

GODIŠNJI IZVJEŠTAJ 2010.



**INSTITUT ZA FIZIKU
ZAGREB**

www.ifs.hr

INSTITUT ZA FIZIKU

ZAGREB

GODIŠNJI IZVJEŠTAJ

2010.

Bijenička cesta 46
10000 Zagreb
Hrvatska

Tel.: +385 1 4698 888
Fax: 385 1 4698 889
E-mail: ifs@ifs.hr
www.ifs.hr

Urednica: dr. sc. Vlasta Horvatić

SADRŽAJ

01 PREDGOVOR

STRUKTURA INSTITUTA

02 Uprava Instituta

03 Djelatnici Instituta

IZVJEŠTAJI O RADU

06 Laboratorij za lasersku spektroskopiju

09 Laboratorij za femtosekundnu lasersku spektroskopiju

16 Laboratorij za lasersku spektroskopiju hladne plazme

23 Grupa za teorijsku atomsku i molekulsku fiziku

27 Laboratorij za koherentnu optiku

31 Laboratorij za istraživanje oblika i kinetike rasta ravnotežnih kristala superionskih vodiča

36 Grupa za statističku fiziku

40 Grupa za modeliranje elektronskih procesa i uređaja

43 Laboratorij za statička magnetska mjerena

46 Laboratorij za magnetsku ac susceptibilnost

50 Grupa za dielektričnu spektroskopiju i magnetotransportna svojstva

55 Grupa za jako korelirane sustave

60 Grupa i laboratorij za istraživanje jako koreliranih elektronskih sistema

64 SAXS laboratorij za kristalografsku i nanostruktturnu analizu

68 Laboratorij za fiziku transportnih svojstava

75 Laboratorij za kompleksne sisteme

83 Laboratorij za fiziku površina i poduprtih nanostruktura

91 Grupa za teorijsku fiziku kristalnih, nanostrukturiranih i bioloških površina

OSTALE AKTIVNOSTI

96 Knjižnica

98 Multimedijalni laboratorij

ZBIRNE INFORMACIJE

102 Popis projekata

105 Napredovanje suradnika

105 Sudjelovanje u nastavi

107 Seminari održani na Institutu za fiziku

110 Konferencije, specijalizacije i studijski boravci

PREDGOVOR

Ovaj godišnji izvještaj sumira rezultate sveukupnih aktivnosti na Institutu za fiziku u 2010 godini. Zadovoljstvo mi je u ovom kratkom uvodu ukazati na neka od njih.

Znanstvenici Instituta za fiziku su nastavili s uspješnim radom na mnogobrojnim temama istraživanja koja su se odvijala ili samostalno ili u suradnji s našim domaćim i međunarodnim partnerima. Rezultati istraživanja objavljeni su u uglednim znanstvenim časopisima i prezentirani na mnogobrojnim međunarodnim konferencijama. Znanstvena aktivnost se odvijala sveukupno kroz četrdesetak istraživačkih projekata, a u 2010. pokrenuto je sedam novih. Posebno treba istaknuti dva UKF projekta kroz koja će Institut za fiziku osigurati uspostavu fotolitografskog laboratorija te mjerena transportnih svojstava materijala pod tlakom do 30 GPa. Novi bilatelarni projekti su ojačali našu suradnju s kolegama u Njemačkoj, ali otvorili i nove mogućnosti suradnje sa znanstvenicima iz Japana.

Znanstvenici Institut za fiziku su u 2010. godine uspješno organizirali tri značajna međunarodna skupa koji su obrađivali teme novih materijala za primjenu termoelektrika, valova gustoće naboja na maloj skali i vrlo kratkim vremenima te temu ultra-brzih procesa na površinama.

Važan segment znanstvene djelatnosti Instituta za fiziku je obrazovanje mlađih znanstvenika. Institut za fiziku je u 2010. godini primio sedam novih znanstvenih novaka pa je tako u 14 istraživačkih grupa svukupno radilo njih 23. Ove godine su četiri novaka uspješno završila doktorski studij i obranila doktorske disertacije.

Znanstvenici na Institutu su po tradiciji aktivno sudjelovali u sveučilišnoj nastavi te tijekom 2010. godine vodili preko dvadeset kolegija (predavanja i vježbi) na preddiplomskom i diplomskom te desetak na poslijediplomskom studiju, uglavnom na Sveučilištu u Zagrebu.

Institut za fiziku je nastavio s naporima da ojača aktivnosti u području transfera tehnologije. Donesen je pravilnik o intelektualnom vlasništvu. Puno važnije, 2010. godine je podnesena i prva patentna prijava u okviru tehnologiskog projekta agencije BICRO, na temu nove generacije kriostata za ac-susceptibilnost.

Kao i svake godine Institut za fiziku je organizirao *Otvoreni dan* kao centralnu aktivnost u popularizaciji fizike. I prošle godine je Institut posjetilo preko tisuću učenika iz svih krajeva Hrvatske. Važan iskorak Instituta za fiziku u promidžbi fizike i vlastite djelatnosti napravljen je izradom demonstracijskog kompleta za magnetizam pod nazivom *Čudesni svijet magneta*. Time se Institut aktivno uključuje u proces edukacije o magnetizmu, njegove demistifikacije i poticanja znanstvenog načina razmišljanja u osnovnim i srednjim školama. U 2010. godini je u organizaciji Hrvatskog fizikalnog društva održana *41. međunarodna fizička olimpijada*. Znanstvenici Instituta za fiziku, napose oni mlađi, dali su veliki doprinos uspješnoj organizaciji ovog važnog događaja.

Institut za fiziku je s posebnim ponosom primio vijest da je dr. sc. Goran Pichler, znanstveni savjetnik Instituta, postao redoviti član Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Na prijedlog Instituta, za dopisnog člana Akademije izabran je prof. dr. László Forró, dugogodišnji suradnik našeg Instituta.

Koncem godine, s navršenih 65 godina, prestao je radni odnos znanstvenom savjetniku dr. sc. Veljku Zlatiću, jednom od najuspješnijih znanstvenika Instituta.

Ravnatelj Instituta za fiziku

Dr. sc. Petar Pervan

UPRAVA INSTITUTA

1

Upravno vijeće

Dr. sc. Hrvoje Meštrić, MZOŠ, predsjednik
Prof. dr. sc. Hrvoje Kraljević, PMF, član
Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan, PMF, član
Dr. sc. Đuro Drobac, IF, predstavnik zaposlenika
Dr. sc. Čedomil Vadla, IF, predstavnik ZV-a

2

Ravnatelj

Dr. sc. Petar Pervan

3

Pomoćnici ravnatelja

Dr. sc. Nazif Demoli
Dr. sc. Damir Starešinić

4

Predsjednica Znanstvenog vijeća

Dr. sc. Katica Biljaković

5

Zamjenik predsjednice Znanstvenog vijeća

Dr. sc. Mladen Prester

DJELATNICI INSTITUTA

1

Znanstvenici i istraživači, radna mjesta

1. Damir Aumiler, dr. sc., znanstveni suradnik
2. Ivica Aviani, dr. sc., znanstveni suradnik
3. Ticijana Ban, dr. sc., viša znanstvena suradnica
4. Osor Slaven Barišić, dr. sc., znanstveni suradnik
5. Robert Beuc, dr. sc., znanstveni savjetnik I
6. Katica Biljaković, dr. sc., znanstvena savjetnica II
7. Nazif Demoli, dr. sc., znanstveni savjetnik I
8. Đuro Drobac, dr. sc., viši znanstveni suradnik
9. Jadranko Gladić, dr. sc., stručni savjetnik
10. Branko Gumhalter, dr. sc., znanstveni savjetnik II
11. Bojana Hamzić, dr. sc., znanstvena savjetnica II
12. Berislav Horvatić, dr. sc., viši znanstveni suradnik
13. Vlasta Horvatić, dr. sc., znanstvena savjetnica I (13.04.2010.)
14. Jovica Ivković, dr. sc., znanstveni savjetnik I
15. Marko Kralj, dr. sc., viši znanstveni suradnik
16. Davorin Lovrić, dr. sc., stručni savjetnik
17. Željko Marohnić, dr. sc., viši znanstveni suradnik
18. Ognjen Milat, dr. sc., znanstveni savjetnik II
19. Slobodan Milošević, dr. sc., znanstveni savjetnik II
20. Milorad Milun, dr. sc., znanstveni savjetnik II
21. Mladen Movre, dr. sc., znanstveni savjetnik II
22. Miroslav Očko, dr. sc., znanstveni savjetnik I
23. Petar Pervan, dr. sc., znanstveni savjetnik II
24. Goran Pichler, dr. sc., znanstveni savjetnik II
25. Mladen Prester, dr. sc., znanstveni savjetnik I
26. Hrvoje Skenderović, dr. sc., viši znanstveni suradnik
27. Ana Smontara, dr. sc., znanstvena savjetnica I
28. Damir Starešinić, dr. sc., viši znanstveni suradnik
29. Antonio Šiber, dr. sc., znanstveni savjetnik I (23.03.2010.)
30. Silvia Tomić, dr. sc., znanstvena savjetnica II
31. Eduard Tutiš, dr. sc., viši znanstveni suradnik
32. Katarina Uzelac, dr. sc., znanstveni savjetnik II
33. Čedomil Vadla, dr. sc., znanstveni savjetnik II
34. Zlatko Vučić, dr. sc., znanstveni savjetnik II
35. Tomislav Vuletić, dr. sc., viši znanstveni suradnik (22.12.2010.)
36. Veljko Zlatić, dr. sc., znanstveni savjetnik II
37. Ivica Živković, dr. sc., znanstveni suradnik

