama te promjenu predznaka Hallovo koeficijenta ispod T_{CO} .

[1] E.L. Nagaev; Physics Reports **346** (2001) 387-531

[2] I. Gordon et al.; Phys. Rev. B **62** (2000) 11633

Mapiranje faznog dijagrama $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ mjerenjem magnetske ac susceptibilnosti

Ivana Levatić¹, Ivica Živković¹, Krunoslav Prša²

¹*Institut za fiziku, HR-10000, Zagreb*

²*École Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH-1015, Lausanne*

$\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ niskodimenzionalni je kvantni magnet bogatog faznog dijagrama. Magnetski moment nose ioni kobalta smješteni u lancima paralelnima s c -osi [1]. Lanci su raspoređeni na heksagonalnoj rešetci u ab -ravnini, a kako je međulančano anti feromagnetsko vezanje mnogo slabije od unutarlančanog feromagnetskog vezanja [2,3], možemo ih opisati modelom Isingovih lanaca. Osnovno stanje sustava djelomično je neuređeno anti feromagnetsko (PDA) [4] i posljedica je frustracije na trokutastoj rešetci. Primjenom statičkog magnetskog polja paralelnog sa smjerom duž kojeg leže magnetski momenti, sustav prelazi u ferimagnetsko, odnosno feromagnetsko stanje. Mjerenjima magnetske ac susceptibilnosti mapiran je fazni dijagram $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ s posebnim naglaskom na područje oko faznog prijelaza iz ferimagnetskog u feromagnetsko stanje.

[1] H. Fjellvag, E. Gulbrandsen, S. Aasland, A. Olsen, B.C. Hauback, J. Solid State Chem. **124** (1996) 190

[2] S. Aasland, H. Fjellvag, B. Hauback, Solid State Commun. **101** (1997) 187

[3] A. Maignan, C. Michel, A.C. Masset, C. Martin, B. Raveau, Eur. Phys. J. B **15** (2000) 657

[4] H. Kageyama, K. Yoshimura, K. Kosuge, H. Mitamura, T. Goto, J. Phys. Soc. Jpn. **66** (1997) 1607

Uređaj za mjerenje polimerizacijskog skupljanja dentalnih kompozita niske viskoznosti

Zlatko Vučić¹, Jadranko Gladić¹, Davorin Lovrić¹, Nazif Demoli¹, Vlatko Pandurić², Danijela Marović², Zrinka Tarle²

¹*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46, 10000 Zagreb*

²*Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Gundulićeva 5, 10000 Zagreb*

Jedan od glavnih kriterija uporabljivosti dentalnih kompozita u restorativnoj dentalnoj medicini je iznos njihovog polimerizacijskog skupljanja. Tijekom vremena razvijeno je nekoliko dilatacijskih mjernih metoda prilagođenih vrsti materijala i/ili zahtjevima struke poboljšavajući pouzdanost i razlučivost. Jedna od vrlo pouzdanih i, pokazuje se, s najboljom razlučivošću je metoda digitalne laserske interferometrije. Međutim, kao i kod drugih metoda, mjerenje postaje krajnje problematično za kompozite niske viskoznosti.

U ovom radu predstavljen je uređaj koji omogućava lako, brzo i precizno mjerenje polimerizacijskog skupljanja niskoviskoznih kompozita. To je u biti držač uzoraka koji promjenu dimenzija uzorka prenosi na pomak zrcala okomito na ravninu zrcala.

Uređaj je testiran u ciklusima termičke dilatacije - kontrakcije na 50 već polimeriziranih uzoraka različitih vrsta i proizvođača. Mjerenje pomaka visine valjkastog uzorka u ovisnosti o vremenu provodi se računalnom analizom promjene faze sukcesivno snimljenih interferograma (30 slika/s). Velika učestalost uzorkovanja omogućuje odstranjivanje utjecaja mehaničkih vibracija antivibracijskog stola i pouzdano odmotavanje faze.

Usporedno razvijen je model kojim se pomoću električne analogije reproducira vremenska ovisnost dilatacijskog signala na uzorku. Model uključuje realne uvjete izmjene topline s okolinom za vrijeme i nakon obasjavanja, u ovom slučaju zagrijavanja, polimeriziranog uzorka plavim svjetlom uređaja za fotoinicijaciju.

Također izmjerena je linearna ovisnost relativne termičke ekspanzije o recipročnoj visini valjkastog uzorka konstantnog poprečnog presjeka. Modelni račun predviđa upravo takvu ovisnost.

NMR i NQR istraživanje pseudoprocjepa u visokotemperaturnom supravodiču CaLaBaLaCuO

Tonči Cvitanić¹, Miroslav Požek¹, Damjan Pelc¹, Amit Keren², Eran Amit²

¹*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Fizički odsjek*

²*Department of Physics, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael*

Mehanizam supravodljivosti u kupratima nije u potpunosti razjašnjen ni 20 godina nakon otkrića prvih supravodljivih kuprata dobivenih dopiranjem Mottovih izolatora. Teorijsko rješenje sustava je teško zbog jako koreliranih elektrona. Jedno od zanimljivijih područja je poddopirano područje (u blizini Mottovog izolatora) u kojem se javlja faza pseudoprocjepa. Radi proučavanja ponašanja pseudoprocjepa u ovisnosti o dopiranju, koristili smo modelni spoj $(\text{Ca}_x\text{La}_{1-x})(\text{Ba}_{1.75-x}\text{La}_{0.25+x})\text{Cu}_3\text{O}_y$ (CLBLCO), zanimljiv jer se neovisno može mijenjati interakcija J ključna za supravodljivost (x) od koncentracije vodljivih šupljina (y). Zbog toga u različitim obiteljima maksimalni T_c varira do 30 %, bez većih promjena u kristalnoj strukturi i kakvoći uzorka [1] što potvrđuju i naša NMR i NQR mjerenja. Ponašanje koje ukazuje na otvaranje pseudoprocjepa primijećeno je u temperaturnoj ovisnosti spektara kisika te u spin-rešetka relaksacijskim mjerenjima kisika, bakra i lantana. Sustavno je bilo moguće odrediti temperaturu otvaranja pseudoprocjepa T^* samo iz temperaturnog pomaka kisikove linije u NMR spektru. Potvrđeni su rezultati određivanja temperature T^* istosmjernom magnetskom susceptibilnošću [2] i dopunjen je fazni dijagram. Zanimljivo, iako je strukturno CLBLCO sličan YBCO sustavu, rezultati pokazuju veću sličnost sa LBCO/LSCO spojevima. Za razliku od optimalno dopiranog YBCO spoja [3], u CLBLCO postoji faza pseudoprocjepa čak i za optimalno dopirani uzorak.

[1] O. Chmaissem, Y. Eckstein, and C. G. Kuper, Phys. Rev. B **63**, 174510 (2001).

[2] Y. Lubashevsky and A. Keren, Phys. Rev. B **78**, 020505 (2008).

[3] M. Takigawa et al., Phys. Rev. B **43**, 247 (1991).

Istraživanje nabojnih uređenja u monokristalima kupratih supravodiča

Damjan Pelc¹, Antonije Dulčić¹, Miroslav Požek¹, Mihael S. Grbić¹, Tonči Cvitanić¹

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

Najpoznatiji visokotemperaturni supravodiči, kuprati rijetkih zemalja, uz supravodljivost pokazuju veliko bogatstvo elektronski uređenih faza čija priroda često nije do kraja razjašnjena. Posebno mjesto tu zauzimaju faze s 'prugastom' modulacijom spina i/ili naboja; njihova dinamika i uloga u stvaranju i razaranju supravodljivog uređenja još uvijek su predmet istraživanja i rasprava [1]. Ovdje ćemo prezentirati rezultate istraživanja prugastih i srodnih faza pomoću nuklearne kvadrupolne rezonancije (NQR) u monokristalima reprezentativnih lantanovih kuprata, $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ i $\text{La}_{2-x-y}\text{Eu}_y\text{Sr}_x\text{CuO}_4$. Neočekivano, rezultati se drastično razlikuju od prijašnjih mjerenja na mikronskim prahovima [2,3]. Intenzitet NQR linije bakra ispod temperatura prijelaza u prugaste faze pokazuje smanjenje koje se opaža i u prahovima (tzv. wipeout [2]), ali je u svim promatranim monokristalima pad signala s temperaturom dramatičan i znatno nagliji nego u prahu: signal pada na razinu šuma već nekoliko K ispod prijelaza. Time dokazujemo da NQR intenzitet bakra ne može biti proporcionalan parametru uređenja [4] - suprotno tvrdnjama na osnovi mjerenja u prahovima [2] - s obzirom da (lokalni) parametar uređenja ne može ovisiti o veličinama kristalnih zrna. Također, iznad temperatura prijelaza određenih neutronske i rentgenske raspršenjem [5] u kristalima $\text{La}_{2-x-y}\text{Eu}_y\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ opažamo dodatnu fazu koja do sada nije viđena, u kojoj dolazi do djelomičnog gubitka NQR intenziteta. Priroda te faze je nepoznata, ali pretpostavljamo da se radi o fluktuirajućim prugama bez dugodosežnog reda (e.g. nabojni nematik [6]) koje su nevidljive za tehnike raspršenja. NQR kao lokalna proba nam time omogućava uvid u do sada slabo istraženu dinamiku taljenja prugastih faza i međufaza u kojima su samo neke simetrije slomljene.

[1] H.-J. Grafe, Physica C 481, 93 (2012)

[2] A. W. Hunt, P. M. Singer, K. R. Thurber, T. Imai, Phys. Rev. Lett 82, 4300 (1999)

[3] A. W. Hunt, P. M. Singer, A. F. Cederström, T. Imai, Phys. Rev. B 64, 134525 (2001)

[4] M.-H. Julien et al., Phys. Rev. B 63, 144508 (2001)

[5] J. Fink et al., Phys. Rev. B 83, 092503 (2011)

[6] S. A. Kivelson, E. Fradkin, V. J. Emery, Nature 393, 550 (1998)

Numerički model nastanka udarnih valova u Sunčevoj koroni

Slaven Lulić¹, Tomislav Žić², Bojan Vršnak²

¹ Veleučilište u Karlovcu, J. J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac

² Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb

U Sunčevoj atmosferi dvije vrste procesa eksplozivno oslobađaju energiju pohranjenu u magnetskim ustrojstvima aktivnih područja. U Sunčevim bljeskovima koronina plazma je u svega nekoliko minuta zagrijana do temperature 10^8 K, što dovodi do impulzivnog širenja vruće magnetoplazme. S druge strane u koroninim izbačajima (CME) nestabilno magnetsko ustrojstvo biva izbačeno u međuplanetarni prostor brzinama 1000 km/s. Oba ova procesa popraćena su stvaranjem magnetohidrodinamičkih (MHD) udarnih valova velikih razmjera. Za nastanak koroninih udarnih valova razmatraju se dva scenarija. Jedan je tzv. „klipni mehanizam“ (engl. *piston mechanism*), a drugi je „tlačno-pulsni mehanizam“ (engl. *pressure pulse mechanism*). U prvom slučaju udarni val uzrokuje supersonični „mehanički“ izbačaj koji djeluje kao pokretni klip (npr. eruptivna prominencija, koronin izbačaj) te ispred sebe stvara udarni val. U drugom slučaju impulzivno grijanje plazme u Sunčevom bljesku stvara tlačni puls i uzrokuje eksplozivno širenje magnetoplazme što dovodi do stvaranja MHD poremećaja velike amplitude (engl. *blast wave*) koji naknadno prelazi u udarni val. Eksplozivno širenje koroninih struktura, prouzročeno CME/bljeskovi erupcijama, često u Sunčevoj koroni stvara valove i udarne valove velikih razmjera i amplituda. Spomenuti globalni poremećaji se manifestiraju kao EUV koronini valovi, kromosferski Moreton-ovi valovi, radiovalno zračenje tipa II. Zadnjih godina ova tematika je predmet mnogih istraživanja što opažачkih, teoretskih, pri kojima se izučava morfologija, kinematika, karakteristike izvora, formiranje i širenje udarnih valova. Numerički smo simulirali formiranje i evoluciju MHD jednostavnih valova velikih amplituda. Promatrane su osnovne konfiguracije u svrhu poticanja, stvaranja te kvantificiranja najopćenitijih karakteristika nastanka MHD udarnog vala. Sve analizirane situacije pokazale su da impulzivnije širenje izvora rezultira kraćom udaljenošću i brzim nastankom udarnog vala, što je u skladu sa analitičkim razmatranjima.

[1] Vršnak, B.:2001, Solar flares and coronal shock wave. J. Geophys. Res. 106

[2] Vršnak, B., Cliver, E.W.:2008, Origin of Coronal Shock Waves. Invited Review. Solar Phys. 253

[3] Vršnak, B., Lulić, S.: 2000a,200b, Formation of coronal MHD shock waves. Solar Phys. 196

[4] Žić, T., Vršnak, B., Temmer, M.: 2008, Cylindrical and Spherical Piston as Drivers of MHD Shocks. Solar Phys. 253

Nestabilnost i heliosfersko širenje koroninih izbačaja mase

Tomislav Žić¹, Bojan Vršnak¹

¹Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Koronin izbačaj predstavlja eruptivnu promjenu globalnog magnetskog polja korone i posljedica je nestabilnosti usukanog toroidalnog magnetskog ustrojstva. Razmatrana su strukturalna svojstva usukanog samouravnoteženog magnetskog polja, ispitani su uvjeti za nastup nestabilnosti, te karakteristike akceleracijske faze koroninih izbačaja. Numerički se odredio bitan parametar u proučavanju nestabilnosti magnetski usukanih toroida, induktivitet debelog toroidalnog sustava. Opisano je proporcionalno širenje toroidalne strukture u visokoj koroni, što je u suglasnosti s opažanim karakteristikama koroninih izbačaja mase. Prolaskom kroz parametarski prostor modela, također su se reproducirali opažajući rezultati rane akceleracijske faze. Uvidjelo se da je model najosjetljiviji na početnu struju koja teče magnetskim užetom i na dodatno induciranu struju nastalu magnetskim prespajanjem (rekonekcijom). Uzastopnim povećanjem struje magnetsko uže prolazi kroz kvazi-stacionarna stanja i pri vrlo velikim vrijednostima dolazi do potpunog gubitka ravnoteže. Međutim, velika jakost struje, kao posljedica fotosferskih gibanja i usukavanja nožišta magnetskog užeta se ne opaža, stoga se u model uvodi rekonencijski proces. Rekonekcijski model je opisao različite opažanje kategorije izbačaja. U međuplanetarnom prostoru Lorentzova sila iščezava i na izbačaj u propagacijskoj fazi djeluje samo sila „otpora“ koja ovisi o relativnoj brzini izbačaja i Sunčevog vjetra. U takvom nesudarnom okruženju sila ima kvadratični oblik. Rezultati predloženog modela usporedili su se s raznim empirijskim i satelitskim podacima. Statistička analiza uzoraka izbačaja pokazala je da optimalne vrijednosti parametra Γ se kreću između 0.2 i 2, uz asimptotsku brzinu Sunčevog vjetra od 500 km/s. Male vrijednosti parametra Γ odgovaraju masivnom izbačaju koji se giba u brzom Sunčevom vjetru male gustoće, dok velike vrijednosti opisuju izbačaje malih gustoća u sporom Sunčevom vjetru. Tipične nepouzdanosti u predviđanju vremena dolazaka međuplanetarnih izbačaja do Zemlje iznosi otprilike $1/2$ dana. Krajnji oblik modela prilagođen je javnoj internetskoj primjerni u sklopu EU FP7 projekata SOTERIA i COMESEP, te za uporabu u međunarodnoj razmjeni podataka Solar Alert. Primjer internetskog pomagala za prognostiku i opis širenja koroninog izbačaja heliosferom nalazi se na adresi: <http://oh.geof.unizg.hr/~tomislav/DBM/>. Prikazano istraživanje financirano je iz EU FP7 projekta COMESEP.