DJELATNICI INSTITUTA

2

Znanstveni novaci

1. Ivan Balog, dipl. inž.
2. Marijan Bišćan, dipl. inž. (zasnovao r.o. 01.02.2010.)
3. Matija Čulo, dipl. prof.
4. Damir Dominko, dipl. inž.
5. Goran Gatalica, dipl. prof. (zanovao r.o. 10.02.2010.)
6. Danijel Grgičin, dipl. inž. (zasnovao r.o. 01.02.2010.)
7. Mirta Herak, dr. sc.
8. Tomislav Ivec, dipl. inž.
9. Ivan Jurić, dipl. inž.
10. Gordana Kregar, dipl. inž.
11. Zlatko Kregar, dipl. inž.
12. Nikša Krstulović, dr. sc. (doktorirao 18.06.2010.)
13. Marin Petrović, dipl. inž. (zasnovao r.o. 10.02.2010.)
14. Ivo Pletikosić, dipl. inž.
15. Petar Popčević, dr. sc. (doktorirao 29.10.2010.)
16. Mario Rakić, dipl. inž. (zanovao r.o. 10.02.2010.)
17. Krešimir Salamon, dr. sc
18. Juraj Szavitz-Nossan, dipl. inž.
19. Kristina Šariri, dr. sc (doktorirala 24.11.2010.)
20. Iva Šrut, dipl. inž. (zasnovala r.o. 01.11.2010.)
21. Kristijan Velebit, dipl. inž. (zasnovao r.o. 01.02.2010.)
22. Silvije Vdović, dr. sc. (doktorirao 15.07.2010.)
23. Nataša Vujičić, dipl. inž.

3

Tehničari

1. Krešimir Drvodelić, tehnički suradnik
2. Ivan Čičko, tehnički suradnik
3. Branko Kiš, viši tehničar
4. Josip Pogačić, viši tehničar
5. Žarko Vidović, tehnički suradnik
6. Alan Vojnović, viši tehničar

DJELATNICI INSTITUTA

4

Opći i zajednički poslovi

1. Ivana Bagarić, tehnička suradnica
2. Mladen Bakale, radno mjesto IV vrste
3. Ivanka Bakmaz, računovodstvena referentica – finansijska knjigovotkinja
4. Berti Erjavec, viši stručni suradnik
5. Marica Fučkar – Marasović, prof., voditeljica odjeljka I. vrste
6. Mario Juričić, voditelj računalnog središta
7. Željko Kneklin, dipl. oec., viši stručni savjetnik ekonomskе struke
8. Nevenka Kralj, računovodstvena referentica – finansijska knjigovotkinja
9. Mirjana Ličina, radno mjesto IV. vrste
10. Renata Macešan, radno mjesto IV. vrste
11. Gordana Matić, radno mjesto IV. vrste
12. Snježana Mostečak, radno mjesto IV. vrste
13. Darko Oštarčević, radno mjesto IV. vrste
14. Jadranka Rajić, dipl. pravnica, voditeljica odjeljka I. vrste
15. Marija Sobol, upravna referentica
16. Nataša Šuput, radno mjesto IV. vrste
17. Draženka Zajec, radno mjesto IV. vrste
18. Jozo Zovko, tehnički suradnik

Ukupno: 84 djelatnika

VODITELJ

Dr. sc. Čedomil Vadla

SURADNICI

Dr. sc. Vlasta Horvatić

VANJSKI SURADNICI

Prof. dr. sc. Damir Veža, PMF, Zagreb

ISTAKNUTI REZULTATI***OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA***

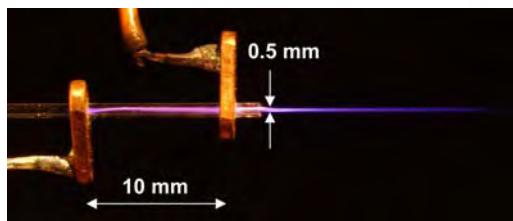
Laboratorijske aktivnosti u 2010. godini bile su u osnovi usmjerenе na spektroskopsku dijagnostiku dviju minijaturnih vrsta plazmi (visokotlačni hladni električni izboji i niskotlačni vrući izboji inducirani laserom), koje su od interesa za analitičku primjenu.

Procesi u plazmenom mlazu kapilarnog dielektrično-barijernog izboja

U suradnji s kolegama na ISAS-u u Dortmundu napravljen je prvi u nizu eksperimenta vezanih za istraživanje procesa u plazmenom mlazu kapilarnog dielektrično-barijernog izboja (DBD).

Obrađeni su rezultati opsežnih 2D prostorno razlučenih spektroskopskih mjerjenja emisije plazmenih mlazova u heliju i argonu. Plazmeni mlaz generiran u heliju (Slika 1.) pokazao se kao vrlo učinkovito sredstvo za meku ionizaciju molekula u otvorenom zračnom prostoru a time i kao sredstvo koje bitno pospješuje osjetljivost maseno-spektroskopskih metoda u biokemiji i biomedicini. Poznavanje složenih procesa prijenosa elektronske energije sa pobuđenih atoma plemenitih plinova na teške organske molekule od posebnog je praktičnog interesa za razvoj metoda za obilježavanje (meku ionizaciju) molekula.

Razrađen je model za opis prostornih raspodjela intenziteta mjerениh spektralnih linija u plazmenim mlazovima, a koji se temelji na polaznoj pretpostavci da ključnu ulogu u procesima od interesa imaju metastabilni



Slika 1.

atomi helija koji ioniziraju dušikove molekule u zraku. Nakon toga slijedi kaskadna deekscitacija dušika i u konačnici meka ionizacija molekula od interesa. Dobiveno je dobro slaganje s eksperimentom.

Reozonantno, laserom inducirana plazma

U rubidijevim parama ponovljen je eksperiment (prethodno napravljen na ceziju, rad br. 1) s ciljem postizanja što veće koncentracije atoma u rezonantnom stanju

koja je nužna za ispitivanje Rydbergovih S i D atoma i molekula. Na isti način kao i u ceziju, s povećanjem tlaka para i laserske pumpne snage, nakon početnog porasta gustoće Rb atoma u rezonantnom stanju slijedi pad i prelazak stacionarno ekscitirane pare u plazmu. Model grijanja pare putem egzoternih sudara (rad br. 1) trebao bi biti definitivno provjeren na temelju analognih vremensko-razlučivih mjerena. U tu svrhu započela je odgovarajuća laboratorijska adaptacija. Paralelno s time, u laboratoriju je započela tehnička priprema za emisionu i lasersku spektroskopiju plazmenih mlazova generiranih u kapilarnim dielektrično-barijernim izbojima. Potonji plan je na trasi programa rada na novom DFG-projektu s njemačkim kolegama.

Osvremenjavanje sustava za online podršku eksperimentima

Napravljen je sveobuhvatni *upgrade* sustava za *online* prikupljanje eksperimentalnih podataka. Stari sustav koji je godinama odlično radio (baziran na platformi Windows 98 + LabView 6.0) postao je neupotrebljiv za nove, nedavno kupljene instrumenete, (Kiehley femtoampermentar, CCD kamere), koji zahtijevaju minimalnu platformu Windows XP + LabView 8.0. Posao se pokazao vrlo zahtijevnim što se tiče osciloskopa firme HAMEG, koja ima nezadovoljavajuću *software*-ovsku podršku za korisnike. Problemi su uspješno riješeni i sustav za *online* akviziciju je opet u funkciji na novoj platformi.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Spektroskopija Rydbergovih atoma i molekula*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352851-2853)

Glavni istraživač: Č. Vadla (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Absorptionsspektroskopische Charakterisierung der metastabilen Zustände im Jet einer wichen Ionisierungsquelle für organische Moleküle*

Vrsta projekta: DFG (FR 1192/13-1)

Glavni istraživači: Č. Vadla (IF) i J. Franzke (ISAS, Dortmund)

Vrijeme trajanja: 2011.-2013.

SURADNJA

01. *Plasma-Analyte Interaction Working Group (PAIWG)*

V. Horvatić (IF), K. Niemax (ISAS, Dortmund, Njemačka), N. Omennetto, D. Hahn (UF, Gainesville, FL, SAD)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. C. Vadla, V. Horvatic, D. Veza, K. Niemax

Resonantly laser induced plasmas in gases : The role of energy pooling and exothermic collisions in plasma breakdown and heating

Spectrochimica Acta Part B **65** (2010) 33-45

LABORATORIJ ZA LASERSKU SPEKTROSKOPIJU

02. C. C. Garcia, A. Murtazin, S. Groh, V. Horvatic, K. Niemax

Characterization of single Au and SiO₂ nano- and microparticles by ICP-OES using monodisperse droplets of standard solutions for calibration

J. Anal. At. Spectrom. **25** (2010) 645-653

STUDIJSKI BORAVCI

01. Č. Vadla

- ISAS - Institute of Analytical Sciences, Dortmund, Njemačka
(24.01.2010.- 28.02. 2010.)

02. V. Horvatić

- ISAS - Institute of Analytical Sciences, Dortmund, Njemačka
(24.01.2010.- 03.02. 2010.)

NAGRADA I PRIZNANJA

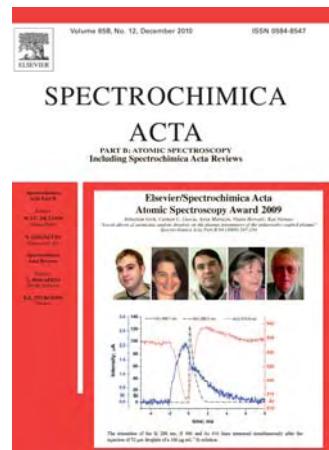
01. V. Horvatic

Koautorica članka (*) koji je osvojio

Atomic Spectroscopy Award 2009.

Nagradu dodjeljuju Elsevier/Spectrochimica Acta za najbolji rad objavljen u tom časopisu u prethodnoj godini.

- * S. Groh, C.C. Garcia, A. Murtazin, V. Horvatić, K. Niemax
Local effects of atomizing analyte droplets on the plasma parameters of the inductively coupled plasma
Spectrochimica Acta Part B **64** (2009) 247-254



RECENZIRANJE

01. Č. Vadla

- Spectrochimica Acta Part B, Optics Communications, JQSRT

02. V. Horvatic

- Spectrochimica Acta Part B, JQSRT

OSTALO

01. Č. Vadla

- Član Upravnog vijeća Instituta za fiziku
- Predsjednik Nadzornog odbora Hrvatskog fizikalnog društva (do 9.12.2010.)

02. V. Horvatić

- Tajnica Hrvatskog fizikalnog društva (do 9.12.2010.)
- Član Upravnog odbora Hrvatskog fizikalnog društva (od 9.12.2010.)
- Administrator web stranica HFD-a

LABORATORIJ ZA FEMTOSEKUNDNU LASERSKU SPEKTROSKOPIJU

VODITELJ

Dr. sc. Goran Pichler

SURADNICI

Dr. sc. Hrvoje Skenderović, dr. sc. Ticijana Ban, dr. sc. Damir Aumiler,
dr. sc. Silvije Vdović, Nataša Vujičić, dipl. inž., Gordana Kregar, dipl. inž.,
Mario Rakić, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

Prof. dr. sc. Z. Tarle, Stomatološki fakultet, Zagreb

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA

Znanstveni rad se odvijao u tri laboratorijske cjeline, s posebnim naglaskom na modernizaciji eksperimentalnog laboratorija 007/I krilo, unapređujući mjerne postave za visokotlačne žarulje i brojne sustave s organskim spojevima otopljenim u raznim otapalima radi primjene u stomatologiji kod istraživanja otkrivanja ranog karijesa. Pored toga, u radu laboratorija za femtosekundnu lasersku spektroskopiju i ultrahladne molekule učinjeni su značajni pomaci u mjeranjima pomoću novog polarimetra. Pored femtosekundnog laserskog oscilatora korišteno je pojačalo za nelinearne efekte u natrijevima parama.

Znanstvena aktivnost u 2010. g. obilježena je nastavkom istraživanja efekata povezanih uz rezonantnu pobudu rubidijevih atoma nizom ultrakratkih laserskih pulseva. Unaprijeđen je teorijski model i numerički račun koji opisuje interakciju svjetlosti lasera (frekventnog češlja) s atomima sa više nivoa u uvjetima koji pogoduju nastanku koherentnog zarobljavanja naseljenosti (CPT) i elektromagnetski inducirane transparancije (EIT).

05.03.2010. g. održan je tradicionalni Otvoreni dan Instituta za fiziku čiji je glavni organizator bio dr. Damir Aumiler. On je u travnju 2010. g. poslao prijavu na natječaj "Uspostavne potpore" Nacionalne zaklade za znanost, visoko školstvo i tehnologiski razvoj Republike Hrvatske, pod nazivom *Visokorazlučiva spektroskopija frekventnim češljem za optičku detekciju molekula u tragovima*. Damir Aumiler i Hrvoje Skenderović aktivno su sudjelovali u prijavi FP7-REGPOT projekta: *Unlocking research potential for laser-matter interaction studies at Institute of Physics Zagreb*.

Dr. Hrvoje Skenderović, zajedno s dr. Silvijem Vdovićem, kompletirao je eksperimentalni uređaj za mjerjenje nelinearnih optičkih svojstava vruće natrijeve pare koristeći femtosekundno lasersko pojačalo. Ispitivana su i spektralna svojstva signala koji se generira u postupku četverovalnog miješanja, uz mogućnost da jedan ulazni snop svjetlosti može ući u natrijevu paru prije ili poslije ostala dva snopa, uz kontinuirano kašnjenje ili prednjačenje. Na ovoj tematiki dr. S. Vdović dovršio je izradu svog doktorata. U sklopu ovih istraživanja dr. H. Skenderović i dr. S. Vdović su krajem 2010. godine boravili tri, odnosno dva tjedna na Sveučilištu u Beču, Ultrafast Chemistry group. Boravak dr. Jürgena Hauera, University of Vienna od 28.06. do 04.07.2010. također je iskorišten za

LABORATORIJ ZA FEMTOSEKUNDNU LASERSKU SPEKTROSKOPIJU

razvoj eksperimentalnog uređaja u našem laboratoriju. Pored toga je izrađen i studentski rad za rektorovu nagradu (Leon Kahlina: *Analizator oblika laserske zrake*). Osim toga održao je popularno predavanje na otvorenom danu IF-a 2010: *Kvantna računala*.

Znanstvenu aktivnost dr. Ticijane Ban u prvih šest mjeseci 2010. godine obilježilo je završavanje dva projekta:

1. Kao suradnik na UKF projektu (voditelj T. Vuletić) nastavila je rad na izgradnji FCS instrumenta, te njegovoj optimizaciji i konačnoj primjeni.

2. U sklopu COGITO francusko-hrvatskog projekta nastavljen je eksperimentalni rad u laboratoriju koji obuhvaća područje ultrahladnih atoma.

Osim navedenog, prvih šest mjeseci 2010. obilježile su intenzivne pripreme za održavanje 41. međunarodne fizičke olimpijade za učenike srednjih škola u Zagrebu, u kojima je sudjelovala kao član Organizacijskog odbora. Njena uloga u organizaciji Olimpijade bila je kompletna logistika i briga za učenike natjecatelje (sudjelovalo je oko 390 natjecatelja) i volontere koje je skupljala iz redova hrvatskih srednjoškolaca i studenata (oko 150 volontera).

Od 01.09. boravila je na Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA), Boulder, Colorado, USA u grupi prof. Jun Ye-a gdje se bavila spektroskopijom pomoću femtosekundnog laserskog češlja.