[1] B. Vršnak, T. Žić, T. V. Falkenberg, C. Möstl, S. Vennerstrom, i D. Vrbanec. The role of aerodynamic drag in propagation of interplanetary coronal mass ejections. *Astron. Astrophys.*, 512: A43, Ožujak 2010.

[2] B. Vršnak, T. Žić, D. Vrbanec, M. Temmer, T. Rollett, C. Möstl, A. Veronig, J. Čalogović, M. Dumbović, S. Lulić, Y.-J. Moon, i A. Shanmugaraju. Propagation of Interplanetary Coronal Mass Ejections: The Drag-Based Model. *Solar Phys.*, 285: 295–315, Srpanj 2013.

[3] T. Žić, B. Vršnak, i M. Skender. The magnetic flux and self-inductivity of a thick toroidal current. *J. Plasma Phys.*, 73: 741–756, 2007.

Magnetska svojstva kompleksnih spojeva Ni(II) koordiniranih Schiffovim bazama

Filip Torić¹, Marina Cindrić², Damir Pajić¹, Gordana Pavlović³, Krešo Zadro¹

¹Sveučilište u Zagrebu, PMF - Fizički odsjek, Zagreb

²Sveučilište u Zagrebu, PMF - Kemijski odsjek, Zagreb

³Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb

U ovom radu istraživana su 2 nova Ni_4 spoja kemijskih formula $[Ni_4L_4(H_2O)_2] \cdot 1,66CH_3OH$ i $[Ni_4L_4(CH_3CN)_2]$. Po svojoj strukturi ti se spojevi klasificiraju kao dvostruki (defektni) kubanski spojevi. Pojedini ioni nikla imaju različite koordinacijske brojeve. Utvrđeno je da različita koordinacija ne utječe na različite vrijednosti spina pojedinih iona nikla. Prilagodбом na Curie-Weissov zakon iznad 50K dobiveno je anti feromagnetsko dugodosežno uređenje s Neelovom temperaturom oko 4K. Podaci su prilagođavani na spinski hamiltonijan $H = J_1(S_1 \cdot S_2 + S_3 \cdot S_4) + J_2(S_1 \cdot S_3 + S_2 \cdot S_4) + J_3 S_2 \cdot S_3$ sa i bez uključenog cijepanja energijskih razina u odsustvu vanjskog magnetskog polja, gdje su J_i parametri interakcije iona nikla. Dobivene vrijednosti parametara interakcije sugeriraju osnovno stanje $S = 0$ koje potvrđuje i energijski dijagram izračunat s vrijednostima parametara interakcije J_i dobivenim iz prilagodbi. Ovo je također u suglasju s opadanjem efektivnog magnetskog momenta sa sniženjem temperature u cijelom intervalu. Sniženjem temperature ispod 50K, stanja $S=4$, $S=3$, $S=2$, i $S=1$ su postupno ispražnjena i stoga efektivni magnetski moment ide u nulu. Dobivene vrijednosti parametara interakcije iona nikla su u skladu s dosad empirijski utvrđenom magnetostrukturnom korelacijom prirode interakcije i kuta Ni-O-Ni. Prema našim saznanjima, ovo je prvi primjer dvostruke kubanske strukture s različito koordiniranim ionima nikla koja ima $S = 0$ osnovno stanje.

Da li je U^{4+} -ion jedno- ili mnogo-kanalni Kondo ion

Miroslav Očko¹

¹*Institut za Fiziku, Bijenička cesta 46, HR-10002 Zagreb*

U Kondo fizici još uvijek nije postignuto razumijevanje tzv. sakrivenog uređenja (hidden order) koje je opaženo u intermetalnom spoju URu_2Si_2 . Jedan od mnogih pokušaja rješavanja toga problema je formuliranje mnogo-kanalne Kondo teorije. Pretpostavljalo se da ukoliko URu_2Si_2 sadrži U^{4+} -ion, budući da ima 2 elektrona u 5f ljusci, da bi se on mogao ponašati u skladu sa mnogo-kanalnom Kondo teorijom. Proučavanjem sistema slitina $U_xY_{1-x}Ru_2Si_2$ ($x = 0.33, 0.66$) došli smo do zaključka da se u tim slitinama nalazi U^{4+} -ion i da se ponaša u skladu sa jedno-kanalnom Kondo teorijom izvedenom iz Coqblin-Schrieffer Hamiltoniana. Zaključujemo da i URu_2Si_2 sadrži U^{4+} -ion. Naša mikrostrukturna analiza ukazuje da tzv. sakriveno uređenje nije intrinzično uređenje intermetalnog spoja URu_2Si_2 .

Strukturna i optička svojstva ZnO:Al tankih filmova pripremljenih magnetronskim rasprašenjem

Krunoslav Juraić¹, Davor Gracin¹, Daniel Meljanac¹, Antun Drašner¹, Jasper Rikkert Plaisier², Hrvoje Skenderović³

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb*

²*Sincrotrone Trieste, Strada Statale 14, km 163.5, 34012 Basovizza (TS), Italy*

³*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46, 10000 Zagreb*

Cink-oksidi zajedno sa indij-oksidi pripada u grupu prozirnih vodljivih oksida (TCO) koji su vrlo zanimljivi zbog moguće primjene optoelektroničkim uređajima kao što su ravni ekrani, plinski senzori, organske LED diode, te kao prozirne vodljive elektrode u solarnim ćelijama. Zbog visoke prozirnosti u vidljivom dijelu spektra, termalne stabilnosti, jeftinog i neotrovnog postupka pripreme, otpornosti na djelovanje vodikove plazme ZnO tanki filmovi dopirani sa aluminijem, navode se kao dobra zamjena za okside indija sa kositrom (ITO). Jedan od načina kako se nešto lošija električna svojstva ZnO:Al tankih filmova mogu poboljšati je zagrijavanjem u vodikovoj atmosferi nakon depozicije. U ovom radu će biti predstavljeni rezultati istraživanja utjecaja grijanja u vodikovoj atmosferi na strukturna i optička svojstva ZnO:Al tankih filmova. Serija uzoraka tankih filmova ZnO dopiranih sa aluminijem korištenjem DC magnetronskog rasprašenja na podlogu od kvarca i stakla uz različite uvjete pripreme (tlak radnog plina, struja izboja). Procesi u plazmi tijekom depozicije uzorka praćeni su optičkom emisijskom spektroskopijom (OES). Nakon depozicije uzorci su zagrijavani tijekom jednog sata u vodikovoj atmosferi na temperaturi od 200 – 400 °C. Strukturna tankih filmova ZnO:Al istražena je difrakcijom rendgenskih zraka pod malim kutom (GIXRD). GIXRD eksperiment je napravljen na MCX liniji sinhrotrona Elettra (Italija) koristeći 8 keV rendgensko zračenje uz konstantu vrijednost upadnog kuta. Analizom dobivenih difraktograma (Rietveld) proučeno je kako temperatura grijanja utječe na strukturu filmova (parametre rešetke, veličinu nanokristala, mikrostrain). Ovisnost optička svojstva (indeks loma i koeficijent apsorpcije, širina energijskog procjepa) o temperaturi grijanja istražena je mjerenjem faktora transmisije i refleksije u vidljivom dijelu spektra te mjerenjem fotoluminiscencije.

Supravodljiva svojstva magnezijevog diborida dopiranog oksidima rijetkih zemalja

Nikolina Novosel¹, Stipe Galić¹, Damir Pajić¹, Željko Skoko¹, Krešo Zadro¹,
Emil Babić¹

¹Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

Magnezijev diborid supravodič je s temperaturom prijelaza u supravodljivo stanje $T_c \approx 39$ K što omogućuje njegovu veliku potencijalnu primjenu na temperaturama ≥ 20 K uz hlađenje tekućim vodikom ili u kriogenim sustavima zatvorenog tipa. Glavni nedostatak MgB_2 žica je relativno malo gornje kritično polje ($B_{c2} \sim 18$ T na 4.2 K) i slabo zapinjanje magnetskih vrtloga što rezultira malim ireverzibilnom poljem ($B_{irr} \sim 10$ T na 4.2 K) i jakom ovisnošću gustoće kritične struje o magnetskom polju. Povećanje zapinjanja vrtloga ostvaruje se uglavnom dopiranjem MgB_2 različitim elementima i/ili spojevima, dok se različitim termo-mehaničkim postupcima tijekom proizvodnje MgB_2 žica mogu značajno poboljšati svojstva žica bitna za njihovu primjenu.

U ovom radu dopirali smo MgB_2 oksidima rijetkih zemalja: Eu_2O_3 (sferne čestice, $d \approx 30 - 50$ nm) i Dy_2O_3 (sferne čestice $d \sim 30$ nm i štapići dimenzija $\sim 25 \times 225$ nm). MgB_2 žice dopirali smo različitim udjelima nanočestica (0, 0.625, 1.25 i 2.5 tež%) i sinterirali na temperaturama 650°C i 750°C . Izmjerali smo magnetootpore i kritične struje MgB_2/Fe žica u području temperatura $2 - 40$ K i magnetskim poljima ≤ 16 T. Smanjenje temperature supravodljivog prijelaza dopiranih uzoraka nije značajano zbog malog udjela dopiranja. Temperaturne ovisnosti kritičnih polja (ireverzibilnog polja, B_{irr} i gornjeg kritičnog polja, B_{c2}) također se ne mijenjaju značajno dopiranjem, iako je za neke dopirane žice uočeno povećanje B_{irr} i B_{c2} u cijelom ispitivanom temperaturnom području u odnosu na nedopiranu žicu. Određeno povećanje gustoće kritične struje $J_c(B)$ nekih dopiranih žica u odnosu na nedopiranu žicu opaža se na niskoj temperaturi (5 K). Daljnjom optimizacijom postupka proizvodnje MgB_2/Fe žica moglo bi se ostvariti značajnije poboljšanje njihovih elektromagnetskih svojstava. Dobiveni rezultati uspoređeni su s podacima iz literature.

Porozni silicij dobiven galvanostatskom elektrokemijskom anodizacijom slojeva epitaksijalnog silicija, polikristaliničnog silicija i silicija na izolatoru

M. Ivanda¹, M. Balarin², O. Gamulin², V. Đerek¹, M. Kosović², D. Ristić¹, S. Musić¹, M. Ristić¹

¹*Institut Rudjer Boskovic, Bijenička 54, Zagreb*

²*Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Salata 3b, Zagreb*

Porozni silicij od otkrića 1955. godine, a posebno nakon što su opažene njegova fotoluminiscencija i elektroluminiscencija, izaziva veliki interes istraživača[1]. Jednostavnost pripreme učinila ga je lako dostupnim i vrlo istraživanim sustavom pa se danas prikladnim odabirom parametara mogu proizvesti strukture specifičnih oblika i dimenzija pora te tako prilagoditi željenoj primjeni. Veliki omjer površine prema volumenu, koji je reda veličine 500 m²cm⁻³, i karakteristična kemijski reaktivna struktura čine ga idealnim detektorom i spremnikom molekula. Zbog toga, ali i biokompatibilnosti, porozni silicij je vrlo zanimljiv materijal u području biotehnologija gdje se, osim za detekciju molekula, razvija njegova primjena i kao prijenosnika lijekova. U okviru ovog rada biti će prezentirani sistematizirani rezultati istraživanja poroznog silicija na Institutu Ruđer Bošković u posljednjih par godina [2–4]. Uzorci poroznog silicija su pripremljeni od galvanostatskoelektrokemijskom anodizacijom na nekoliko vrsta podloga: epitaksijalnog silicija, polikristalnog silicija i silicij na izolatorskom sloju. Strukturna i optička svojstva priređenih uzoraka ispitivane su Ramanovom spektroskopijom, fotoluminiscencijom, infracrvenom spektroskopijom i pretražnom elektronskom mikroskopijom. Opažena svojstva poroznog silicija su diskutirana obzirom na parametar pripreme (struja i vrijeme anodizacije, koncentracija HF) kao i na nove osobine dobivene novim vrstama podloga. Dobiveni rezultati su diskutirani obzirom na mogućnosti primjene poroznog silicija u razvoju biološko/kemijskih senzora.

[1] A. Uhlir, Bell System Technical Journal 35 (1956) 333–347; L. T. Canham, Applied Physics Letters 57 (1990) 1046–1048; A. Halimaoui, C. Oules, G. Bomchil, A. Bsiesy, F. Gaspard, R. Herino, M. Ligeon, F. Muller, Applied Physics Letters, 59 (1991) 304–306

[2] Balarin, M., Gamulin, O., Ivanda, M., Kosović, M., Ristić, D., Ristić, M., Musić, S., Furić, K., Krilov, D., Journal of molecular structure, 993 (2011) 208–213

[3] Balarin, M., Gamulin, O., Ivanda, M., Kosović, M., Ristić, D., Ristić, M., Musić, S., Furić, K., Krilov, D., Brnjas-Kraljević, J., Journal of molecular structure, 924–926 (2009) 285–290

[4] M. Ivanda, M. Balarin, O. Gamulin, V. Djerek, D. Ristić, S. Musić, M. Ristić, M. Kosović, in NATO Science for Peace and Security, Series - B: Physics and Biophysics, Title of the book- Technological Advances in CBRN Sensing and Detection for Safety, Security and Sustainability, Editors - A. Vaseashta and S. Khudaverdyan, Springer (2013), in press

Vibracijska analiza polimera 3-glicidoksi-propiltrimetoksisilana

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

¹Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Marulićev trg 19, Zagreb

²Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, Zagreb

Molekula 3-glicidoksi-propiltrimetoksisilana (GPTMS) posjeduje dvije funkcionalne grupe na svojim krajevima, epoksi i silicij-alkoksid, pomoću kojih može stvarati organske i anorganske polimere. Glavni interes ovog istraživanja je karakterizacija strukture anorganskog polimera GPTMS-a, dobivenog hidrolizom metoksi skupina što daje silanolne skupine (SiOH). Siloksanske veze (SiOSi) su zatim dobivene kondenzacijom silanola.

GPTMS polimer s anorganskim SiOSi vezama pripremljen je sol-gel postupkom. Snimljeni su vibracijski spektri (Ramanov i infracrveni) dobivenog polimera. Uz vibracijsku analizu napravljen je i teorijski proračun normalnih koordinata pretpostavljene polimerne strukture temeljen na teoriji funkcionala gustoće (DFT). DFT proračuni provedeni su koristeći Beckeov troparametarski funkcional izmjene u kombinaciji s Lee-Young-Parr korelacijskim funkcionalom te standardnim baznim skupom 6-311+G(d,p).

Usporedbom izračunatih frekvencija i eksperimentalno dobivenih podataka uočene su vrpce karakteristične za polimernu strukturu. Molekula GPTMS-a ima karakteristične vrpce[1] na 1256 cm⁻¹ (mod epoksi prstena) te SiO istezanja pri 642 i 612 cm⁻¹. U spektru GPTMS polimera ne opažaju se vrpce od SiO istezanja što upućuje na hidrolizu metoksi skupina praćenu kondenzacijom odnosno anorgansku polimerizaciju. Intenzivna vrpca u Ramanovom spektru opažena pri 1136 cm⁻¹ i pripisana SiOSi istezanju sugerira ljestvastu strukturu GPTMS polimera[2].

[1] Movre Šapić I., Bistričić L., Volovšek V. et al., Spectrochim. Acta A. **72** (2009) 833

[2] Volovšek V., Bistričić L., Dananić V. et al., J. Mol. Struct. **834-836** (2007) 414

Samouređenje nanočestica u Ge/Si i Si/Ge višeslojevima: formacija ljuska-jezgra strukture?