U 2010. Nataša Vujčić je u znatnoj mjeri intenzivirala svoj istraživački rad na dovršenju eksperimentalnog dijela doktorskog rada. Okosnicu mjerjenja čine polarizacijski efekti koji nastaju uslijed rezonantne pobude rubidijevih atoma optičkim femtosekundnim češljjem, a mjere se tehnikom polarizacijski osjetljive detekcije. U tu svrhu izrađen je posebni modul za polarizacijsku spektroskopiju - polarimetar. Kivete s rubidijevim atomskim parama postavljene su unutar vanjskog magnetskog polja čija se jakost može kontinuirano mijenjati. Jaka femtosekundna laserska pumpa, zbog optičkog pumpanja, stvara anizotropiju u mediju, zbog čega dolazi do značajnog zakretanja ravnine polarizacije probnog lasera kontinuirane emisije, koji je podešen na točno određeni hiperfini prijelaz rubidijevih atoma. Opaženi su vrlo interesantni oscilirajući polarizacijski signali u ovisnosti o magnetskom polju. Proučavanje efekata na D1 rubidijevoj liniji uvelike olakšava teorijsko simuliranje opaženih spektara i njihovu interpretaciju.

Izvršene su pripreme za prijedlog projekta ERC AdG za senior IDEAS posljednjih mjeseci 2010. godine. Pored toga intenzivno se radilo na dobivanju projekta preko Alexander von Humboldt Stiftung-a, što je uspješno dovršeno krajem 2010. godine. Projekt „The new light sources for improved energy conversion“, za koji su nabavljeni elektronički i laserski instrumenti u vrijednosti od oko 19600 EUR predstavlja osnovu za dublje poznavanje cezijeve plazme relativno visokih temperatura i vrlo zanimljivih spektralnih karakteristika. Sve će se to moći koristiti u nekoliko slijedećih godina, jer se radi o poglavito univerzalnim elektroničkim instrumentima.

Gordana Kregar provela je cijelu godinu na uspješnoj izgradnji magneto optičke stupice (MOT) za ultrahladne atome rubidija.

Mario Rakić je dovršio mjerjenja i analizu spektara natrijevog i cezijevega lučnog izboja u vidljivom i infracrvenom području. O usporedbi Na i Cs izvora svjetlosti napisan je znanstveni rad.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Femtosekundna laserska fizika atoma i molekula*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352851-2857)

Glavni istraživač: G. Pichler (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Quantum optics of laser-atom interactions*

Vrsta projekta: bilateralni hrvatsko-srpski projekt

Glavni istraživači: G. Pichler (IF) i B. Jelenković (Institut za fiziku, Beograd, Srbija)

Vrijeme trajanja: 2008.-2010.

Naslov projekta: *Femtosecond laser plasma diagnostics*

Vrsta projekta: bilateralni hrvatsko-austrijski projekt

Glavni istraživači: G. Pichler (IF) i T. Neger (Institut za eksperimentalnu fiziku Tehnološkog sveučilišta u Grazu, Graz, Austrija)

Vrijeme trajanja: 2008.-2010.

Naslov projekta: *Optical Nonlinearities and Electronic Correlations of Nanocrystals Measured by Novel FWM Spectroscopies*

Vrsta projekta: bilateralni hrvatsko-austrijski projekt

Glavni istraživači: H. Skenderović (IF) i J. Hauer (Institut für Physikalische Chemie, Universität Wien, Beč, Austrija)

Vrijeme trajanja: 2010.-2012.

SURADNJA

01. *Protein assisted DNA monolayer assembly* - UKF projekt

T. Ban (IF), T. Vuletić (IF)

02. *COGITO francusko-hrvatski projekt*

T. Ban (IF), D. Comparat (Laboratorie Aime Cotton, Orsay, Francuska)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. M. Stipcevic, H. Skenderović, D. Gracin

Characterization of a novel avalanche photodiode for single photon detection in VIS-NIR range

Optics express **18** (2010) 17448-17459

02. D. Aumiler

Coherent population trapping in 87Rb atoms induced by the optical frequency comb excitation

Phys. Rev. A **82** (2010) 055402(1)-055402(4)

03. D. Matošević, Z. Tarle, S. Miljanić, Z. Meić, L. Pichler, G. Pichler

The detection of Carious Lesion Porphyrins Using Violet Laser Induced Fluorescence

Acta Stomatol. Croat. **44** (2010) 232-240

04. D. Matošević, Z. Tarle, S. Miljanić, Z. Meić, L. Pichler, G. Pichler

Laser induced fluorescence of carious lesion porphyrins

Acta Stomatol. Croat. **44** (2010) 82-89

LABORATORIJ ZA FEMTOSEKUNDNU LASERSKU SPEKTROSKOPIJU

ZNANSTVENI - KONFERENCIJSKI

01. D. Bicanic, H. Skenderović, K. Marković, O. Dóka, L. Pichler, G. Pichler, S. Luterottie
Quantification of lycopene in the processed tomato-based products by means of the lightemitting diode (LED) and compact photoacoustic (PA) detector
Journal of Physics: Conference Series **214** (2010) 012021(1)- 012021(5)

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler
Manipulation of the atomic velocity distributions using the femtosecond optical frequency comb
EuroQUAM 2010, Cold Quantum Metter: Achievements and Prospects, Ischgl (Tyrol) Austria, 2010. (poster)
02. N. Vujičić, G. Kregar, D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler
Influence of femtosecond laser on rubidium D1 resonance lines
EuroQUAM 2010, Cold Quantum Metter: Achievements and Prospects, Ischgl (Tyrol) Austria, 2010. (poster)
03. T. Ban, D. Aumiler, G. Kregar, N. Vujičić, M. Rakić, S. Vdović, H. Skenderović, G. Pichler
Frequency comb cooling, trapping and molecular formation
EuroQUAM 2010, Cold Quantum Metter: Achievements and Prospects, Ischgl (Tyrol) Austria, 2010. (poster)
04. N. Vujičić, D. Aumiler, G. Pichler
Multi-Bennett holes and spectral hole burning
Collaborative workshop on Charge density waves, Vukovar, Hrvatska, 2010. (pozvano predavanje)
05. M. Rakić, G. Pichler
Comparison between the visible and infrared spectrum of high-pressure Cs and Na light sources
Sustainable sources of energy, Brijuni, Hrvatska, 2010. (poster)
06. M. Rakić, G. Pichler
High-pressure Cs plasma for energy applications, Sustainable sources of energy
Sustainable sources of energy, Brijuni, Hrvatska, 2010. (poster)
07. D. Aumiler, S. Wang, X. Chen, A. Xia
Single-molecule spectroscopy of organic dendrimers
18th European Symposium on Polymer Spectroscopy, Zadar, Hrvatska, 2010. (poster)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. N. Vujičić
 - *Otkriće i primjena lasera*
Županijsko stručno vijeće nastavnika fizike, Sisak
(14.10.2010., stručno predavanje)
02. M. Rakić
 - *Stratosferski balon*
Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Zagreb
(14.10.2010., seminar)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. G. Pichler

- *Eksperimentalne metode atomske fizike*
predavač, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2010./2011.)
- *Seminar iz eksperimentalnih metoda atomske fizike*
predavač, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2010./2011.)

02. N. Vujičić

- *Elektrodinamika*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2010./2011., zimski semestar)

03. D. Aumiler

- *Osnove atomske i molekulske fizike*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010., ljetni semestar)
- *Početni fizički praktikum 1*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010., zimski semestar)

04. T. Ban

- *Fizički praktikum za inženjere kemije*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010., ljetni semestar)

04. S. Vdović

- *Napredni fizički praktikum 1 i 2*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)

MENTORSTVO

01. G. Pichler

- S. Vdović, doktorski rad:
Nelinearni efekti interakcije lasera i alkalijskih para
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (15.07.2010.)
- N. Vujičić, doktorski studij Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
- M. Rakić, doktorski studij Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

02. T. Ban

- G. Kregar, doktorski studij Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

STUDIJSKI BORAVCI

01. T. Ban

- Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA), University of Colorado, Boulder, SAD
(od 01.09.2010.)

02. N. Vujičić

- Laboratoire Aimé Cotton, Université Paris-Sud 11, Orsay, Francuska
(19.09.2010.- 26.09. 2010.)

LABORATORIJ ZA FEMTOSEKUNDNU LASERSKU SPEKTROSKOPIJU

03. G. Kregar

- Laboratoire Aime Cottone, Université Paris-Sud 11, Orsay, Francuska
(19.09.2010.- 26.09. 2010.)

04. H. Skenderović

- University of Vienna, Beč, Austrija
(25.11.2010.- 17.12. 2010.)

05. S. Vdović

- University of Vienna, Beč, Austrija
(26.11.2010. - 02.12. 2010.)

GOSTOVANJA

01. D. Comparat

- Laboratoire Aime Cottone, Université Paris-Sud 11, Orsay, Francuska
(22.-26.03.2010.)

02. H. Lignier

- Laboratoire Aime Cottone, Université Paris-Sud 11, Orsay, Francuska
(25.-30.10.2010.)

03. J. Hauer

- University of Vienna, Beč, Austrija (28.06.-04.07.2010.)