Antonija Utrobičić¹, Nikola Radić², Joerg Grenzer³, Rene Huebner³, Mile Ivanda², Zdravko Siketić², Ivančica Bogdanović-Radović², Jordi Sancho Parramon², Tihomir Car², Vesna Janicki², Marko Jerčinović², Sigrid Bernstorff⁴, Vaclav Holy⁵, Maja Buljan²

¹*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet*

²*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

³*Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden, Njemačka*

⁴*Elettra-Sincrotrone Trieste, Basovizza, Italija*

⁵*Charles University in Prague, Prag, Republika Češka*

Samouređene poluvodičke nanočestice u dielektričnim matricama vrlo su interesantne zbog svojstava koja se mogu kontrolirati veličinom i rasporedom nanočestica u matrici te njihovom unutarnjom strukturom. U prezentaciji pokazujemo istraživanje formacije i samouređenja nanočestica u Ge/Si/Al₂O₃ i Si/Ge/Al₂O₃ višeslojevima. Pokazujemo da stvaranje nanočestica bitno ovisi o redosljedu depozicije slojeva u višesloju. Nastala vrlo uređena trodimenzionalna rešetka nanočestica rezultat je depozicije sa germanijem kao donjim slojem. Postavlja se pitanje da li stvorene nanočestice imaju ljuska-jezgra Ge/Si strukturu, na koje pokušavamo dati odgovor na temelju rezultata mjerenja Ramanove spektroskopije i elipsometrije. S druge strane, nastala dvodimenzionalna slojevita Si/Ge struktura rezultat je depozicije sa silicijem kao donjim slojem.

Fotonske sfere i bozonske zvijezde s neminimalnim vezanjem

Dubravko Horvat¹, Saša Ilijić¹, Anamarija Kirin¹, Zoran Narančić¹

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

Pokazuje se da se fotonske sfere mogu formirati u konfiguraciji bozonskih zvijezda konstruiranih od masivnih kompleksnih skalarnih polja, neminimalno vezanih s gravitacijom. Ako se pretpostavi da su bozonske zvijezde prozirne, fotonske sfere pokazuju efekt jake gravitacijske leće i značajno pojačanje fotonskog toka u središnjem području zvijezde u odnosu na tok u njejoj okolini.

- [1] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity* (Wiley, New York, 1972)
- [2] D. Horvat, S. Ilijić, A. Kirin, Z. Narančić, *Formation of photon spheres in boson stars with a nonminimally coupled field*, *Class. Quant. Grav.* **30** 095014 (2013)
- [3] J. J. van der Bij, M. Gleiser, *Stars of bosons with non-minimal energy-momentum tensor*, *Phys. Lett. B* **194** 482 (1987)
- [4] D. Horvat, S. Ilijić, *Gravastar energy conditions revisited*, *Class. Quant. Grav.* **24** 5637 (2007)
- [5] S. H. Hawley, M. W. Choptuik, *Boson stars driven to the brink of black hole formation*, *Phys. Rev. D* **62** 104024 (2000)

Mikrovalna fluktuacijska vodljivost u supravodiču LaSrCuO

M. S. Grbić¹, D.-N. Peligrad², M. Požek¹, T. Sasagawa³, M. Greven⁴, N. Barišić⁵, A. Dulčić¹

¹*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Fizički odsjek, Bijenička 32, 10000 Zagreb*

²*Physikalisches Institut, Universitaet Stuttgart, D-70550 Stuttgart, Germany*

³*Materials and Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology, Kanagawa 226-8504, Japan*

⁴*School of Physics and Astronomy, University of Minnesota, Minneapolis, MN55455, USA*

⁵*Service de Physique de l'Etat Condense, CEA-DSM-IRAMIS, F91198 Gif-sur-Yvette, France*

Prostiranje supravodljivih fluktuacija u području pseudoprocjepa poddopiranih visokotemperaturnih supravodiča proučava se već dulje vrijeme raznim metodama u mnogim svjetskim laboratorijima. Primjenjujući mikrovalnu tehniku (10 - 20 GHz), pokazali smo da se u optimalno dopiranom i blago poddopiranom supravodiču $HgBa_2CuO_{4+\delta}$ supravodljive fluktuacije protežu oko 10 K iznad T_c [1]. U jako poddopiranom $YBa_2Cu_3O_{6+\delta}$ doseg supravodljivih fluktuacija je oko 20 K iznad T_c [2]. Analogna mjerenja u području THz pokazala su u nizu poddopiranih do naddopiranih tankih filmova $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ da se supravodljive fluktuacije protežu oko 10 - 15 K iznad T_c [3]. U svrhu provjere univerzalnosti dosega supravodljivih fluktuacija, proveli smo mjerenja na monokristalima $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ raznih dopiranja sa i bez primjene vanjskog magnetskog polja, te utvrdili da fluktuacijsko područje prati supravodljivu kupolu kao i u drugim ranije mjerenim visokotemperaturnim supravodičima.

[1] M. S. Grbić, N. Barišić, A. Dulčić, I. Kupčić, Y. Li, X. Zhao, G. Yu, M. Dressel, M. Greven, and M. Požek, *Phys. Rev. B* **80** (2009) 094511

[2] M. S. Grbić, M. Požek, D. Paar, V. Hinkov, M. Raichle, D. Haug, B. Keimer, N. Barišić, and A. Dulčić, *Phys. Rev. B* **83** (2011) 144508

[3] L. S. Bilbro, R. Valdes Aguilar, G. Logvenov, O. Pelleg, I. Božović, N. P. Armitage, *Nat. Phys.* **7** (2011) 298

Istraživanje porijekla luminescentnih vrpca u ganitu (ZnAl_2O_4) dopiranom titanom

Vlasta Mohaček Grošev¹, Aleksandar Maksimović¹, Martina Vrankić¹,
Vladimir Dananić²

¹*Institut Rudjer Boškovic, Zagreb*

²*Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb*

Ganit ZnAl_2O_4 kristalizira u kubičnoj prostornoj grupi $\text{Fd}\bar{3}\text{m}$ s osnovnim motivom od dvije formulae jedinice. Time se optičke vibracije mogu klasificirati u sljedeće ireducibilne reprezentacije:

$$\Gamma = A_{1g} \oplus E_g \oplus F_{1g} \oplus 3F_{2g} \oplus 2A_{2u} \oplus 2E_u \oplus 5F_{1u} \oplus 2F_{2u}. \quad (1)$$

Vibracije A_{1g} i E_g su aktivne u Ramanovom spektru, dok su vibracije F_{1u} aktivne u infracrvenom spektru. U Ramanovom spektru čistog ganita opažene su vibracije na 419 i 660 cm^{-1} , te jedna slaba vrpca na 440 cm^{-1} koja je pripisana ZnO . Porastom udjela titana u ganitu (do maksimalnih 25 postotaka) opažene su nove ramanske vrpce na 343 , 731 i 759 cm^{-1} , te jak porast intenziteta vrpce od ZnO na 440 cm^{-1} .

Radi boljeg razumijevanja procesa vezanja atoma titana u novu strukturu, potrebno je provesti kvantnomehanički račun fononskih vibracija ganita, cinkovog oksida, te titanom dopiranih struktura. Preliminarni rezultati na ganitu dobiveni programom CRYSTAL09⁴ predviđaju Ramanove fononske prijelaze na 411 i 779 cm^{-1} , dok su za cinkov oksid računati prijelazi na 93 , 397 , 417 , te 444 cm^{-1} .

[1] M. Vrankić, B. Gržeta, V. Mandić, E. Tkalčec, S. Milošević, M. Čeh, B. Rakvin, J. Alloys. Compds. **543** (2012) 213.

[2] A. Chopelas, A. M. Hofmeister, Phys. Chem. Minerals **18** (1991) 279.

[3] C. M. Fang, C.-K. Loong, G. A. de With, Phys. Rev. B **66** (2002) 144301.

[4] R. Dovesi, R. Orlando, B. Civalleri, C. Roetti, V. R. Saunders, and C. M. Zicovich-Wilson, Z. Kristallogr. **220** (2005) 571.

Fizika metabolizma

Marko Jusup¹, Velimir Labinac², Hiroyuki Matsuda³

¹*Faculty of Sciences, Kyushu University, Fukuoka, Japan*

²*Odjel za fiziku, Sveučilište u Rijeci*

³*Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, Yokohama, Japan*

Izučavanje života i živih organizama nedvojbeno prelazi granice jednog znanstvenog polja, potiče interdisciplinarno istraživanje, te stvara prilike za značajan doprinos iz fizike. Posljednjih godina, iznimna prilika se ukazala razvojem formalne metaboličke teorije života - pokušaja da se istraživanja u biologiji utemelje na fizičkim načelima. Posebno je atraktivna razina generalizacije i formalizma koju takva teorija ostvaruje zahvaljujući ideji da su mehanizmi odgovorni za kontrolu metabolizma univerzalni, odnosno da vrijede za organizme svih vrsta. Identifikacija i formulacija glavnih mehanizama uvelike se oslanja na znanje koje potječe ne samo iz biologije, već i matematike, kemije, fizike, te posebice termodinamike. U kontekstu edukacije, to znači da upoznavanje budućih naraštaja prirodnih znanstvenika, poglavito mladih fizičara, s osnovama formalne metaboličke teorije života ima golem potencijal u smislu širenja vidika i pripreme za značajne znanstvene doprinose.

Ovdje iznosimo osnove formalne metaboličke teorije života kako bismo ilustrirali ulogu termodinamike i zakona fizike - poput očuvanja mase i energije - u razvoju živih organizama. Naš pristup je postepen, te se oslanja na minimalnu količinu informacija neophodnu za potpun pregled teorijskog formalizma. Sve pretpostavke su motivirane primjerima iz biologije. Numerički rezultati vizualiziraju razvoj organizama u različitim okolišima. Izlaganje je zaokruženo razmatranjem potencijalnih koristi, ali i poteškoća, koje se mogu pojaviti prilikom uvođenja ovakvog interdisciplinarnog sadržaja u sveučilišnu nastavu fizike.

[1] S. A. L. M. Kooijman, *Dynamic Energy Budget Theory for Metabolic Organisation* (Cambridge University Press, Cambridge, 2010), 3rd. ed.

[2] T. Sousa, R. Mota, T. Domingos, "Thermodynamics of organisms in the context of dynamic energy budget theory," *Phys. Rev. E* **74**, 051901 (2006).

[3] M. Jusup, T. Klanjscek, H. Matsuda, S. A. L. M. Kooijman "A full lifecycle bioenergetic model for bluefin tuna," *PLoS ONE* **6**, e21903 (2011).

Univerzalnost atomskih kvantnih halo klastera

Petar Stipanović¹, Leandra Vranješ Markić¹, Ivana Bešlić¹, Jordi Boronat²

¹*Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu, Teslina 12, HR-21000 Split*

²*Departament de Física i Enginyeria Nuclear, Universitat Politècnica de Catalunya, Campus Nord B4-B5, E-08034 Barcelona, Spain*

Prezentiramo trenutne rezultate istraživanja kvantnih halo sustava. Proučili smo osnovna stanja slabo vezanih malih klastera, sastavljenih od 2 do 4 $D\uparrow$, $T\uparrow$, ^3He i ^4He atoma, koji prodiru značajno u klasično zabranjena područja. Korišten je varijacijski i difuzijski Monte Carlo za određivanje energije vezanja i veličine klastera.

Skaliranjem veličina uspoređujemo promatrane atomske klastere sa već istraženima u drugim područjima fizike, kao i onima proučenima korištenjem različitih interakcijskih potencijala. Dodatno smo koristili različite oblike međučestičnih interakcijskih potencijala, ali iste duljine raspršenja i efektivnog dosega, kako bismo pokazali univerzalnost, odnosno neovisnost nisko-energijskog ponašanja o detaljima kratkodosežnog dijela potencijala.

Prediktivna statistička mehanika, produkcija entropije i neravnotežna teorija

Domagoj Kuić¹, Paško Županović¹, Davor Juretić¹

¹*Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu*

Prediktivna statistička mehanika je oblik zaključivanja iz dostupnih podataka, bez dodatnih pretpostavki. Temelji se na Jaynesovom načelu najveće informacijske entropije [1]. U raspodjelu vjerojatnosti se primjenom tog načela uključuje jedino informacija koja je reprezentirana ograničenjima zadanim na maksimizaciju Shannonove informacijske entropije [2]. Predikcije izvedene iz takve raspodjele vjerojatnosti su najbolje koje su moguće na osnovi dostupne informacije, bez uvođenja pretpostavki u koje nismo sigurni. U slučaju makroskopskog sustava, naša informacija o mikroskopskom stanju sustava i njegovoj točnoj vremenskoj evoluciji gotovo uvijek je nepotpuna. Ipak, moguće je na osnovi dostupne informacije predvidjeti vrijednosti makroskopskih veličina. Neko makroskopsko ponašanje reproducibilno je u eksperimentu ako je karakteristično za golemu većinu mikrostanja koja su kompatibilna sa zadanim makroskopskim ograničenjima [3]. Za predikciju reproducibilnog makroskopskog procesa dovoljno je poznavanje vrijednosti relevantnih makroskopskih veličina. Opisani pristup bio je primijenjen na problem predikcije makroskopske vremenske evolucije zatvorenog Hamiltonovog sustava [4]. Pristup se temelji na maksimizaciji Shannonove uvjetne informacijske entropije [2]. Definirana je uvjetna raspodjela vjerojatnosti mikrostanja uz uvjet neke određene putanje u faznom prostoru, i odgovarajuća uvjetna informacijska entropija. Putanje su dane rješenjima Hamiltonovih jednadžbi gibanja. Osnovno ograničenje na maksimizaciju uvjetne informacijske entropije je dano Liouvilleovom jednadžbom za uvjetnu raspodjelu vjerojatnosti, gdje je ta jednadžba usrednjena integralom po dostupnom faznom prostoru. Maksimizacija uvjetne informacijske entropije uz to ograničenje rezultira potpunim gubitkom korelacije između početnih putanja i konačnih mikrostanja. Opisani gubitak korelacije je povezan s gubitkom informacije o mogućim mikrostanjima sustava. Definicija brzine promjene entropije zatvorenog Hamiltonovog sustava proizišla je iz ovog pristupa bez ikakvih dodatnih pretpostavki. Potom je uz uvođenje dodatnih ograničenja na maksimizaciju uvjetne informacijske entropije, ekvivalentnih hidrodinamičkim jednadžbama kontinuiteta, izvedena brzina promjene entropije i gustoća produkcije entropije za klasični fluid identičnih čestica. Dobiveni izrazi su u skladu s temeljnim postulatima termodinamike ireverzibilnih procesa.

[1] Jaynes, E.T.: Information theory and statistical mechanics. Phys. Rev. 106, 620-630 (1957)

[2] Shannon, C.E.: A mathematical theory of communication. Bell Syst. Tech. J. 27, 379-423, 623-656 (1948)

[3] Jaynes, E.T.: Macroscopic prediction. In: Haken, H. (ed.) Complex Systems - Operational Approaches in Neurobiology, Physics, and Computers, pp. 254-269. Springer, Berlin (1985)

[4] Kuić, D., Županović, P., Juretić, D.: Macroscopic time evolution and MaxEnt inference for closed systems with Hamiltonian dynamics. Found. Phys. 42, 319-339 (2012)

Lasersko hlađenje atoma pomoću optičkog frekventnog češlja

Damir Aumiler¹, Ticijana Ban¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

Lasersko hlađenje atoma vrlo je dobro poznata i široko korištena metoda za postizanje najnižih mogućih temperatura u laboratorijima. Tipično se pri laserskom hlađenju koriste kontinuirani laseri. U ovom radu ćemo predstaviti novu metodu laserskog hlađenja atoma upotrebom niza ultrakratkih laserskih pulseva svjetlosti, tj. femtosekundnog laserskog frekventnog češlja [1].

Razvijen je jednostavan model kojim se opisuje interakcija atoma s dva nivoa i dva antiparalelna snopa femtosekundnog lasera. Izvedena radijativna sila na atome pokazuje da se laserski modovi frekventnog češlja efektivno ponašaju kao niz zasebnih kontinuiranih lasera (za hlađenje) što otvara zanimljive mogućnosti glede istovremenog hlađenja više vrsta atoma pomoću samo jednog femtosekundnog lasera.

[1] D. Aumiler, T. Ban, Phys. Rev. A **85**, 063412 (2012).

Modulatorna uloga prefrontalnog generatora unutar slušne M50 kortikalne mreže

Sanja Josef Golubić¹, Cheryl J. Aine², Julia M. Stephen³, John C. Adair³, Janice E. Knoefel³, Selma Supek¹

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

²Department of Radiology, UNM School of Medicine, Albuquerque, USA

³The Mind Research Network, Albuquerque, USA

Varijabilnost amplitude M50 evociranog neuromagnetskog odgovora, koji se javlja u periodu 40–100 ms nakon slušnog podražaja, odražava neuronsku sposobnost da adekvatno reagira bilo na novi podražaj (gating in) bilo na ponovljeni podražaj (gating out). Temeljni neurodinamički mehanizmi, priroda njihove aktivacije i prostorna lokalizacija svih kortikalnih izvora koji doprinose osjetnom gatingu još uvijek predstavljaju otvorena pitanja. Cilj naših magnetoencefalografskih (MEG) istraživanja je uključivao prostorno-vremensko lokaliziranje kortikalnih generatora slušnog gatinga te ispitivanje njegove uloge unutar M50 neuronske mreže. Neuromagnetska polja 10 zdravih starijih ispitanika te 10 pacijenata u različitim stadijima demencije Alzheimerovog tipa mjerena su 275-kanalnim CTF sustavom (VSM MedTech, Ltd.) u magnetski zasjenjenoj sobi MIND Research Instituta (New Mexico) tijekom pasivnog slušanja tonova oddball paradigme (1 kHz, $p=0.8$; 1.2 kHz, $p=0.2$). Koristili smo Calibrated Start Spatio-Temporal (CSST) algoritam unutar MRVIEW programskog paketa [1] za prostorno-vremensku lokalizaciju neuronske aktivnosti u intervalima 30–100 ms i 30–200 ms nakon prezentacije slušnih podražaja. Lokalizirali smo tri kortikalna područja koja sudjeluju u formiranju M50 slušnog odgovora: prefrontalni korteks (PF) uz bilateralnu aktivaciju supratemporalnog korteksa (STG). PF generator unutar M50 mreže je lokaliziran kod svih 10 zdravih ispitanika, za razliku od 9 pacijenata s demencijom kod kojih PF izvor nije evociran niti s jednim od tonova oddball paradigme. Selektivna aktivacija PF izvora unutar M50 mreže prema kategoriji ispitanika omogućila nam je diferencijalnu analizu funkcionalnih odnosa između pojedinih generatora unutar mreže. Pronašli smo signifikantno povišenu amplitudu M50 odgovora STG generatora na oba tona paradigme kod svih ispitanika s neaktivnim PF izvorom. Naši su rezultati dali značajan novi uvid i u topologiju i neurodinamiku M50 kortikalne mreže te demonstrirali inhibitornu ulogu PF generatora koji potiskuje ili modulira aktivnost STG izvora proizvodeći tzv. slušni gating fenomen.

[1] Ranken DM, Best ED, Stephen JM, Schmidt DM, George JS, Wood CC, Huang M (2002) MEG/EEG forward and inverse modeling using MRVIEW. In: Nowak H, Haueisen J, Giebler F, Huonker R (eds) Biomag 2002. Proceedings of the 13th International Conference on Biomagnetism, VDE Verlag, Berlin, pp 785–787

Sinteza i "in - situ" ramanska spektroskopija barijevih titanatnih nanostrukture

Milivoj Plodinec¹, Miran Ceh², Andreja Gajović¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Jožef Stefan Institut, Ljubljana, Slovenija*

U slučaju perovskitnih materijala fazni prijelaz iz feroelektrične u paraelektričnu fazu je obično uzrokovan faznim prijelazom u strukturi samog materijala. Tipičan primjer takvog perovskitnog materijala je BaTiO₃(BTO) kod kojeg fazni prijelaz iz tetragonske u kubičnu kristalnu strukturu, izaziva prijelaz iz feroelektričnog u paraelektrično stanje. Očekivana temperatura faznog prijelaza iz feroelektričnog u paraelektrično stanje za BTO je između 380 i 420 K. Na temperaturu faznog prijelaza utječu razni čimbenici kao što su dopiranje [1], veličina zrna i čestica [2] prisutnost nečistoća u određenoj fazi [3] itd. U ovom radu smo istraživali utjecaj dopiranja barijevih titanatnih nanostrukture stroncijem na temperaturu faznog prijelaza pomoću ramanske spektroskopije. Feroelektrične barijeve titanatne nanostrukture sintetizirali smo hidrotermalnom metodom iz suspenzije barijevog – klorida i TiO₂ nanočestičnog praha (P25), te iz TiO₂ nanocjevčica dobivenih procesom anodizacije Ti folije. Dobivene uzorke smo proučavali mikro-Raman spektroskopijom (RS), difrakcijom rentgenskih zraka (XRD), te transmisijском elektronskom mikroskopijom visokog razlučivanja (HRTEM). Tetragonska faza BTO, ima 4mm simetriju s c/a omjerom osi blizu jedan, zbog čega je teško ili gotovo nemoguće razlikovati kubičnu od tetragonske faze pomoću rentgenske difrakcije (XRD). Utjecaj prisutnosti nečistoća u dobivenim uzorcima i kristalna struktura su proučavani u kombinaciji XRD - a i "in situ" nisko i visoko – temperaturne ramanske spektroskopije. Utjecaj morfologije i prisutnost nečistoća na temperaturu faznog prijelaza biti će diskutirani.

[1] P. S. Dobal, A. Dixit, R. S. Katiyar, D. Garcia, R. Guo, A. S. Bhalla, J. Raman Spectrosc, 32, 147 (2001).

[2] Y. Shiratori, C. Pithan, J. Dornseiffer, R. Waser, J. Raman Spectrosc, 38, 1288 and 1300 (2007).

[3] A. Gajović, J. Vukajlović Pleština, K. Zagar, M. Plodinec, S. Šturm, M. Čeh, J. Raman Spectrosc (2013), in press, doi: 10.1002/jrs.4206.

Međuigra strukture i reakcija u eksperimentalnoj nuklearnoj fizici niskih energija

Deša Jelavić Malenica¹, Tea Mijatović¹, Matko Milin², Đuro Miljanić¹, Lovro Prepolec¹, Natko Skukan¹, Neven Soić¹, Suzana Szilner¹, Vedrana Tokić¹, Milivoj Uroić¹, Maja Varga Pajtlar³, Mile Zadro¹

¹Zavod za eksperimentalnu fiziku, Institut Ruđer Bošković, Zagreb

²Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

³Odjel za Fiziku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek

Atomska jezgra, iako kvantni laboratorij ne pretjerano velikog broja stupnjeva slobode, nudi nam na istraživanje pregršt neobičnih statičkih i dinamičkih pojava. Na primjer, egzotične strukture poput hala i kore vrlo se jasno potpisuju u nuklearnim reakcijama kroz udarne presjeke i kutne raspodjele koji su bitno drugačiji od prosječnih. Vrijedi i obrnuto, reakcije koje se odigravaju specifičnim mehanizmom (npr. prijenosom para istih nukleona) selektivno pobuđuju točno određena stanja u konačnim jezgrama, čineći odabir reakcije važnim parametrom eksperimenata u kojima se proučava struktura jezgara.

Lake su atomske jezgre specifične po tome što čak i prvi susjedi u karti nuklida mogu imati drastično različitu strukturu. To se lijepo vidi već i u tako jednostavnom procesu kao što je elastično raspršenje: kutna raspodjela izmjerena za $^{11}\text{Be}+^{64}\text{Zn}$ raspršenje (oko kulonske barijere) bitno je različita od odgovarajućih raspodjela za $^9\text{Be}+^{64}\text{Zn}$ i $^{10}\text{Be}+^{64}\text{Zn}$ [1]. Različite strukture koegzistiraju i u spektru jednog nuklida - dio stanja dobro se opisuje modelom ljusaka, dok značajan broj stanja pokazuje klusterski ili molekulski karakter. Ova potonja su tradicionalno u fokusu istraživanja zagrebačke grupe, a na skupu će biti prezentirani rezultati za berilijeve, ugljikove i kisikove izotope (djelom sakupljeni u [2]).

U sudarima jezgara srednje i velike mase [3], dio našeg rada povezan je s istraživanjem svojstava nuklearne sile koja nisu obuhvaćena opisima jezgara kao skupa nukleona u zajedničkom centralnom polju. Mogući eksperimentalni potpis te rezidualne sile bilo bi pojavljivanje efekata supravodljivosti u nuklearnim reakcijama, npr. povećanog udarnog presjeka za prijenos parova nukleona - niz mjerenja prijenosa nukleona u srednje teškim sistemima na relativno niskim energijama napravljen je koristeći najnovije tehnike detekcije [4]. Opazila su se snažna i selektivna pobuđenja tzv. stanja vibracijskog sparivanja kod kuglastih jezgara i rotacijskog sparivanja kod deformiranih jezgara. Najnoviji rezultati [5] ovih istraživanja bit će sistematizirani i prezentirani na skupu.

[1] A.Di Pietro et al., Phys.Rev.Lett. **105** (2010) 022701

[2] W.von Oertzen, M.Milin, Lect.Not.Phys. **875** (2013) 163

[3] L.Corradi, G.Pollarolo, S.Szilner, J.Phys.G **36** (2009) 113101

[4] S.Szilner et al., Phys.Rev.C **84** (2011) 014325

[5] S.Szilner et al., Phys.Rev.C **87** (2013) 054322

Pronalaženje struktura repeticija višeg reda u genomu insekta *Tribolium castaneum* koristeći metodu Global Repeat Map

Ines Vlahović¹, Matko Glunčić², Marija Rosandić¹, Vladimir Paar³

¹*Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb*

²*Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Dresden, Germany*

³*Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti; Zagreb*

U prijašnjim istraživanjima genoma insekta *Tribolium castaneum* pokazalo se da veliki njegov dio se sastoji od ponavljajućih elemenata^{1,2}, 42%, što je blizu broja tandemnih repeticija primjećениh u genomu čovjeka. 17% tandemnih repeticija su TCAST sateliti. Koristeći našu Global Repeat Map metodu³ (www.hazu.hr/grm/software/win/grm2012.exe), pokazali smo da postoje pravilne kao i složene repeticije višeg reda (HORovi) u genomu *T. castaneum*. U našem istraživanju zaključili smo da uzorak HORova u *T. castaneum* satelitima, TCAST, nisu prije identificirani pomoću standardnih metoda zbog varijacije u duljinama monomera od oko 20% (kod čovjeka su te varijacije oko 2%). Naši rezultati pokazuju da konstruirani HORovi zadovoljavaju osnovne kriterije definicija i da pomoću naše metode GRM možemo identificirati pravilne kao i složene repeticije višeg reda. Primjer *T. castaneum* pokazuje da bi bilo zanimljivo pretražiti repeticije višeg reda i u drugim insektima, ali i ljudski genom za identificiranje repeticija višeg reda koji imaju značajnu razliku u duljinama monomera.

[1] Brown SJ, Henry JK, Black WC 4th, Denell RE: Molecular genetic manipulation of the red flour beetle: genome organization and cloning of a ribosomal protein gene. *Insect Biochem* 20:185-193 (1990)

[2] Beeman RW, Thomson MS, Clark JM, DeCamillis MA, Brown SJ, Denell RE: Woot, an active gypsy-class retrotransposon in the flour beetle, *Tribolium castaneum*, is associated with a recent mutation. *Genetics*, 143:417-426.(1996)

[3] Glunčić M, Paar V, Direct mapping of symbolic DNA sequence into frequency domain in global repeat map algorithm. *Nucleic Acids Res.* 41, e17 doi:10.1093/nar/gks721. (2012)

Model kinetike relaksacije amorfnih Al-TE tankih filmova pod izokronim uvjetima

Tihomir Car¹, Jovica Ivkov², Marko Jerčinović¹, Nikola Radić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Institut za fiziku, Zagreb*

Procesi relaksacije i kinetika kristalizacije amorfnih Al-TE tankih filmova promatrani su kontinuiranim in situ mjerenjem električnog otpora u vakuumu. Pri izokronom grijanju uzoraka uočeno je da efekt relaksacije opada sa porastom brzine grijanja a također opada i sa udjelom ranog prijelznog metala u amorfnom filmu. Pretpostavljajući linearnu ovisnost otpora o temperaturi linearni $\rho(T)$ doprinos oduzet je od efekta relaksacije. Eksperimentalna funkcija $\rho(T)$ prilagođena je modificiranoj Bloch-Gruniesen formuli (BGF) sa odličnim slaganjem eksperimentalnih rezultata i funkcije. Kao primjer za Al-Mo amorfne slitine doprinos BGF funkcije raste sa porastom udjela aluminija što je u suglasju sa eksperimentalno uočenom činjenicom da efekt relaksacije raste sa porastom udjela Al. Istovremeno najstabilnije Al-W slitine imaju najmanji linearni doprinos. Općenito kod Al-TE amorfnih slitina strukturalna relaksacija povećava uređenje kratkog dosega.

Radioekološka istraživanja Jadranskog mora

Zdenko Franić¹, Branko Petrinec¹

¹*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb*

Sustavna radioekološka istraživanja jadranskog područja započela su godine 1963. kao dio proširenog programa monitoringa radioaktivnosti okoliša u Hrvatskoj, kojeg u kontinuitetu do danas provodi Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada. Ispituje se radioaktivna kontaminacija morske vode i morskih organizama prirodnim i umjetno stvorenim (fisijskim) radionuklidima (npr. radiostroncij i radiocezij).

Glavni izvori radioaktivne kontaminacije Jadranskog mora jesu fallout (radioaktivni ispadak) prouzročen intenzivnim atmosferskim probama nuklearnog oružja 1960-tih godina te malim dijelom čornobiljska nesreća (1986). Općenito, koncentracije aktivnosti Sr-90 i Cs-137 u falloutu i morskoj vodi eksponencijalno opadaju te su danas na razini osnovnog zračenja.

U radu su prikazani neki rezultati dugogodišnjeg monitoringa, procjene doza te primjena ispitivanih radionuklida kao intrinzičnih radioaktivnih obilježivača na proučavanje nekih oceanografskih procesa (cirkulacija vode Jadranskog mora, brzina sedimentacije).

Također, prikazani su i rezultati istraživanja prirodne radioaktivnosti na srednje - dalmatinskim otocima magmatskog podrijetla (Jabuka, Brusnik).

Kanonski formalizam za temeljna polja i spin-spin međudjelovanja

Josip Brana¹, Jadranko Batista²

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

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

Spin-spin međudjelovanja nužno slijede u okviru ispravnog kanonskog formalizma za bispinorsko i vektorsko-pseudovektorsko polje. Nedavna mjerenja konstante veze spin-spin međudjelovanja za velike udaljenosti [1], [2] ponovno aktualiziraju ovu temu. Razmotrena su spin-spin međudjelovanja za klasična polja spina $1/2$.

[1] L. Hunter, et al., *Science*, Vol 339, 2013, p.928

[2] S. G. Karshenboim, *Phys. Rev. A* 83, 062119 (2011)

Visoko razlučivi spektrometar X-zraka za ionsku mikroprobu

Iva Božičević Mihalić¹, Stjepko Fazinić¹, Tonči Tadić¹, Milko Jakšić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10000 Zagreb*

Ionima inducirana emisija X-zračenja (PIXE – Particle Induced X-ray Emission) se godinama koristi kao rutinska metoda za dobivanje informacija o elementarnom sastavu materijala. Energetsko disperzivni spektrometri sa Si(Li), Ge i/ili SDD detektorima se koriste za registriranje spektra. Upotrebom visoko razlučivih kristalnih spektrometara baziranih na disperziji po valnim duljinama moguće je istraživati finu strukturu karakterističnog X-zračenja (promjene energije, intenziteta, širenje linija i nastanak satelitskih linija) [1, 2, 3, 4].