NAGRADE I PRIZNANJA

01. G. Pichler

- Izabran za redovnog člana Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti

02. T. Ban

- Dobitnica Fulbrightove stipendije za akademsku godinu 2010./2011.

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. D. Aumiler

- član Organizacijskog odbora 7th International Symposium on Ultrafast Surface Dynamics, Brijuni (22.-26.08.2010.)
- sudjelovanje u pripremi i ocjenjivanju na 41. međunarodnoj fizičkoj olimpijadi (IphO2010), Zagreb, Hrvatska (17.-25. 07 2010.)

02. T. Ban

- član Državnog povjerenstva za *Natjecanje i smotru iz fizike učenika i učenica osnovnih i srednjih škola* u školskoj godini 2009./2010.
(eksperimentalni radovi, srednje škole).
- član Organizacijskog odbora 41. međunarodne fizičke olimpijade (IphO2010), Zagreb, Hrvatska (17.-25. 07 2010.).

03. N. Vujičić

- sudjelovanje u pripremi i ocjenjivanju na 41. međunarodnoj fizičkoj olimpijadi (IphO2010), Zagreb, Hrvatska (17.-25. 07 2010.).

04. S. Vdović

- sudjelovanje u pripremi i ocjenjivanju na 41. međunarodnoj fizičkoj olimpijadi (IphO2010), Zagreb, Hrvatska (17.-25. 07 2010.).

RECENZIRANJE

01. G. Pichler

- Physical Review A, Physical Review B, Physical Review Letters, Optics Communications, Journal of Physics B, Journal of Physics D, European Physical Journal
- MZOŠ projekti

02. H. Skenderović

- Journal of Physics B, Journal of Physics D

03. D. Aumiler

- Chemical Physics Letters

04. S. Vdović

- Journal of Optics

PATENTI

01. M. Rakić

- PK20080034A, SOLARNA BARKA
- PK20080074A, UREĐAJ ZA OSLOBAĐANJE SJEDALICE U AUTOMOBILU PRILIKOM SUDARA

POPULARIZACIJA

01. N. Vujičić

- *Pedesetogodišnjak: Godina lasera*
Fešta o fizike, Kistanje (15.05.2010., predavanje)
- *50 godina lasera - otkriće koje je promijenilo znanost, ali i svijet*
e-škola fizike (članak)

02. D. Aumiler

- *Glavni organizator*
Otvoreni dan Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010.)

03. T. Ban

- *Laseri - čudo kvantne fizike*
Otvoreni dani Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010., predavanje)

04. H. Skenderović

- *Kvantna računala - računala budućnosti?*
Otvoreni dani Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010., predavanje)

OSTALO

01. G. Pichler

- Članstvo u društvima: APS, OSA, IOP, DPG
- Član IUPAP Commission C15 for Atomic and Molecular Physics
- Pridruženi urednik časopisa European Physical Journal plus

02. H. Skenderović

- Zamjenik predsjednika Znanstvenog vijeća Instituta za fiziku

03. T. Ban

- Glavni povjerenik Nezavisnog sindikata znanosti i visokog obrazovanja,
podružnica Instituta za fiziku

LABORATORIJ ZA LASERSKU SPEKTROSKOPIJU HLADNE PLAZME

VODITELJ

Dr. sc. Slobodan Milošević

SURADNICI

Dr. sc. Nikša Krstulović, Zlatko Kregar, dipl. inž., Marijan Bišćan, dipl. inž.

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA

Hladne plazme bogate su radikalima što utječe na njihovu kemijsku aktivnost i čini ih korisnim izvorom novih molekula, nanočestica ili za obradu površina različitih materijala. Da bi se u potpunosti razumjeli procesi u plazmi i omogućila njihova kontrola potrebno je karakterizirati sastav plazme što je još uvijek otvoreno područje istraživanja. Istražujemo više vrsta hladnih plazmi: inducirane laserima u procesu laserske ablaciјe u vakuumu, plinovima ili tekućinama, u radio-frekventnom induktivno vezanom izboju na niskim tlakovima ili u visokofrekventnom izboju na atmosferskim tlakovima.

Laserski proizvedene plazme

U radu [Applied Surface Science, (2010) 256 4142-4148] proučavani su efekti laserski proizvedene plazme na metu titana uz upotrebu dva laserska pulsa s vremenskim pomakom. Opaženi su različiti profili rupa u materijalu ovisno o parametrima ablacije. Pomoću Cavity Ring-Down spektroskopije istraživani su efekti povratnog raspršenja atoma u laserski proizvedenoj plazmi željeza. Proučavan je utjecaj tlaka pozadinskog plina (helija) na brzine, kutnu raspodjelu i količine prema nazad raspršenih atoma željeza. To je dosad prvo direktno spektroskopsko opažanje čestica ispod mete pri ablaciјi koje je omogućeno primjenom vrlo osjetljive CRDS metode.

Induktivno vezane radiofrekventne plazme

U radu [Plasma Chemistry and Plasma Processing, (2010) 30(3) 401-412.] prezentirani su eksperimenti rađeni sa plazmom metana pri čemu dolazi do naparavanja tankih filmova amorfнog ugljik-vodika na stjenke uređaja. Taj slučaj uzet je kao test za usporedno istraživanje naparavanja u plazmi metana i potom čišćenja filmova u kisikovoj plazmi s ciljem povezivanja spektralnih podataka i drugih mjernih parametara te njihovog utjecaja na karakteristike naparenih struktura. Istovremeno su mjereni optički spektri, temperatura stijenki, tlak plina i promjena debljine naparenog sloja. Opažen je i diskutiran efekt nagle promjene plazme pri samom kraju procesa čišćenja filmova kisikovom plazmom, koji bi mogao biti od važnosti za monitoring procesa čišćenja u nizu primjena. Kroz godinu je nastavljena dogradnja RF plazma uređaja uz različite primjene kao što je plazma tretman površina polimera (npr. PP, PTFE, PET, PVC, ili umjetnih žila i dr.) uz monitoring procesa optičkom emisijskom spektroskopijom.

Pulsna laserska depozicija tankih filmova

Tehnika pulsne laserske depozicije (PLD) uz upotrebu nanosekundnih Nd-YAG lasera upotrebljena je za depoziciju GaAs i Ge nanostruktura (tankih filmova) na b dopiranu silicijevu podlogu, u suradnji s B. Pivcem i P. Dubčekom. Efekti rasta struktura proučavani su u ovisnosti o broju primjenjenih laserskih pulseva, tlaku i vrsti pozadinskog plina (Ar, He), pomoću GISAXS tehnike (Elletra Trieste) i AFM-a (IRB). Proučavan je utjecaj dvo-pulsne PLD tehnike na morfologiju tankog filma titana u ovisnosti o vremenskom razmaku izmedju dva pulsa. Metodom refleksije X-zraka (K. Salamon i O. Milat) i AFM-a (IJS, Ljubljana) određivani su osnovni parametri teksture tankog filma. Rezultati su diskutirani u terminima promjene oblika plazmenog oblaka do kojeg dolazi pri dvostrukoj ablaciјi.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Laserska spektroskopija hladne plazme za obradu materijala*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352851-2856)

Glavni istraživač: S. Milošević (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2012.

Naslov projekta: *Modifikacija kardiovaskularnih umetaka pomoću plazme*

Vrsta projekta: bilateralni slovensko-hrvatski projekt

Glavni istraživač: S. Milošević (IF) i M. Mozetič (Institut Jožef Stefan, Ljubljana)

Vrijeme trajanja: 2009.-2010.