Konstruiran je minijaturni valno-disperzivni spektrometar X-zračenja (WDX) u svrhu ispitivanja mogućnosti kemijske specijacije uzoraka kombinirajući mikrometarski snop na ionskoj mikroprobi s pozicijsko osjetljivim detektorom dobre prostorne razlučivosti. Tijekom dizajniranja komore numeričkim programom XTRACE je napravljena optimizacija geometrije sustava i provjera upotrebljivosti ravnog kristala kao disperzivnog elementa [5, 6]. CCD detektor X-zračenja i nosač meta su montirani u posebno dizajniranu vakuumsku komoru instaliranu u nastavku glavne komore ionske mikroprobe. U posteru ćemo prezentirati detaljni opis eksperimentalnog postava za visoko razlučivu PIXE spektroskopiju, diskutirati prednosti i ograničenja našeg minijaturnog spektrometra te prezentirati prve rezultate. Prikazat ćemo i korištenu proceduru za obradu slika i algoritam za prebacivanje prikupljenih slika u energetski spektar.

- [1] S. Fazinić, M. Jakšić, L. Mandić, J. Dobrinić, Phys. Rev. A 74 (2006) 062501
- [2] L. Mandić, S. Fazinić, M. Jakšić, Phys. Rev. A 80 (2009) 042519
- [3] S. Fazinić, L. Mandić, M. Kavčič, I. Božičević, J. Anal. At. Spectrom. 26 (2011) 2467
- [4] S. Fazinić, L. Mandić, M. Kavčič, I. Božičević, Spectrochim. Acta, Part B 66 (2011) 461-469
- [5] T. Tadić, M. Jakšić, I. Božičević, X ray Spectrom. 38 (2009) 222
- [6] T. Tadić, M. Jakšić, I. Božičević, X ray Spectrom. 40 (2011) 147

Osiguranje kvalitete ultrazvučnih uređaja koji se koriste u fizikalnoj terapiji

Đeni Smilović Radojčić¹, Gordana Žauhar², Slaven Jurković¹

¹*Centar za medicinsku fiziku i zaštitu od zračenja, KBC Rijeka*

²*Zavod za fiziku, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci*

Uporaba niskointenzitetnog ultrazvuka u medicini ima široku primjenu u fizikalnoj terapiji. Uniformnost intenziteta ultrazvučnih snopova koji se koriste u terapiji od velike je važnosti, budući da lokalna područja visokog intenziteta mogu uzrokovati pretjerano zagrijavanje i kavitacije potencijalno opasne za biološko tkivo. Zbog toga su redovne provjere parametara ultrazvučnih polja koja se koriste za terapiju vrlo važne.

Standardna metoda za određivanje intenziteta ultrazvučnih polja uključuje primjenu hidrofona i dugotrajno premjeravanje ultrazvučnog snopa u kadama ispunjenim vodom nepraktična je za periodičke provjere u kliničkim uvjetima.

U ovom je radu opisana primjena jednostavne metode [1] za provjeru parametara ultrazvučnog polja uređaja, kod koje se umjesto hidrofona u vodi koristi samo termoosjetljivi materijal. Metoda se sastoji u tome da se termoosjetljivi materijal preko gela direktno izloži djelovanju ultrazvučne sonde kroz 5–10 s. Na temelju analize dobivenih fotografija ultrazvučnog polja mogu se izračunati veličine [2] koje definiraju njegovu prostornu distribuciju: efektivno ultrazvučno polje (ERA) i neuniformnost ultrazvučnog polja (BNR). Opisana metoda je zbog jednostavnosti pogodna za redovne provjere terapijskih ultrazvučnih uređaja.

[1] I. Butterworth, J. Barrie, B. Zeqiri, G. Žauhar, B. Parisot, Exploiting Thermochromic Materials for the Rapid Quality Assurance of Physiotherapy Ultrasound Treatment Heads, *Ultrasound in Med. and Biol.* **38** (2012), 5, 767–776

[2] L.D. Johns, S.J. Straub, S.M. Howard, Analysis of Effective Radiating Area, Power, Intensity, and Field Characteristic of Ultrasound Transducers, *Arch Phys Med Rehabil*, **88** (2007) 124–129

Osobine tankih filmova kalijeve plave bronce ($(\text{K}_{0.3}\text{MoO}_3)$)

Maja Đekić¹, Amra Salčinović¹, Damir Dominko², Iva Šrut², Krešimir Salamon², Damir Starešinić², Katica Biljaković², Hanjo Schaefer³, Jure Demšar³, Gabriel Socol⁴, Carmen Ristoscu⁴, Ion N. Mihailescu⁴, Zdravko Siketić⁵, Ivančica Bogdanović-Radović⁵, Jacques Marcus⁶

¹*Prirodno-matematički fakultet, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*

²*Institut za fiziku, Bijenička 46, Zagreb*

³*Department of Physics and Center for Applied Photonics, University of Konstanz, Konstanz, Germany*

⁴*Laser-Surface-Plasma Interactions Laboratory, National Institute for Lasers, Magurele, Romania*

⁵*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb*

⁶*Institut Neel, CNRS, Grenoble, France*

U ovom radu predstavljamo opsežno istraživanje tankih filmova kalijeve plave bronce ($\text{K}_{0.3}\text{MoO}_3$) proizvedenih metodom pulsne laserske depozicije (PLD) [1], [2]. Filmovi su karakterizirani različitim standardnim tehnikama kao što su UV-vis spektroskopija, TOF-ERDA, XRD, AFM, SEM, femtosekundna vremenski razlučiva spektroskopija (fs-TRs) i mjerenje električnog transporta. $\text{K}_{0.3}\text{MoO}_3$ predstavlja prototip sistema s valovima gustoće naboja (VGN). Osnovno stanje s VGN tipom nestabilnosti nastaje uslijed veze elektronskog podsistema i rešetke i susreće se najčešće u kvazi-jednodimenzionalnim materijalima. VGN fenomenologija je izučavana i dobro opisana u kristalima. Uslijed efekata smanjenja dimenzionalnosti, VGN filmovi omogućavaju proučavanje fizikalnih svojstava ovih sistema na mezo i mikro skalama. Analiza eksperimentalnih rezultata pokazala je da se filmovi sastoje od nano-kristaliničnih zrna, a fs-TRs i mjerenja električnog transporta su omogućila detekciju faznog prijelaza u VGN osnovno stanje na temperaturi oko 30 K nižoj u filmu nego u kristalu. Temperaturna ovisnost električnog otpora pokazuje karakteristike svojstvene transportu skokovima varijabilnog dosega ("variable range hopping" - VRH). Ustanovljena je korelacija između teksture filmova i tipa VRH ponašanja što otvara mogućnost boljeg razumjevanja VRH fenomena u neuređenim sistemima.

[1] D.Dominko et al, J. Appl. Phys.110 (2011) 014907

[2] D.Starešinić et al, Physica B 407, (2012) 1889

Mehanizam oscilacija jezgre pokretane molekularnim motorima

Nenad Pavin¹

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

Molekularni motori, kao što je citolazmatski dinein, djelujući silama na mikro-cjevčice reguliraju brojne aktivnosti unutar žive stanice koje su nužne za njen život i diobu. Da bi mogao djelovati silom na mikro-cjevčice, dinein se treba usidriti, pri čemu su sidrena mjesta proteini koji se nalaze na staničnoj kori. Ključno je pitanje: kako dinein pronalazi mjesto gdje će proizvesti potrebnu silu. Korištenjem najmodernije mikroskopije, opazili smo pojedinačne molekule dineina u stanicama kvasca. To nam je omogućilo identificiranje mehanizma vezivanja dineina na mikro-cjevčice i sidra: (i) dinein koji difundira kroz citoplazmu vezuje se za mikro-cjevčicu (ii) te potom difundira uzduž mikro-cjevčice prije nego li se dodatno veže i za sidro. Suprotno tome što možemo pročitati u udžbenicima, otkrili smo da se dinein, dok je vezan za mikro-cjevčicu, kreće ili difuzivno ili usmjereno, pri čemu se prijelaz iz difuzivnog u usmjereno kretanje događa nakon što se dinein vezao za staničnu koru. Opisani mehanizam, omogućuje dineinima da se nakupljaju u većem broju te na taj način generiraju velike kolektivne sile nužne za premještanje velikih objekata unutar stanice.

[1] Ananthanarayanan, Vaishnavi; Schattat, Martin; Vogel, Sven K.; Krull, Alexander; Pavin, Nenad; Tolic-Norrelykke, Iva M., Dynein motion switches from diffusive to directed upon cortical anchoring, *Cell* (in press) 2013.

Učinak pažnje na najraniju magnetsku aktivnost mozga

Ana Sušac¹, Sanja Josef Golubić¹, Andreja Bubić², Ralph Huonker³, Theresa Gotz³, Jens Haueisen⁴, Selma Supek¹

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

²Filozofski fakultet, Sveučilište u Splitu

³Odsjek za neurologiju, Sveučilište Friedrich Schiller, Jena, Njemačka

⁴Odsjek za biomedicinsko inženjerstvo i informatiku, Tehničko sveučilište Ilmenau, Njemačka

U zadnjih nekoliko godina istraživanja su pokazala da pažnja utječe na najraniju moždanu aktivnost [1,2]. U proučavanju tih najranijih učinaka pažnje koristili smo magnetoencefalografska (MEG) mjerenja i prostorno-vremensku lokalizaciju izvora zbog njihove milisekundne vremenske rezolucije. Pomoću višestrukih strujnih dipola modelirali smo najranije neuromagnetske odgovore na vidne podražaje prikazane u različitim dijelovima vidnog polja. Ispitanici su obraćali pažnju samo na određeni dio vidnog polja. Usporedbom neuromagnetskih odgovora na iste vidne podražaje u slučaju kad su ispitanici obraćali i kad nisu obraćali pažnju na mjesto gdje je vidni podražaj prikazan, mogli smo odrediti učinke pažnje. Mjerenja su provedena na 14 ispitanika pomoću 306-kanalnog MEG sustava u Biomagnetskom centru u Jeni. U analizi podataka smo koristili Calibrated-Start Spatial Temporal (CSST) algoritam u MRVIEW softveru za rješavanje inverznog biomagnetskog problema. Prostorno-vremenska lokalizacija neuromagnetskih izvora je pokazala utjecaj pažnje na dinamiku okcipitalnih izvora identificiranih u intervalu 70-100 ms nakon početka prikaza vidnog podražaja. Učinci pažnje su bili prisutni i kad su ispitanici cijelo vrijeme usmjeravali pažnju na isti dio vidnog polja i kad su svaki put usmjeravali pažnju na drugi dio vidnog polja.

[1] Kelly SP, Gomez-Ramirez M, Foxe JJ. Spatial attention modulates initial afferent activity in human primary visual cortex. *Cereb. Cortex* (2008) 18:2629–2636

[2] Poghosyan V, Ioannides AA. Attention modulates earliest responses in the primary auditory and visual cortices. *Neuron* (2008) 58:802–813

Neelastično neutronske raspršenje i teorijsko istraživanje alfa i beta anomera metil-D-xylopiranoze

Svemir Rudić¹

¹*ISIS Neutron and Muon Source, Rutherford Appleton Laboratory, Science and Technology Facilities Council, Chilton, Didcot, Oxfordshire, UK.*

Šećeri su jedna od glavnih grupa biomolekula koji čine većinu organske materije na Zemlji i služe za pohranjivanje energije, kao gorivo i metabolički međuproizvodi.[1] Oni su izgrađeni od monosaharida međusobno povezanih pomoću glikozidne veze. Konformacijske preferencije i vibracijski spektri alfa i beta anomera metil-D-xylopiranoze u čvrstom stanju (koja je jedna od deset monosaharida koji dominiraju u glikobiologiji viših životinja) kao i njihove mješavine sa vodom su proučavane pomoću neelastičnog neutronske raspršenja (INS) pri temperaturi od 10 K. Nakon toga utjecaj konformacije anomera (aksijalna odnosno ekvatorijalna orijentacija C1-O1 veze) na gore navedena svojstva [2,3] kao i uloga anharmoničkih efekata te utjecaj termalnog gibanja na dinamiku, intenzitet spektralnih linija i njihov položaj su bili istraživani.

[1] L. Stryer, Biochemistry, 4th Edition, W.H. Freeman and Company, New York (1995).

[2] N. Mayorkas, S. Rudić, E.J. Cocinero, B.G. Davis and J.P. Simons, Phys. Chem. Chem. Phys. 13, 18671 (2011).

[3] R. Sagar, S. Rudić, D.P. Gamblin, E.M. Scanlan, T.D. Vaden, B. Odell, T.D.W. Claridge, J.P. Simons and B.G. Davis, Chem. Sci. 3, 2307 (2012).

Karakterizacija dinamike oblaka hladnih atoma u magneto-optičkoj stupici inducirane vanjskim silama

Neven Šantić¹, Gordana Kregar¹, Damir Aumiler¹, Hrvoje Buljan², Vedran Vekić², Tena Dubček², Ticijana Ban¹

¹*Institut za fiziku, Bijenička c. 46, 10000 Zagreb*

²*Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička c. 32, 10000 Zagreb*

Prijašnje metode opažanja dinamike oblaka u magneto-optičkoj stupici (MOT) [Xu2002] koristile su probnu lasersku zraku okomitu na smjer djelovnja vanjske sile. Promjena gustode oblaka, a time i pomak oblaka, mogu se utvrditi iz mjerene apsorpcije probne laserske zrake. Korištene su i druge metode koje su ograničene na mjerenje dinamike u samo jednoj dimenziji [Kohn1993]. Ove metode su također ograničene na mjerenje malih pomaka. Spomenute metode nisu primjenjive za sustave u kojima sile djeluju, a dinamika se dešava u dvije dimenzije. Takav sustav je, naprimjer, MOT u koji su uvedena sintetska magnetska polja. Karakterizacija takvih uvedenih sila zahtjeva detekciju gibanja u dvije dimenzije. Prikazat demo shemu uvođenja sintetskih magnetskih polja u sustav MOT-a. Kako bi riješili probleme koji imaju prethodno navedene metode detekcije koristimo standardnu CMOS kameru za stroboskopsko snimanje gibanja oblaka. Za demonstraciju vremenske i prostorne razlučivosti naše metode prikazati demo mjerenja gibanja centra mase oblaka ^{87}Rb prilikom gušenog harmoničkog titranja u dvije dimenzije. Primjer rezultata vidimo na slici 1. Također demo prikazati mjerenja gibanja centra mase oblaka u prisustvu sintetskih magnetskih polja.

[1] Xu2002] Xinye Xu, Thomas H. Loftus, Matthew J. Smith, John L. Hall, Alan Gallagher, and Jun Ye, Dynamics in a two-level atom magneto-optical trap, *Phys. Rev. A* 66, 011401(R) (2002).

[2] [Kohn1993] P. Kohns, P. Buch, W. Suptitz, C. Sambal and W. Ertmer, On-Line Measurement of Sub-Doppler Temperatures in a Rb Magneto-optical Trap-by-Trap Centre Oscillations, *Europhys. Lett.* 22 517 (1993).

Mjerenja dvobozonskih procesa na LHC-u

Lucija Tikvica¹, Vuko Brigljević¹, Senka Đurić¹, Krešo Kadija¹, Jelena Luetić¹,
Darko Mekterović¹, Srećko Morović¹, Roko Pleština², Ivica Puljak², Marko
Kovač²

¹*Institut Rudjer Bošković, Zagreb*

²*Sveučilište u Splitu*

U ovom radu predstavljamo prva mjerenja procesa u kojima su producirani parovi elektroslabih bozona u proton proton sudarima na Velikom hadronskom sudaraču (LHC). Takvi su procesi osjetljivi na trobaždarna vezanja između elektroslabih bozona, teških W i Z bozona i fotona, koja su posljedica neabelove baždarne simetrije elektroslabe teorije. Spomenuta vezanja spadaju među do sada najlošije izmjerene parametre standardnog modela elementarnih čestica. Odstupanja tih vezanja od predviđenih vrijednosti u standardnom modelu bi direktno ukazala na fiziku izvan standardnog modela. Mjerenje takvih procesa predstavlja stoga važnu potvrdu valjanosti elektroslabe teorije na novoj energetske skali koja se ispituje na LHC-u. Ujedno takvi procesi predstavljaju i važnu pozadinu u potrazi za Higgsovim bozonom kao i za cijeli niz potraga za manifestacijama fizike izvan standardnog modela. Od početka rada LHC-a na CERN-u krajem 2009. godine, sakupljena je velika količina podataka koja odgovara integriranom luminozitetu od 5 fb^{-1} na energiji od 7 TeV u 2010. i 2011. godini, i oko 20 fb^{-1} sakupljenih na energiji centra mase od 8 TeV u 2012. godini, što je omogućilo mjerenje svih dvobozonskih procesa sa CMS i ATLAS eksperimentima: $W\gamma$, $Z\gamma$, WW , WZ i ZZ . U ovom radu želimo pogotovo istaknuti naše rezultate o prvim mjerenjima $W\gamma$ [1] i WZ [2] procesa s CMS eksperimentom na LHC-u na temelju podataka prikupljenih CMS eksperimentom u 2010. i 2011. godini. W i Z bozon su identificirani putem njihovog raspada u leptone, pogotovo elektrone i mione. Izmjeren je udarni presjek za te procese i postavljene su prve granice na anomalna trobaždarna vezanja.

[1] **CMS Collaboration**, S. Chatrchyan *et. al.*, Measurement of $W\gamma$ and $Z\gamma$ production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$, *Phys.Lett. B* **701** (2011) 535.

[2] **CMS Collaboration**, Measurement of the WW , WZ and ZZ cross sections at CMS, CMS-PAS-EWK-11-010, <http://cdsweb.cern.ch/record/1370067>.

MEG istraživanja neurodinamike i topologije kortikalnih mreža evociranih vidnim podražajima rastuće veličine

Selma Supek¹, Roman Kosanović¹, Sanja Josef Golubić¹, Ana Sušac¹

¹Fizčki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Metode funkcionalnog oslikavanja mozga pokazale su tijekom zadnjih decenija da i senzorni, a ne samo kognitivni, procesi aktiviraju kompleksne mreže kortikalnih žarišta. Istraživanje njihove topologije i neurodinamike kao i funkcionalne povezanosti mozga, predstavlja jedan od najvećih izazova sistemske neuroznanosti. Magnetoencefalografija (MEG) kao vodeća neurodinamička metoda mjerenjem ekstremno slabih ekstrakranijskih magnetskih polja i primenom metoda za rješavanje inverznog biomagnetskog problema omogućuje uvid u kortikalne procese na milisekundnoj vremenskoj skali i izvrsnoj (mm – cm) prostornoj skali. Cilj ovih istraživanja je bio ispitati učinke porasta površine vidnih podražaja na razlučivanje aktiviranih višestrukih vidnih područja tijekom srednje i kasne evocirane vidne aktivnosti za što smo analizirali i empirijske i simulirane MEG podatke. Naime, naša su ranija istraživanja pokazala učinke porasta vidnih podražaja na amplitudu, latenciju i razliku u relativnim položajima lokaliziranih najranijih odgovora u primarnom vidnom korteksu (1). Zbog demonstrirane retinotopske organizacije višestrukih vidnih područja (2) za očekivati je da bi učinci trebali biti evidentni i tijekom kasnije aktivnosti no, otvoreno je pitanje do koje mjere će ih biti moguće pratiti zbog povećanog broja istovremeno aktivnih izvora čiju površinu možemo kontrolirano mijenjati porastom veličine vidnog podražaja prezentiranog na istom položaju u vidnom polju. MEG mjerenja su napravljena koristeći 306-kanalni Elekta Neuromag sustav u magnetski zasjenjenoj sobi u Biomagnetic Center, Friedrich Schiller University u Jeni. Vidni podražaji rastuće veličine (0.30, 0.90 i 20) su prezentirani na istom položaju u donjem desnom vidnom polju. Za prostorno-vremensku lokalizaciju koristili smo nelinearni pristup baziran na modelu višestrukih strujnih dipola i višestruko započetog simpleks algoritma za minimizaciju u okviru Calibrated Start Spatio-Temporal (CSST) MRVIEW programa (3). Naši su preliminarni rezultati pokazali da je porast kortikalnih površina evociranih povećanim vidnim podražajima rezultirao lokaliziranjem većeg broja aktivnih izvora što je potvrđeno i numeričkim simulacijama. Kao i tijekom najranije vidne aktivnosti u primarnom vidnom korteksu potvrđena su odstupanja i u asocijativnim vidnim područjima vezana za porast kortikalne površine, smanjenje latencije i porast amplitude izmjerenih i simuliranih podataka ali i značajna odstupanja u izračunu vremenske dinamike kortikalnih izvora povećane površine.

[1] 1. Josef Golubic S et al., Med. Bio. Eng. Comput., 49(5), (2011) 545-554.

[2] Supek, S. et al., Aine, Brain Research, 830,(1999) 43-55.

[3] Ranken DM et al., Biomag2001 Proceedings VDE Verlag, Berlin, (2002) 785–787

Testiranje silicijskog piksel detektora na Institutu Ruđer Bošković

Nikola Poljak¹, Jelena Luetić¹, Darko Mekterović¹, Filip Erhardt², Davit Chokheli¹, Vuko Brigljević¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

²*Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

CMS (Compact Muon Solenoid) je čestični detektor koji se nalazi na LHC kompleksu u CERNu, Švicarska. U unutarnjem dijelu CMS detektora nalaze se 2 detektora za određivanje putanja nabijenih čestica: silicijski trakasti detektor i silicijski piksel detektor. Svrha piksel detektora jest dati informacije o putanjama čestica nastalih u sudarima s čim većom preciznosti. Precizno mjerenje pojedinih putanja vrlo je važno kako bi se mogli odrediti njihovi udarni parametri, koji se koriste pri preciznom određivanju točke proton-proton interakcija kao i pri određivanju b- ili tau mlazova.

Piksel detektor u CMSu sastoji se od tri centralna sloja valjkasta oblika i dva plosnata sloja sastavljena od niza senzora spojenih na čipove za iščitavanje signala (ROCs)[1]. Okarakterizirali smo rad jednog takvog čipa najprije pomoću poznatih standardnih testova za takve detektore, a zatim i pomoću laserskog postava. Nakon osnovne karakterizacije, promatrali smo odaziv čipa (ili njegovih dijelova) pomoću čestičnog snopa na Institutu Ruđer Bošković.

[1] Design and performance of the CMS pixel detector readout chip, NIMiPRA **565** (2006) 188-194

Uniformna aproksimacija jednodimenzionalnih oscilirajućih integrala: primjena na optičke spektre dvoatomskih molekula

Robert Beuc¹, Goran Gatalica¹, Mladen Movre¹

¹*Institut za fiziku, Bijenička 46, Zagreb*

Oscilirajući integrali pojavljuju se u čitavom nizu fizikalnih problema npr. ; atom-atom i atom-površina raspršenja, razni optički fenomeni [1]. Predložena je uniformna aproksimacija integrala, zasnovana na metodi stacionarne faze, pri kojoj se integral s nekoliko sedlenih točaka, zamjenjuje sumom integrala od koji svaki ima samo jednu ili najviše dvije realne sedlene točke, te su lako rješivi. Na ovaj način formalno se smanjuje ko-dimenzija u kanonskim integralima „elementarnih katastrofa“, ko-dimenzije veće od 1. Valjanost predložene metode testirana je na primjerima integrala s tri sedlene točke („cusp“ kanonski integral [2]), i četiri sedlene točke („swallow-tail“ kanonski integral [3]).

Ova metoda je primijenjena pri analizi bitnih karakteristika oblika temperaturno usrednjenih optičkih spektara dvoatomskih molekula, u slučaju kada karakteristični diferentni potencijal optičkog prijelaza ima tri ili više Condonovih točaka.

[1] J.N.L.Connor, C.A.Hobbs, Chemical Physics, Vol. 23, (Russian) pp.13-19 (2004)

[2] D.Kaminski, SIAM J. Math. Anal. ,Vol. 20, pp. 987-1005 (1989)

[3] J.N.L.Connor, Molecular Physics, Vol. 31, pp. 33-55. (1976)

Dobivanje i karakterizacija parcijalno kristaliničnog metalnog stakla CuZrAl

Amra Salčinović¹, Andrija Franjković¹, Senad Hatibović¹, Nusret Bajrović¹, Benjamin Fetić¹, Matej Lozančić¹, Maja Đekić¹, Suada Sulejmanović¹

¹*Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Bosna i Hercegovina*

Binarno metalno staklo CuZr je osnova za dobivanje masivnih (bulk) metalnih stakala, a uz dodatak Al ili Ti mogu se dobiti trokomponentna masivna metalna stakla izvrsnih mehaničkih svojstava [1-2]. Naš interes je usmjeren na dobivanje metalnog stakla pri malim brzinama hlađenja melt - spinning metodom i navedeni sastav se čini pogodnim za ispitivanje mogućnosti ostakljavanja i stabilnosti takvih materijala [3].

Parcijalno kristalinično metalno staklo CuZrAl dobiveno je u obliku trake u atmosferi argona. Početna legura proizvedena je u argonskoj lučnoj peći iz čistih materijala. Podešavanjem karakterističnih parametara pri proizvodnji može se dobiti amorfan ili parcijalno kristaliničan materijal. Kod manje obodne brzine točka na koji se izbacuje istopljena legura, manja je brzina hlađenja i traka metalnog stakla nije potpuno amorfnja. U strukturi dobivenih uzoraka ispitanih rendgenskom difrakcijom evidentirano je prisustvo kristala u amorfnoj matrici. Sastav je ispitan skenirajućom elektronskom mikroskopijom i utvrđena je homogenost uzoraka. Stabilnost uzoraka i strukturne promjene ispitane su mjerenjem električnog otpora standardnom metodom u četiri tačke za temperaturni interval od sobne temperature do 500 °C za različite brzine zagrijavanja. Dobiveni rezultati upoređeni su sa rezultatima dobivenim metodom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije.

[1] Z. P. Lu, *Formation of Cu–Zr–Al bulk metallic glass composites with improved tensile properties*, Acta Materialia, **59** (8) (2011)

[2] Chun-Li Dai et al, *A new composition zone of bulk metallic glass formation in the Cu–Zr–Ti ternary system and its correlation with the eutectic reaction*, Journal of Non-Crystalline Solids, **354** (2008)

[3] Suada Sulejmanovic et al, *Crystallization of the partially crystalline Cu-Zr metallic glasses*, 13th International Research/Expert Conference TMT 2009, Hammamet, Tunisia (2009)

Karakterizacija točkastih defekata u bor nitridovim nanocjevčicama korištenjem apsorpcijske spektroskopije rentgenskog zračenja

Marijana Varašanec¹, Robert Peter¹, Mladen Petravić¹

¹Odjel za fiziku i Centar za mikro i nano znanosti i tehnologije, Sveučilište u Rijeci, 51 000 Rijeka

Među točkastim defektima u bor nitridovim (BN) nanocjevčicama važnu ulogu ima dušikova vakancija (VN), koja utječe na električna, magnetska i optička svojstva tog materijala. S druge strane, neki teoretski proračuni ukazuju da postojanje vakancija u BN nanocjevčicama značajno smanjuju oksidacijsku otpornost nanocjevčica, što znači da se atomi kisika, prisutni na površini ili unutar strukture nanocjevčice, lako vežu na veze oslobođene u materijalu pojavom vakancija. Točkasti defekti u BN strukturama se mogu uspješno stvoriti bombardiranjem materijala nisko-energetskim ionima, koji uzrokuju razbijanje B-N veza i premještanje atoma s njihovih mjesta u kristalnoj rešetki. U ovom istraživanju koristili smo tehniku Fine strukturu rentgenske apsorpcije blizu ruba (NEXAFS) radi karakterizacije defekata u BN nanocjevčicama, nastalih bombardiranjem materijala ionima argona i dušika, čije su energije iznosile 0.5-3 keV. NEXAFS spektroskopija je nedestruktivna tehnika koja daje informacije o elektronskoj strukturi i simetriji atoma koji apsorbira rentgensko zračenje. Naša mjerenja pokazuju da se dušikove vakancije, nastale ionskim bombardiranjem nanocjevčica, popunjuju kisikovim atomima (prisustvo značajne atoma kisika u BN nanocjevčicama potvrđeno je fotoemisijском spektroskopijom), čime dolazi do nastanka B-O i B-N-O veza u materijalu [1]. Također, NEXAFS spektri visoke rezolucije pokazuju nastajanje molekula NO (na površini nanocjevčica) i N₂ (dublje ispod površine materijala), u bombardiranim uzorcima BN nanocjevčica [2].

[1] M. Petravić, R. Peter, I. Kavre, L. H. Li, Y. Chen, L.-J. Fan and Y.-W. Yang, Phys. Chem. Chem. Phys. 12, 15349 (2010).

[2] M. Petravić, R. Peter, M. Varašanec, L. H. Li, Y. Chen, B. C. C. Cowie, J. Vac. Technol. A 31, 031405 (2013).

Zapinjanje domenskih zidova na površinskim domenama u amorfnom feromagnetu VITROVAC 6025Z

Marko Šušak¹, Hrvoje Šušak², Stjepan Sabolek¹, Denis Stanić³, Emil Babić¹

¹Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Bijenička cesta 32, HR-10002 Zagreb

²Zagrebačka banka d.d., Samoborska cesta 145, HR-10000 Zagreb

³Odjel za fiziku, Sveučilišta J.J. Strossmayera, Trg Ljudevita Gaja 6, HR-31000 Osijek

Sustavno je istraživao utjecaj dinamičkih i statičkih površinskih polja na krivulje magnetske histereze i njihove parametre (koercitivno polje, H_C , položaj središta histereze, C , remanentna magnetizacija, M_r , magnetizacija zasićenja, M_s , i maksimalna permeabilnost, μ_{max}) u negrebanim i grebanim (pomoću brusnog papira No 360) vrpčama mekog amorfnog feromagneta VITROVAC 6025Z. Za opis utjecaja statičkih površinskih polja, H_p , korišten je nedavno razvijeni model utjecaja površinske domenske strukture na zapinjanje domenskih zidova unutrašnje (glavne) domenske strukture [1,2], dok je za opis utjecaja dinamičkih polja na navedene parametre magnetskih histereza napravljeno proširenje istog modela. Predviđanja proširenog modela dobro opisuju utjecaje i statičkih i dinamičkih površinskih polja na parametre histereze netretirane vrpce, dok je u slučaju grebene vrpce slaganje modela i rezultata bolje za statička nego za dinamička površinska polja. Proučavana je i frekvencijska ovisnost koercitivnog polja (proporcionalnog histereznim gubitcima energije) u oba uzorka, te nađeno da grebanje površine smanjuje gubitke energije na visokim frekvencijama.