SURADNJA

01. *Plazma modifikacija dentalnih umetaka*

S. Milošević (IF), Z. Tarle i V. Negovetić (Stomatološki fakultet, Zagreb),
M. Ristić (IRB, Zagreb)

02. *Pulsna laserska depozicija tankih filmova GaAs i Ge*

S. Milošević , N. Krstulović, Z. Kregar (IF), B. Pivac i P. Dubček (IRB, Zagreb)

03. *IVES-STILWELL eksperiment*

S. Milošević (IF), S. Blagus (IRB, Zagreb)

04. *OES silanske plazme*

S. Milošević (IF), D. Gracin (IRB, Zagreb)

05. *Mjerenja fluorescencije prahova*

S. Milošević (IF), B. Gržeta i Igor Đerđ (IRB)

06. *Karakterizacija RF plazme*

S. Milošević (IF), N. Glavan-Vukelić i J. Dobrinić (Tehnički fakultet, Rijeka)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. N. Krstulović, S. Milošević

Drilling enhancement by nanosecond-nanosecond collinear dual-pulse laser ablation of titanium in vacuum

Applied Surface Science **256** (2010) 4142-4148

LABORATORIJ ZA LASERSKU SPEKTROSKOPIJU HLADNE PLAZME

02. M. Bišćan, Z. Kregar, N. Krstulović, S. Milošević

Time resolved spectroscopic characterization of a-c:h deposition by methane and removal by oxygen inductively coupled rf plasma

Plasma Chemistry and Plasma Processing **30**(3) (2010) 401-412

ZNANSTVENI - KONFERENCIJSKI

01. S. Milošević

Laser produced plasmas and applications

Conference Proceedings, 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies (2010) 19-24

U. Cvelbar, M. Mozetič (ur.), Slovenian Society for Vacuum Technique, Ljubljana

02. N. Glavan, M. Bišćan, S. Milošević

Spectral simulations of CO molecular emission observed in inductively coupled radio frequency plasmas

Conference Proceedings, 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies (2010) 38-43

U. Cvelbar, M. Mozetič (ur.), Slovenian Society for Vacuum Technique, Ljubljana

03. Z. Kregar, S. Milošević, G. Primc, M. Mozetič,

Characterization of oxygen plasma created in RF discharge by optical emission spectroscopy

Conference Proceedings, 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies (2010) 57-62

U. Cvelbar, M. Mozetič (ur.), Slovenian Society for Vacuum Technique, Ljubljana

04. O. Grulich, A. Mracek, U. Cvelbar, A. Vesel, Z. Kregar

Additional amino groups creation on hyaluronan films by low-temperature plasma

Conference Proceedings, 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies (2010) 45-50

U. Cvelbar, M. Mozetič (ur.), Slovenian Society for Vacuum Technique, Ljubljana

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. P. Dubček, B. Pivac, S. Milošević, N. Krstulović, Z. Kregar, S. Bernstorff

Pulsed laser ablation of GaAs using nano pulse length

E-MRS 2010 Spring Meeting, Strasbourg, 2010. (poster)

02. P. Dubček, B. Pivac, S. Milošević, N. Krstulović, Z. Kregar, S. Bernstorff

Ablacija GaAs primjenom nanosekundnih laserskih pulseva

17. Međunarodni sastanak Vakumska znanost i tehnika,

Terme Tuhelj 2010. (predavanje)

03. U. Cvelbar, A. Drenik, K. Eleršić, G. Primc, I. Junkar, A. Vesel, R. Zaplotnik,

Z. Vratnica, D. Vujošević, Z. Kregar, M. Bišćan, N. Krstulović, N. Glavan

Vukelić, S. Milošević, M. Mozetič

Karakterizacija nizkotlačne plazme: od katalitičnih sond do optične emisijske spektroskopije

17. Međunarodni sastanak Vakumska znanost i tehnika,

Terme Tuhelj 2010. (predavanje)

04. Z. Kregar, O. Grulich, A. Mracek, U. Cvelbar, M. Mozetič
Optical emission spectroscopy of inductively coupled RF ammonia plasma
 17. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika,
 Terme Tuhelj 2010. (poster)
05. O. Grulich, A. Mracek, U. Cvelbar, A. Vesel, Z. Kregar
Additional amino groups creation on hyaluronan films by low-temperature plasma
 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies, Bohinj 2010. (poster)
06. G. Primc, Z. Kregar
Controlling of O atom density by a movable recombator
 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies, Bohinj 2010. (poster)
07. N. Glavan, M. Bišćan, S. Milošević
Spectral simulations of CO molecular emission observed in inductively coupled radio frequency plasmas
 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies, Bohinj 2010. (poster)
08. Z. Kregar, S. Milošević, G. Primc, M. Mozetič,
Characterization of oxygen plasma created in RF discharge by optical emission spectroscopy
 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies, Bohinj 2010. (poster)
09. S. Milošević
Laser produced plasmas and applications
 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies, Bohinj 2010.
 (pozvano predavanje)
10. S. Milošević
Characterization of Laser-Produced Plasma by Cavity Ring-Down Spectroscopy
 Atomic and Plasma Modelling Workshop, Dublin 2010. (pozvano predavanje)
11. Z. Kregar
Inductively coupled RF methane plasma for thin film deposition: a:C-H
 Međunarodna radionica, Charge density waves: small scales and ultrashort time,
 Vukovar 2010. (predavanje)
12. N. Krstulović
Effects of dual pulse thin film deposition of Ti on Si
 Međunarodna radionica, Charge density waves: small scales and ultrashort time,
 Vukovar 2010. (predavanje)
13. M. Bišćan
CRDS of backscattered atoms in Fe plasma plume and prospects for thin film deposition
 Međunarodna radionica, Charge density waves: small scales and ultrashort time,
 Vukovar 2010. (predavanje)
14. S. Milošević
Laser-matter interaction studies at Institute of Physics, Zagreb
 Međunarodna radionica, Charge density waves: small scales and ultrashort time,
 Vukovar 2010. (predavanje)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. S. Milošević
 - *Laseri u primjeni*
 Druga radionica Sekcije za industrijsku i primjenjenu fiziku HFD-a, Zagreb
 (26.02.2010., predavanje)

LABORATORIJ ZA LASERSKU SPEKTROSKOPIJU HLADNE PLAZME

- *Light-matter interaction studies at Institute of Physics*
Radionica za IBM, IRB, Zagreb
(21.09.2010., predavanje)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. S. Milošević
 - *Metode molekularnih snopova*
predavač, doktorski studij, PMF Zagreb (2009./2010.)
02. N. Krstulović
 - *Osnovni praktikum iz fizike II*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb (2009./2010.)

MENTORSTVO

01. S. Milošević
 - N. Krstulović, doktorski rad:
Efekti dvopulsne laserske ablacija
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (18.06.2010.)
 - Z. Kregar, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
 - M. Bišćan, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

STUDIJSKI BORAVCI

01. Z. Kregar
 - Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(15.03.2010.-14.09.2010., stipendija NZZ RH)

GOSTOVANJA

01. M. Mozetič,
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(više kraćih posjeta tijekom 2010.)
02. U. Cvelbar
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(više kraćih posjeta tijekom 2010.)
03. A. Vesel
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(više kraćih posjeta tijekom 2010.)
04. M. Modić
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(prosinac 2010.)
05. G. Filipič
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(prosinac 2010.)

NAGRADE I PRIZNANJA

01. Z. Kregar

Nagrada za najbolji poster u kategoriji Advanced plasma technologies na 62. IUVSTA Workshop i 3rd International conference on advanced plasma technologies, 2010., Bohinj, Slovenija

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. S. Milošević

- Član programskog odbora 2. radionice Sekcije za industrijsku i primijenjenu fiziku HFD-a, Zagreb (26.02.2010.)
- Član programskog odbora 17th International Scientific meeting on vacuum science and technique, Terme Tuhelj (01.06.2010.)
- Član programskog odbora Joint Vacuum Conference 13, Štrbské Pleso, Slovačka (20.-24.06.2010.)

02. Z. Kregar

- Član organizacijskog odbora, 3rd International Conference on Advanced Plasma Technologies, Bohinj, Slovenija (14.-18.06.2010.)

POPULARIZACIJA

01. N. Krstulović

- *Prezentacija laboratorija „Laseri i plazma“*
Otvoreni dan IF-a (05.03.2010.)
- *Hladna plazma - medij 21. stoljeća*
Društvo matematičara i fizičara, Rijeka (prosinac 2010., predavanje)

02. Z. Kregar

- *Prezentacija laboratorija „Laseri i plazma“*
Otvoreni dan IF-a (05.03.2010.)

03. M. Bišćan

- *Prezentacija laboratorija „Laseri i plazma“*
Otvoreni dan IF-a (05.03.2010.)

04. S. Milošević

- *Prezentacija laboratorija „Laseri i plazma“*
Otvoreni dan IF-a (05.03.2010.)
- *Mentorstvo rada*
K. Tisanić: Analiza sunčevog spektra
Rad nagrađen trećim mjestom na Državnom natjecanju iz astronomije
- *Mentorstvo rada*
G. Rašić: Izrada i karakterizacija plazmene igle
Studentski rad na natječaju za Rektorovu nagradu

OSTALO

01. S. Milošević

- Član Matičnog odbora za fiziku
- Član Upravnog odbora Hrvatskog vakuumskog društva
- Uređivanje web stranice e-škola fizike (Pročitali smo za vas)

LABORATORIJ ZA LASERSKU SPEKTROSKOPIJU HLADNE PLAZME

- Ocjenjivač za FP7 EC Marie Curie Mobility akcija IxF - područje fizike
- Predstavnik HVD-a u IUVSTA organizaciji
- Član Hrvatskog fizikalnog društva i Hrvatskog astronomskog društva

02. N. Krstulović

- Član Hrvatskog vakuumskog društva

03. Z. Kregar

- Član Hrvatskog vakuumskog društva

04. M. Bišćan

- Član Hrvatskog vakuumskog društva

VODITELJ

Dr. sc. Mladen Movre

SURADNICI

Dr. sc. Robert Beuc, dr. sc. Berislav Horvatić, Goran Gatalica, dipl. inž.