[1] S.Sabolek, E.Babić, D.Posedel and M.Šušak, *phys-stat.sol (a)* 202 (2005) 1161

[2] Petar Popčević, Emil Babić and Stjepan Sabolek, *IEEE Transactions on Magnetism*, 44 (2008) 2095

Procjena uvjerenosti studenata tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku u neke temeljne fizikalne koncepte

Vanja Radolić¹, Željka Mioković², Andrea Baković¹, Željka Jarabek¹

¹*Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku, Trg Ljudevita Gaja 6, 31000 Osijek*

²*Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Osijeku, K. Trpimira 2b, 31000 Osijek*

Konceptualno razumijevanje temeljnih koncepata mehanike i elektromagnetizma provedeno je na populaciji studenata tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku u akademskim godinama 2011./12. i 2012./13. U istraživanju je sudjelovalo oko 1000 studenata prvih godina elektrotehnike, računarstva, prehrambene tehnologije i građevinarstva kao i studenti fizike s Odjela za fiziku osječkog sveučilišta. Kao dijagnostički instrumenti korišteni su općepoznati testovi višestrukog izbora: FCI [1] i CSEM [2] pomoću kojeg se može provjeriti razumijevanje temeljnih fizikalnih koncepata o odnosu sile i gibanja odnosno koncepata u elektromagnetizmu kao i dijagnosticirati poteškoće koje studenti imaju pri njihovom usvajanju. Dobiveni rezultati su analizirani statističkim postupcima u okviru klasične test-teorije kojima je određena pouzdanost i diskriminacija cjelokupnog testa kao i odnos pojedinih zadataka prema cjelokupnom testu. Srednja uspješnost rješavanja primijenjenih konceptualnih testova je u dobrom slaganju kako s izvornim istraživanjima [1,2] tako i s ranije provedenim testiranjem studenata u Hrvatskoj [3,4]. Izračunati statistički parametri pokazuju da se testovi mogu primjenjivati za procjenu razumijevanja temeljnih fizikalnih koncepata u mehanici i elektromagnetizmu. Pored toga, uz svaki zadatak, studenti su se izjašnjavali o uvjerenosti u dani odgovor prema unaprijed definiranoj trostupanjskoj skali Likertovog tipa. Dobiveni rezultati ukazuju na nisku razinu uvjerenosti u točan odgovor kod anketiranih studenata. Ovi odgovori s nižom statističkom težinom dali su i niži faktor dobitka (razlika u odgovorima na posttestu i predtestu) koji je u svim istraživanim skupinama odražavao tradicionalni pristup poučavanju ovih nastavnih sadržaja. Isto tako, visoki stupanj uvjerenosti u pojedine netočne odgovore ukazuje na postojanje određenih pretkonceptija u ovim konceptualnim područjima.

[1] Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. *Phys. Teach.* **30** (1992), 141-158.

[2] Maloney, D.P., O’Kuma T.L., Hieggelke, C.J., Van Heuvelen, A., *Am. J. Phys.* **69** (2001) S12-S23.

[3] Planinić, M. *Am. J. Phys.* **74** (12) (2006) 1143-1148.

[4] Mioković, Ž., Ganzberger, S., Radolić, V. *Tehnički vjesnik* **19** (3) (2012), 563-572.

Istraživanje interakcije kalcijevih fosfata i titanatnih nanocjevčica za premaze koštanih implantata

Andreja Gajović¹, Ivana Jerčinović¹, Ines Bosak², Maja Dutour Sikirić¹, Damir Iveković³, Vesna Babić Ivančić¹

¹*Institut Ruđer Bošković*

²*diplomirala na Kemijskom odsjeku, PMF, Sveučilište u Zagrebu*

³*Prehrambenobiotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

Titan i legure titana redovito se koriste za ortopedskih implantata zbog njihove otpornosti na koroziju, mehaničkih svojstava i biokompatibilnosti. Međutim, oni nisu bioaktivni i ne mogu se izravno povezati s živim koštanim tkivom. Bilo je više pokušaja da se poboljša bioaktivnost titana površinskom modifikacijom implantata. Kalcij fosfati (CaP) često se koristi kao premaz za ortopedske implantate, budući da je bioaktivan i biokompatibilan, Međutim njegova mehanička svojstva nisu adekvatna [1]. Za poboljšanje mehaničkih svojstava CaP, neki autori dodaju nanocjevčice (uglavnom TiO₂ i ugljične), ali u takvim postupcima potrebna je dodatna obrada nanocjevčica [2, 3]. Cilj ovog rada je istražiti interakciju CaP s titanatnim (H₂Ti₃O₇) nanocjevčica (TiNT) koji bi se mogle iskoristiti za poboljšanje mehaničkih svojstava CaPa. Kalcij fosfati su pripremljeni biomimetski u prisutnosti TiNT, a promjene strukturnih modifikacija su istraživane Fourier transform infracrvenom spektroskopijom (FTIR) i mikro-Ramanovom spektroskopijom. Ramanova spektroskopija je pogodan za proučavanje CAP + TiNT sustava, jer je većina ramanskih vrpce u dijelu spektra u kojem ne postoje intenzivne vrpce titanatnih nanocjevčica. Kinetika faznih prijelaza u kompozitnom sustavu je u uspoređena s ponašanjem sustava s čistim CaP. Pokazano se da je Ramanova spektroskopija prikladnija za proučavanje CAP + TiNT sustava od FTIR jer je lako prepoznati razliku u vibracijskih spektara amorfnog kalcijevog fosfat (ACP), oktakalcijevog fosfata (OP) i apatita. Osim toga, prednost mikro-Ramanove spektroskopija je da ima vrhunsku prostornu rezoluciju, a uzorak se može analizirati bez prethodne dehidracije. Uočili smo da je prijelaz iz amorfnog kalcijeva fosfata (ACP) u oktakalcijev fosfat (OCP) bio je znatno brži u slučaju dodatka titanatnih nanocjevčica. Brzina razvoja faza od ACP do termodinamički stabilnog apatita će se raspravljati u odnosu na udio TiNT u reakcijskom sustavu.

[1] Ratner BD, Hoffman AS, Schoen FJ, Lemons JE. Biomaterials science. 2nd Ed, Elsevier Academic Press, Oxford, 2004.

[2] Kunze J, Mueller L, Macaka JM, Greil P, Schmuki P, Mueller FA, Electrochimica Acta 53 (2008) 6995–7003

[3] Santosh Aryal, Shanta Raj Bhattarai, Remant Bahadur K.C., Myung Seob Khil, Duck-Rae Lee, Hak Yong Kim, Materials Science and Engineering A 426 (2006) 202–207.

Termoelektrična svojstva ikozaedarskih i dekaolnih kvazikristala

Petar Popčević¹, Ante Bilušić^{1,2}, Ana Smontara¹

¹*Institut za fiziku, Zagreb*

²*Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu*

Termoelektrična svojstva (električna otpornost, termostruja i toplinska vodljivost) kvazikristala istražena su na ikozaedarskim (i-Au-Al-Yb [1], i-Al-Pd-Mn [2] i i-Al-Fe-Cu [3]) te dekaolnim (d-Al-Co-Ni [4]) kvazikristalima na bazi aluminija. Mjerenje transportnih koeficijenata izvedena su na strukturno visokokvalitetnim monokristalima s motivacijom ispitivanja a) jesu li neuobičajena transportna svojstva kvazikristala uzrokovana kvaziperiodičkom strukturom ili su pak posljedica kompleksnog lokalnog atomskog uređenja te b) utjecaja kvaziperiodične strukture na njihova elektronska svojstva, posebice pseudoprocjepa u elektronskoj gustoći stanja u okolini Fermijeveg nivoa.

Ova istraživanja provode se u okviru *European Integrated Center for the Development of New Metallic Alloys and Compounds* (C-MAC).

[1] K. Deguchi *et al.*, *Nature Materials* **11** (2012) 1013

[2] A. Bilušić *et al.*, *J. All. Comp.* **432** (2007) 1

[3] J. Dolinšek *et al.*, *Phys. Rev. B* **76** (2007) 054201

[4] P. Popčević *et al.*, *Isr. J. Chem.* **51** (2011) 1340

Struktura protona pomoću budućeg sudarivača elektrona i iona

Krešimir Kumerički¹

¹Sveučilište u Zagrebu, PMF, Fizički odsjek

Kvantna kromodinamika (QCD), teorija koja opisuje silu između kvarkova i gluona predviđa da većina mase nukleona (protona ili neutrona), a time i većina mase vidljivog svemira, potječe od gluona. To nas upućuje na postojanje režima u kojem gluoni dominiraju visoko-energijskim sudarima i u izvjesnoj mjeri taj režim je već primijećen u eksperimentima na HERA-i (Hamburg), RHIC-u (Brookhaven) i LHC-u (Ženeva). No za pravu kvantitativnu analizu strukture nukleona u tom režimu, predloženo je novo eksperimentalno postrojenje — sudarivač elektrona i iona (*Electron Ion Collider*, EIC).

Naša grupa je sudjelovala u osmišljavanju fizikalnog opravdanja gradnje tog postrojenja ("White Paper" [1,2]), obrazlažući kako će ono omogućiti izradu precizne "trodimenzionalne" slike visoko-energijskog protona kao vezanog stanja kvarkova i gluona. Također smo, rabeći metode razvijene za analizu eksperimenata duboko-virtualnog komptonskog raspršenja [3], napravili i prve simulacije takvog eksperimenta na EIC-u i kvantitativno pokazali napredak u "tomografiji" nukleona koji će takva mjerenja omogućiti [4].

[1] A. Accardi, ..., K. Kumerički, ... (72 autora), (2012), arXiv:1212.1701

[2] D. Boer, ..., K. Kumerički, ... (230 autora), (2011), arXiv:1108.1713

[3] K. Kumerički and D. Mueller, Nucl.Phys. **B841** (2010) 1-58, arXiv:0904.0458

[4] E. Aschenauer, S. Fazio, K. Kumerički and D. Mueller, prihvaćeno u JHEP (2013), 1304.0077

Indeks svih autora

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

John C. Adair	124
Cheryl J. Aine	124
Eran Amit	106
Tome Antičić	57*
Željko Antunović	27*, 66*
Thomas Aumann	48*
Damir Aumiler	78, 123, 79, 137
Ana Babić	59*
Emil Babić	83, 89, 61*, 113, 144
Vesna Babić Ivančić	146
D. Backes	88
Carsten Baehtz	43*
Nusret Bajrović	142
Andrea Baković	145
M. Balarin	114
Ticijana Ban	78, 123, 137
Neven Barišić	40*, 118
Slaven Barišić	97, 38*
Mario Basletić	39*, 103
Zoran Basrak	33*, 57*
Jadranko Batista	130
Ivo Batistić	40*
Jasna Baturić-Rubčić	84
Helmut Berger	40*
Sigrid Bernstorff	43*, 37*, 116
Fabrice Bert	51*
Danijel Beserminji	81
Ivana Bešlić	121
Robert Beuc	141
Rebecca Beyer	32*

Ciro Biancofiore	31 [*]
A.v Bieren	88
Željko Bihar ¹	93
Ante Bilušić ¹	147
Katica Biljaković	35 [*] , 133
Lahorija Bistričić	115
Marijan Bišćan	69
Ivančica Bogdanović Radović	42 [*]
Ivančica Bogdanović-Radović	116, 133
Loriano Bonora	64 [*]
Konstanze Boretzky	48 [*]
Jordi Boronat	121
Ines Bosak	146
Marko Bosiočić	51 [*]
Iva Božičević Mihalić	131
Josip Brana	130
Ana Bras	82
Vuko Brigljević	57 [*] , 27 [*] , 138, 66 [*] , 140
Andreja Bubić	135
Paul Bühler	86
Hrvoje Buljan	78, 137
Maja Buljan	43 [*] , 101, 116
Carsten Busse	34 [*]
Nenad Buzjak	95
Ivana Carević	86
Tihomir Car	116, 128
Robert J. Cava	51 [*]
Miran Ceh	125
Davit Chokheli	57 [*] , 140
Marina Cindrić	110
Domagoj Donny Cosic	42 [*] , 57 [*]
Fabian Craes	34 [*]
Tonči Cvitanić	106, 107
Maro Cvitan	64 [*]
Roman Čaplar	86
Miran Čeh	37 [*]
Matija Čulo	39 [*] , 103

Vladimir Dananić	115, 119
Nazif Demoli	105
Jure Demšar	133
Giovanni Di Giuseppe	31*
Sanja Dolanski Babić	41*
Dijana Dominis Prester	59*
Predrag Dominis Prester	64*
Damir Dominko	35*, 133
Antun Drašner	37*, 112
Martin Dressel	40*, 62*, 32*
Natalia Drichko	32*
Pavo Dubček	37*
Tena Dubček	78, 137
Antonije Dulčić	107, 118
Detlef Dürr	71
Maja Dutour Sikirić	146
Sian E. Dutton	51*
Zoran Džolić	99
Mile Dželalija	86
Maja Đekić	133, 142
Vedran Đerek	87, 114
Senka Đurić	27*, 138, 66*
Filip Erhardt	140
Stjepko Fazinić	57*, 131
Daniel Ferenc	59*
Benjamin Fetić	142
Ignacio A. Figueroa	83
László Forró	40*
Zdenko Franić	129
Edgardo Franzin	63*
Andrija Franjković	142
Marko Gaćeša	85
Andreja Gajović	146, 37*, 125
Marco Galassi	31*
Stipe Galić	113
O. Gamulin	101, 114
Igor Gašparić	48*

Goran Gatalica	141
Igor Gašparić	33*
Jadranko Gladić	105
Zvonko Glumac	94
Matko Glunčić	127, 47*
Nikola Godinović	59*, 27*, 66*
Leonid Gorelik	45*
Theresa Gotz	135
Davor Gracin	37*, 112
Laura Grassi	57*
Mihael S. Grbić	107, 118
Joerg Grenzer	43*, 116
M. Greven	118
Danijel Grgičin	41*
Antonija Grubišić Čabo	72, 99
Sanjeev Kumar Gupta	50*
Amir Hamzić	103
Senad Hatibović	142
Jens Haueisen	135
J. Heidler	88
Michael Heil	48*
Mirta Herak	72, 99
L.J. Heyderman	88
L. Heyne	88
Vaclav Holy	43*
Vaclav Holy	116
Andrea Horvat	74
Dubravko Horvat	117
Nada Horvatinčić	95
Dario Hrupec	59*
Rene Huebner	116
Tamara Hunjak	44*
Ralph Huonker	135
D. Ilgaz	88
Saša Ilijčić	117
Mile Ivanda	87, 114, 116
Lana Ivanjek	60*

Tomislav Ivek ¹	39 [*] , 62 [*]
Damir Iveković	146
Tomislav Ivek	41 [*] , 32 [*]
Tomislav Ivezić	53 [*]
Jovica Ivkov	83, 93, 128
Zvonko Jagličić	61 [*]
Mate Jagnjić	71
Marko Jagodić	61 [*]
Simon Jährling	48 [*]
Krešimir Jakovčić	100
Milko Jakšić	90, 42 [*] , 101, 35 [*] , 77, 19 [*] , 57 [*] , 131
Vesna Janicki	116
Željka Jarabek	145
Deša Jelavić Malenica	126
Ivana Jerčinović	146
Marko Jerčinović	116, 128
Prafulla Kumar Jha	50 [*]
Milan Jokić	102
Sanja Josef Golubić	124, 135, 139
H.K. Jung	101
Krunoslav Juraić	37 [*] , 112
Davor Juretić	122, 80
Ivan Jurić	36 [*]
Tomislav Jurkić	49 [*]
Slaven Jurković	132
Marko Jusup	120
Krešo Kadija	27 [*] , 138, 66 [*]
Andrea Kadović	73
Marko Karlušić	90, 101
Marin Karuza	31 [*]
Amit Keren	106
Vasili Kharchenko	85
Anamarija Kirin	117
Mladen Kiš	57 [*]
Mladen Kiš	33 [*]
M. Kläui	88
Janice E. Knoefel	124

PRISMA-CLARA kolaboracija	74
Bojana Korin-Hamzić	39 [*] , 103
Roman Kosanović	139
Domagoj Kos	69
M. Kosović	114
Dubravka Kotnik-Karuza	49 [*]
Damir Kovačić	46 [*]
Marko Kovač	27 [*] , 138
Marko Kovač	66 [*]
Marko Kralj	34 [*]
Gordana Kregar	78, 137
Dmytro Kresan	48 [*]
Ivana Krpan	92
Nikša Krstulović	69
Margarita Krutyeva	82
Milica Krčmar	100
S. Krzyk	88
Domagoj Kuić	122
Krešimir Kumerički	148
Ivan Kupčić	97
Ivana Kurečić	76
Marina Kveder	102
Velimir Labinac	120
Peter Lackner	61 [*]
Biljana Lakić	100
Predrag Lazić	26 [*]
N.H. Lee	101
Damir Lelas	59 [*] , 27 [*] , 66 [*]
Ivana Levatić	104
Alois Loidl	35 [*]
Davorin Lovrić	105
Matej Lozančić	142
Jelena Luetić	57 [*] , 27 [*] , 138, 66 [*] , 140
Igor Lukačević	50 [*]
Slaven Lulić	108
Peter Lunkenheimer	35 [*]
Hans O. Lutz	44 [*]