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE

Aktivnosti grupe u 2010. godini vezane su uz sljedeće ciljeve: razvoj analitičkih metoda, određivanje energija, valnih funkcija i dipolnih momenata alkalijskih molekula; izgradnja numerički učinkovite metode računanja optičkih spektara dvoatomskih molekula koja ujedinjuje dobra svojstva poluklasičnog i kvantomehaničkog pristupa; analiza spektara vrućih plinova u laboratorijskim uvjetima.

Numerički aspekti analitičkih metoda

Vodeći član uniformne Airyjeve aproksimacije dobro opisuje spektar sudarno induciranih satelita za vrijednosti asimptotskog parametra $\lambda > 1$ (a ne samo za $\lambda \gg 1$) te za sve dopustive vrijednosti parametra p ($0 < p < 2$) koji opisuje promjenu dipolnog prijelaznog momenta u okolini Condonove točke. U slučaju jednostavne aproksimacije stacionarne točke, vodeći član dobro opisuje spektar samo u reduciranim području $0 < p < 1$. Pokazano je da u tom slučaju za zadovoljavajući opis spektra, za $1 < p < 2$, dostaje već sljedeći član asimptotskog razvoja. Mogućnost brze i jednostavne procjene valjanosti različitih približnih metoda izračunavanja spektra važna je za njihovu praktičnu primjenu. Aproksimativna metoda računanja profila spektralne linije, zasnovana na uniformnoj Airyjevoj aproksimaciji, je testirana, ocjenjivana i "uvježbavana" na egzaktno rješivom Devdarianijevom modelu, s ciljem daljnje primjene na širu problematiku. Pokazalo se da metoda daje vrlo dobre rezultate za konkretni analitički model, svuda osim u središtu spektralne linije, u režimima realističnih vrijednosti parametara.

Analitički aspekti numeričkih metoda

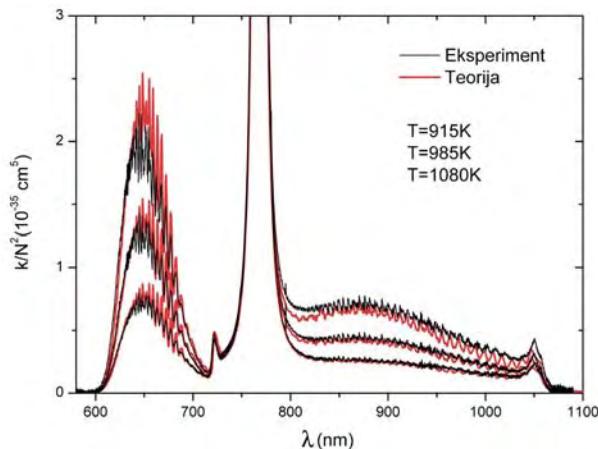
Kvantomehanički pristup simulaciji spektara općenito zahtijeva opetovano numeričko rješavanje Schrödingerove jednadžbe. Brojne metode koriste rešetku s konačnim brojem točaka. Te metode moguće je grupirati i uspoređivati na nekoliko načina. Analizirano je nekoliko varijanti numeričkih metoda prikladnih za rješavanje Schödingerove jednadžbe s posebnim osvrtom na potencijale koji sadrže i coulombski dio. Analiza i poredba nekoliko različitih metoda doprinosi boljem razumijevanju i odabiru pojedinih metoda u praksi te proširenju njihove primjene na druge fizikalne probleme, primjerice izračun polarizabilnosti Dalgarno-Lewisovom metodom, inverzni problem određivanja potencijala iz poznatih energija sustava itd.

Apsorpcijski spektri vrućih cezijevih para u bliskom infracrvenom području.

Pri teorijskoj simulaciji spektara korištene su elektronske potencijalne krivulje i dipolni momenti elektronskih prijelaza dobiveni ab initio računom u grupama W. Meyera i O. Dulieua. Usporedba sa eksperimentom pokazala je znatno odstupanje u slučaju spektra B-X prijelaza, što je objašnjeno netočnošću teorijskog elektronskog dipolnog momenta tog prijelaza.

Razvoj novih metoda

Razvijena je nova metoda kvantomehaničkog računa optičkog spektra dvoatomskih molekula u niskoj razlučivosti. Pri njenom formuliranju korištena su analitička svojstva poluklasičnog računa spektra, te numerička efikasnost računa energija i valnih funkcija molekulskih stanja upotrebom metode hamiltonijana na Fourierovoj rešetci. Ovaj teorijski postupak testiran je na primjeru crvenog i bliskog infracrvenog spektra vrućih para kalija (Slika 1.), za koji postoje vrlo točna apsorpcijska mjerena, te pouzdane elektronske potencijalne krivulje i elektronski dipolni momenti prijelaza.



Slika 1

PROJEKTI

Naslov projekta: *Fizika atoma i molekula u ekstremnim uvjetima*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352851-3213)

Glavni istraživač: R. Beuc (IF)

Vrijeme trajanja: 2008.-2011.

SURADNJA

01. *Raspršenje svjetlosti u papiru*

R. Beuc (IF), D. Modrić i K. Maretić (Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. R. Beuc, B. Horvatić, M. Movre,
*Semiclassical description of collisionally induced rainbow satellites:
a model study*
J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **43** (2010) 215210(1)-215210(14)

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. G. Gatalica,
Sustainable sources of energy, Brijuni, 2010.
(sudjelovanje)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. M. Movre
• *Fizika hladnih sudara*
predavač, doktorski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)
02. R. Beuc
• *Teorija optičkih spektara dvoatomskih sustava*
predavač, doktorski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)
• *Fizika*
predavač, dodiplomski studij, Zdravstveno veleučilište u Zagrebu
(2009./2010.)
03. G. Gatalica
• *Fizika 1 i 2*
asistent, dodiplomski studij, FKIT Zagreb
(2009./2010.)

MENTORSTVO

01. R. Beuc
• G. Gatalica, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
• H. Rakić, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
• Mentor pet završnih radova, Zdravstveno veleučilište u Zagrebu

OSTALO

01. M. Movre
• Članstvo u društvima: IOP, APS, AAPT
• Recenzija udžbenika fizike za Tehničko veleučilište u Zagrebu
02. R. Beuc
• v.d. pročelnika Katedre za fiziku, Zdravstveno veleučilište u Zagrebu
• Naslovno nastavno zvanje profesor visoke škole, Zdravstveno veleučilište u Zagrebu

GRUPA ZA TEORIJSKU ATOMSKU I
MOLEKULSKU FIZIKU

03. B. Horvatić

- Voditelj seminara Instituta za fiziku

04. G. Gatalica

- Otvoreni dani Instituta za fiziku (05.03.2010.)
- 41. međunarodna fizička olimpijada, Zagreb, Hrvatska (17.-25. 07 2010.)

VODITELJ

Dr. sc. Nazif Demoli

SURADNICI

Dr. sc. Kristina Šariri

VANJSKI SURADNICI

Mr. sc. Ivica Sović, PMF, Zagreb

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA

Početkom godine nabavljen je prostorni svjetlosni modulator na bazi tekućih kristala tipa LCoS. U okviru suradnje sa Sveučilištem u Strasbourg objavljen je rad s primjenom LCoS-a na optičku rekonstrukciju digitalnih holograma. Nastavljen je rad na razvoju holografskog mikroskopa. U okviru suradnje sa Stomatološkim fakultetom u Zagrebu objavljen je rad s polimerizacijskim skupljanjem kompozitnih materijala. Krajem godine obranjena je doktorska disertacija s temom analize osjetljivosti momenata slike s ciljem primjene na raspoznavanje uzoraka.

Nabava LCoS-a

Početkom godine nabavljen je prostorni svjetlosni modulator na bazi tekućih kristala tipa LCoS (Liquid Crystal on Silicon) kod kojega su ravnine tekućih kristala smještene između silicijske stražnje ravnine i staklene ploče (Slika 1).



Slika 1.