Rimma N. Lyubovskaya	32*
M. Majer	101
Aleksandar Maksimović	119
Diana Mance	44*
Marijan Marciuš	87
Jacques Marcus	133
Kolyo Marinov	90
Danijela Marović	105
Hiroyuki Matsuda	120
Jiro Matsuo	42*
Darko Mekterović	57*, 138, 66*, 140
Blaženka Melić	58*
Daniel Meljanac	37*, 112
Philippe Mendels	51*
Dalibor Merunka	102
Thomas Michely	34*
Ion N. Mihailescu	133
Tea Mijatović	74, 126
Igor Miklavčić	91, 92
Vesna Mikšić Trontl	34*
Matko Milin	126
Željka Milin-Šipuš	60*
Slobodan Milošević	24*
Đuro Miljanić	126
Željka Mioković	145
Vlasta Mohaček Grošev	75, 119
Chiara Molinelli	31*
T.A. Moore	88
Srećko Morović	27*, 138, 66*
Mladen Movre	141
Iva Movre Šapić	115
S. Music	114
Svetozar Musić	87
Matko Mužević	92
Zoran Narančić	117
Riccardo Natali	31*
J. Nievendick	88

Ivana Nikić	82
Goran Nikšić	38*
Mario Novković	80
Nikolina Novosel	61*, 113
Oliver Ochedowski	90
Miroslav Očko	111
Dalibor Paar	95
Vladimir Paar	127
Damir Pajić	89, 110, 61*, 113
Silvio Pallua	64*
Vlatko Pandurić	105
Nenad Pavin	134
Gordana Pavlović	110
Damjan Pelc	106, 107
D.-N. Peligrad	118
Petar Pervan	34*
Robert Peter	143
Mladen Petravić	143
Branko Petrinec	92, 129
Teuta Piližota	22*
Marko Pinterić ¹⁾	39*, 62*
Jasper Rikkert Plaisier	112
Josip Planinić	91
Mirko Planinić	56*, 60*
Roko Pleština	27*, 138, 66*
Milivoj Plodinec	125
Marina Poje	91, 92
Dunja Polić	27*, 66*
Nikola Poljak	57*, 140
Petar Popčević	40*, 147, 93
Miroslav Požek	106, 107, 51*, 118
Lovro Prepolec	126, 57*
Krunoslav Prša	98, 104
Ivica Puljak	59*, 27*, 138, 66*
Jeffrey Quilliam	51*
Danko Radić	45*
Nikola Radić	43*, 116, 128

Vanja Radolić	91, 92, 95, 145
Aleksandra Rađenović	20*
Boris Rakvin	72, 102
Michael Reissner	61*
J. Rhensius	88
D. Ristić	114
Mira Ristić	87, 114
Ramir Ristić	83, 89, 61*
Carmen Ristoscu	133
Zvezdana Roller-Lutz	44*
Henrik M. Ronnow	98
Marija Rosandić	127
Olga Roshchupkina	43*
Antun Rubčić	84
Svemir Rudić	136
Zoran Rukelj	97
Stjepan Sabolek	144
Krešimir Salamon	133
Amra Salčinović	133, 142
Jordi Sancho Parramon	116
J. Sancho-Parramon	101
T. Sasagawa	118
Hanjo Schaefer	133
Heiko Scheit	48*
Fabio Schirru	57*
Marika Schleberger	90
A.v Schmidsfeld	88
Zdravko Siketić	42*, 35*, 77, 116, 133
Goran Simatović	56*
Haik Simon	48*
Jure Simunić	80
Andreja Sironić	95
Hrvoje Skenderović	112
Željko Skoko	113
Natko Skukan	42*, 126, 57*
Đeni Smilović Radojčić	132
Vernesa Smolčić	25*

Ivica Smolić	63 [*] , 64 [*]
Ana Smontara	40 [*] , 147 , 93
Gabriel Socol	133
Neven Soić	126 , 57 [*]
Marija Sorić ¹	93
Ivica Sorić	96
Tomislav Sorić	96
Denis Stanić	92 , 144
Damir Starešinić	35 [*] , 133
Julia M. Stephen	124
Petar Stipanović	121
Mario Stipčević	65 [*]
Maja Strugačevac	91
Ivan Sudić	77
Suada Sulejmanović	142
Denis Sunko	38 [*]
Selma Supek	124 , 135 , 139
Tihomir Surić	59 [*]
Ana Sušac	135 , 60 [*] , 139
Suzana Szilner	74 , 126 , 57 [*]
Ana Šantić	43 [*]
Neven Šantić	78 , 137
Toni Šćulac	80
Vladimir Šoštarić	75
Marko Šoštar	79
Iva Šrut	34 [*] , 133
Vinko Šurija	98
Hrvoje Šušak	144
Marko Šušak	144
Tonči Tadić	42 [*] , 131
E. Tafra [*]	88
Emil Tafra	39 [*] , 103
Zrinka Tarle	105
Tomislav Terzić	59 [*]
Lucija Tikvica	138 , 66 [*]
Vedrana Tokić	126
Paolo Tombesi	31 [*]

Silvia Tomić	41 [*] , 39 [*] , 62 [*] , 54 [*]
Filip Torić	110
Zvonko Trontelj	61 [*]
Eduard Tutiš	40 [*] , 73
Milivoj Uroić	126
Antonija Utrobičić	116
Katarina Uzelac	94
Deni Vale	70
Marijana Varašanec	143
Maja Varga Pajtlar	126
Silvije Vdović	55 [*]
Vedran Vekić	78, 137
Kristijan Velebit ^{1,}	40 [*]
David Vitali	31 [*]
Ines Vlahović	127
Vesna Volovšek	115
Nicola Vona	71
Martina Vrankić	119
Leandra Vranješ Markić	121
Dario Vretenar	21 [*]
Bojan Vršnak	108, 109
Iva Šarić	102
Iva Šnidarić	59 [*]
Zlatko Vučić	105
Branko Vuković	91, 92
Vjekoslav Vulić ^{1,}	39 [*]
Dijana Žilić	99
Krešo Zadro	110, 61 [*] , 113
Mile Zadro	126
Maria Zentkova	89
Larisa Zoranić	80
Gordana Žauhar	132
Tomislav Žic	108, 109
Dijana Žilić	52 [*]
Ivica Živković	98, 104, 23 [*]
Paško Županović	96, 122

Popis sudionika

Pavao Roko Andričević	Prirodoslovno-matematički fakultet, sveučilište u Zagrebu
Damir Aumiler	Institut za fiziku, Zagreb
Ivica Aviani	Institut za fiziku, Zagreb
Emil Babić	Fizički odsjek, PMF, Zagreb
Ticijana Ban	Institut za fiziku, Zagreb
Mario Basletić	FO, PMF, Zagreb
Zoran Basrak	IRB
Ivana Belošević	PMF, Sveučilište u Zagrebu
Danijel Beserminji	PMF Split, diplomski studij
Juraj Bibić	KBC-Zagreb Rebro
Ante Bilušić	Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu, Split
Katica Biljaković	Institut za fiziku, Zagreb
Ivančica Bogdanović Radović	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Marko Bosiočić	Fizički odsjek, Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
Iva Božičević Mihalić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Josip Brana	Odjel za fiziku Sveučilišta "J. J. Strossmayera", Osijek
Vuko Brigljević	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Maja Buljan	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Ivana Carević	Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Split
Tihomir Car	Institut Ruđer Bošković
Željko Crljen	Institut Ruđer Bošković
Tonči Cvitanić	Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Maro Cvitan	Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
Roman Čaplar	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Matija Čulo	Institut za fiziku, Zagreb

Danijela Dodlek	Odjel za fiziku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Zvonimir Domazet	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu
Damir Dominko	Institut za fiziku, Zagreb
Marija Došlić	Fizički odsjek, Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Jure Dragović	Prirodoslovno matematički fakultet
Tena Dubček	PMF, Sveučilište u Zagrebu
Antonije Dulčić	Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Mirta Dumančić	Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Sabina Džafić	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Maja Đekić	Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo
Vedran Đerek	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Filip Erhardt	PMF, Sveučilište u Zagrebu
Zdenko Franić	Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb
Marko Gaćeša	Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Dresden
Andreja Gajović	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Igor Gašparić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Goran Gatalica	Institut za fiziku, Zagreb
Jadranko Gladić	Institut za fiziku, Zagreb
Zvonko Glumac	Odjel za fiziku Sveučilišta J. J. Strossmayer u Osijeku, Osijek
Matko Glunčić	Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
Nikola Godinović	Sveučilište u Splitu - FESB, Split
Davor Gracin	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Danijel Grgičin	Institut za fiziku, Zagreb
Antonija Grubišić Čabo	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Amir Hamzić	Fizicki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
Bojana Hamzić	Institut za fiziku, Zagreb
Mirta Herak	Institut za fiziku, Zagreb
Andrea Horvat	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Dubravko Horvat	Zavod za fiziku, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Mile Ivanda	Institut Rudjer Boskovic
Vedran Ivanić	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Tomislav Ivek	Institut za fiziku, Zagreb
Tomislav Ivezić	Institut Ruđer Bošković
Ivana Ivković	Odjel za fiziku Sveučilišta J. J. Strossmayera Osijek, Osijek
Mate Jagnjić	Prirodoslovno - matematički fakultet Sveucilista u Splitu
Andrea Jagodar	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Krešimir Jakovčić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Milko Jakšić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Sanja Josef Golubić	Fizički odsjek, PMF, Zagreb
Krunoslav Juraic	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Ivan Jurić	Institut za fiziku, Zagreb
Tomislav Jurkić	Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
Andrea Kadović	PMF - FO, Sveučilište u Zagrebu
Matija Kalanj	PMF
Marko Karlušić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Marin Karuza	Odjel za fiziku, Sveučilište u Rijeci, Rijeka
Anamarija Kirin	Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Juraj Klarić	Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Roman Kosanović	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Domagoj Kos	Prirodoslovno-Matematički Fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Damir Kovačić	Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split
Milica Krčmar	Institut Ruđer Bošković
Ivana Krpan	Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Odjel za fiziku, Osijek
Domagoj Kuić	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu, Split
Krešimir Kumerički	PMF, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
Ivana Kurečić	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Anita Kvaček	Elektrotehnički fakultet, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek
Velimir Labinac	Odjel za fiziku Sveučilište u Rijeci, Rijeka
Predrag Lazić	Institut Rudjer Boskovic, Zagreb
Zdravko Lenac	Sveučilište u Rijeci, Rijeka
Ivana Levatić	Institut za fiziku, Zagreb
Jelena Luetić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Igor Lukačević	Sveučilište J. J. Strossmayer, Odjel za fiziku, Osijek
Slaven Lulić	Sveučilište u Karlovcu, Karlovac
Diana Mance	Medicinski fakultet Rijeka, Rijeka
Petar Marević	Prirodoslovno matematički fakultet - Sveučilište u Zagrebu
Darko Mekterović	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Blaženka Melić	Institut Rudjer Boskovic
Daniel Meljanac	Institut Ruđer Bošković
Igor Miklavčić	Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Osijek
Dinko Milaković	Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Matko Milin	Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
Slobodan Milošević	Institut za fiziku, Zagreb
Đuro Miljanić	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Željka Mioković	Elektrotehnički fakultet, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek
Vlasta Mohaček Grošev	Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Iva Movre Šapić	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
Matko Mužević	Odjel za fiziku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Ivana Nikić	Prirodoslovno-matematički fakultet
Goran Nikšić	University of Zagreb, Faculty of Science, Zagreb
Nikolina Novosel	Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
Miroslav Očko	Institut za fiziku, Zagreb
Dalibor Paar	Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Damir Pajić	Prirodoslovno matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Matej Pavin	Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Nenad Pavin	Fizički odsjek, PMF, Zagreb
Petar Pavlović	PMF, Fizički odsjek, Sveučilište u Zagrebu
Damjan Pelc	Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Robert Peter	Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
Mladen Petravić	Sveučilište u Rijeci
Teuta Piližota	University of Edinburgh , Edinburgh
Marko Pinterić	Institut za fiziku, Zagreb
Maja Planinić	Prirodoslovno - matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Mirko Planinić	PMF, Fizički odsjek, Zagreb
Milivoj Plodinec	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Marina Poje	Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku , Osijek
Nikola Poljak	Institut Ruđer Bošković
Miroslav Požek	Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb

Ivica Puljak	Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
Danko Radić	Prirodoslovno-matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
Vanja Radolić	Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku, Osijek
Aleksandra Rađenović	École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne
Ramir Ristić	Odjel za fiziku, Sveučilište JJS Osijek, Osijek
Antun Rubčić	PMF-Zagreb, Zagreb
Svemir Rudić	ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, Science and Technology Facilities Council, Chilton, Didcot, Oxfordshire
Zoran Rukelj	PMF- Fizički odsjek, Zagreb
Amra Salčinović	Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo
Goran Simatović	PMF - fizički odsjek, Zagreb
Vernesa Smolčić	PMF
Ivica Smolić	PMF, Fizički odsjek, Zagreb
Ivica Sorić	Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, Split
Marija Sorić	Tekstilno-tenološki fakultet i Institut za fiziku
Marko Sossich	PMF, Fizički odsjek, Sveučilište u Zagrebu
Denis Stanić	Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku, Osijek
Petar Stipanović	Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu, Split
Mario Stipčević	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Maja Strugačevac	Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku
Ivan Sudić	PMF, Zagreb
Denis Sunko	Fizički Odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Selma Supek	Fizički odsjek, PMF, SuZ, Zagreb
Ana Sušac	Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Suzana Szilner	Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Neven Šantić	Institut za fiziku, Zagreb
Iva Šarić	Građevinski fakultet , Rijeka
Toni Šćulac	Prirodoslovno matematički fakultet Split
Damir Šokčević	Institut R. Bošković, Zagreb
Vladimir Šoštarić	Prirodoslovno-Matematički Fakul- tet Sveučilište u Zagrebu
Marko Šoštar	PMF, Sveučilište u Zagrebu
Iva Šrut	Institut za fiziku, Zagreb
Vinko Šurija	Institut za fiziku, Zagreb
Marko Šušak	PMF, Zagreb
Emil Tafra	Fizički odsjek, Prirodoslovno- matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
Lucija Tikvica	Institut Ruđer Bošković, Zagreb
Kristina Tomić	Prirodoslovno-matematički fakul- tet, Sveučilište u Zagrebu
Silvia Tomić	Institut za fiziku, Zagreb
Filip Torić	PMF Zagreb, Zagreb
Eduard Tutiš	Institut za fiziku, Zagreb
Tea Tutiš	Prirodoslovno-matematički fakul- tet, Sveučilište u Zagrebu
Antonija Utrobičić	Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakul- tet
Katarina Uzelac	Institut za fiziku, Zagreb
Deni Vale	Prirodoslovno-matematički fakul- tet, Sveučilište u Zagrebu
Marijana Varašanec	Odjel za fiziku, Sveučilište u Rijeci, Rijeka
Silvije Vdović	Institut za fiziku, Zagreb
Kristijan Velebit	Institut za fiziku, Zagreb
Andrej Vidak	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
Ines Vlahović	PMF Fizički odsjek, Zagreb
Dario Vretenar	Prirodoslovno-matematički fakul- tet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
Zlatko Vučić	Institut za fiziku, Zagreb

Branko Vuković	Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Osijek
Vjekoslav Vulić	FO, PMF
Gordana Žauhar	Medicinski fakultet u Rijeci, Rijeka
Matija Žeško	PMF, Sveučilište u Zagrebu
Tomislav Žic	Geodetski fakultet, Opservatorij Hvar, Zagreb
Dijana Žilić	Institut Rudjer Boskovic, Zagreb
Aleksandar Živković	Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku
Ivica Živković	Institut za fiziku, Zagreb
Denis Žoljom	Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Paško Županović	PMF Split, Split

Hrvatsko fizikalno društvo
Bijenička 32, 10000 Zagreb
www.hfd.hr

ISBN 978-953-7178-15-4