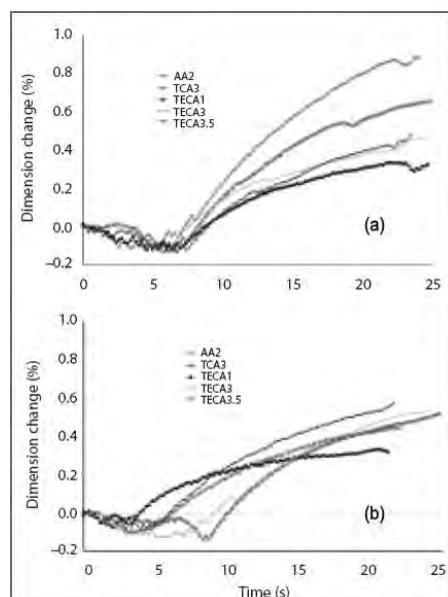
LCoS je upravljan kompjutorom u svojstvu drugog monitora, a modulira amplitudu i fazu upadne svjetlosti u refleksiji. Zahvaljujući svojim karakteristikama (razlučivanje: 1920×1080 , dijagonalna $0.55''$, dimenzija piksela: $6.4 \mu\text{m}$) LCoS postaje laboratorijski temeljni element za optičku rekonstrukciju digitalnih holograma. Jedna od planiranih primjena LCoS-a je optička rekonstrukcija digitalnih holograma i interferograma mikroskopskih objekata, nastala kao rezultat suradnje sa SAXS laboratorijem za kristalografsku i nanostruktturnu analizu (dr. sc. O. Milat). Preliminarno dobiveni interferogrami pokazuju strukturu utisnuća dobivenog Vickersovom piramidom pri mjerenu mikrotvrdoće različitih materijala.

Optička rekonstrukcija digitalnih holograma

U okviru suradnje sa Sveučilištem u Strasbourgu objavljen je rad u kojemu je demonstrirana upotreba LCoS-a za rekonstrukciju digitalnih holograma slike predmeta u realnom vremenu [1]. Kvaliteta rekonstruiranog signala proučavana je u relaciji različitih tipova izvora svjetlosti. Ustanovljeno je da se upotrebom bijelog svjetlosnog izvora (LED) mogu dobiti kvalitetnije rekonstrukcije optički zabilježenih digitalnih holograma i interferograma u odnosu na rekonstrukcije dobivene koherentnom rasvjetom (laser). Također je ustanovljena značajno kvalitetnija rekonstrukcija bijelim svjetlom u odnosu na monokromatsku rasvjetu kod prethodno obrađenih digitalnih holograma.

Polimerizacijsko skupljanje kompozitnih materijala

U okviru suradnje sa Stomatološkim fakultetom u Zagrebu objavljen je rad s rezultatima mjerena polimerizacijskog skupljanja kompozitnih materijala koji se koriste u stomatologiji uz primjenu dvaju LED izvora i različitih modova rasvjete [2]. Ustanovljeno je da se negativne posljedice polimerizacijskog skupljanja kao i popratnog porasta temperature kompozitnih materijala mogu umanjiti upotrebom programa lampe s nižim početnim intenzitetom rasvjete (usporedi slike 2a i 2b, gdje je kod 2b korišten 'soft-start' mod rasvjete). Za navedena mjerena korištena je poboljšana verzija laserskog interferometra.



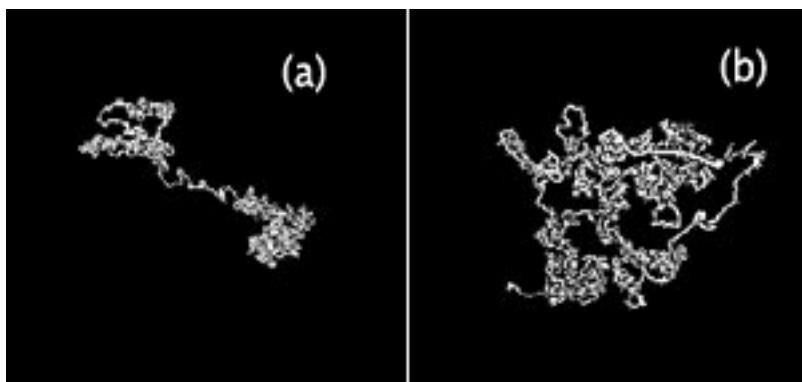
Slika 2.

Raspoznavanje 2D signala računanjem momenata slike

Dovršena je izrada kompjutorskog programa za izračun i statističku analizu momenata slike. Izdvojeni su momenti s najnižim omjerom standardne devijacije i srednje vrijednosti te su proglašeni komponentama vektora osjetljivosti. Utvrđeno je da vektori osjetljivosti mogu poslužiti kao novi skup numeričkih deskriptora dvodimenzionalnih (2D) signala koji dosadašnji postupak računanja i analize momenata znatno ubrzavaju i pojednostavljaju. Istraživanje je provedeno u okviru doktorskog rada znanstvene novakinje.

Obrana doktorske disertacije

Znanstvena novakinja dr. sc. Kristina Šariri obranila je doktorsku disertaciju te potpisala novi ugovor o radu na suradničkom radnom mjestu višeg asistenta. Problematika disertacije tretirala je osjetljivost momenata slike s ciljem primjene na raspoznavanje uzorka, a analizirani su znakovi s dvaju glagoljskih spomenika te tragovi puzanja ličinki mutiranih sorti vinske mušice. Slike 3a i 3b ilustriraju naizgled različite tragove koji pripadaju istoj klasi ličinki. Javna obrana održana je krajem godine na Fizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu.



Slika 3.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Razvoj digitalnih postupaka u holografiji i interferometriji*
Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352851-2854)
Glavni istraživač: N. Demoli (IF)
Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

SURADNJA

01. *Digitalna holografija*
N. Demoli (IF) i D. Vukičević (Université de Strasbourg, Francuska)
02. *Mjerenje polimerizacijskog skupljanja kompozitnih materijala laserskom interferometrijom*
N. Demoli (IF) i Z. Tarle (Stomatološki fakultet, Zagreb)

OBJAVLJENI RADOVI**ZNANSTVENI - REDOVNI**

01. N. Demoli, H. Halaq, D. Vukičević
White light reconstruction of image plane digital holograms
Opt. Express **18** (2010) 12675-12680

02. A. Knežević, K. Šariri, I. Sović, N. Demoli, Z. Tarle

Shrinkage evaluation of composite polymerized with LED units using laser interferometry

Quintessence Int. **41** (2010) 417-425

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. N. Demoli

- *Optika i holografija*
predavač, doktorski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)

MENTORSTVO

01. N. Demoli

- K. Šariri, doktorski rad:
"Analiza osjetljivosti momenata slike s ciljem primjene na problematiku raspoznavanja uzorka"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (24.11.2010.)

RECENZIRANJE

01. N. Demoli

- Optics Express, Optical Engineering, Chinese Optics Letters
- Inozemni znanstveni projekti

POPULARIZACIJA

01. N. Demoli, K. Šariri

- *Holografija*
Otvoreni dan Instituta za fiziku, Institut za fiziku, Zagreb (05.03.2010.)

OSTALO

01. N. Demoli

- Voditelj projekta e-škole: Koherentna optika
- Član povjerenstva za obranu doktorske radnje:
H. Halaq: Interferometrie holographique numérique en temps réel,
Sveučilište u Strasbourg (06.01.2010.)
- Članstvo u društvima: OSA, SPIE, HFD, HMD
- Pomoćnik ravnatelja Instituta za fiziku

VODITELJ

Dr. sc. Zlatko Vučić

SURADNICI

Dr. sc. Davorin Lovrić, dr. sc. Jadranko Gladić

ISTAKNUTI REZULTATI***OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA***

Glavni interes je kinetika rasta faceta monokristala Cu_{2-δ}Se, kristala s jednom od najbržih relaksacija površinskih fluktuacija. Pitanje je postoji li eruptivni rast na visokim temperaturama kao kod kristala ⁴He na mK temperaturama. Mjere se intrinsični energijski parametri preko volumena kristala te radijusa i radij vektora faceta. Bit metode je digitalna laserska interferometrija osnažena novokoncipiranom analizom interferograma. Treba istaći da je ovo prvo istovremeno interferometrijsko mjerjenje vertikalnog i lateralnog rasta facete uopće. Dio vremena posvećen je ekološkim temama.

Metoda mjerena rasta monokristala – ostvarena poboljšanja

Istraživanja sadrže složena višednevna mjerena geometrijskih parametara (ekvivalenta energijskih veličina) pri rastu kvaziravnotežnog kuglastog monokristala bakar selenida. Rast se odvija u uvjetima konstantnog dotoka Cu atoma na površinu, stalne temperature (600 do 800 K) i stalnog tlaka para Se, u peći s kontrolom temperature boljom od 1 K u specifično dizajniranoj kiveti. Digitalnom optičkom mikroskopijom mjeri se in situ promjer rastućeg kristala i promjer facete (razlučivost reda mikrometra). Istodobno digitalnom laserskom interferometrijom izravno se mjeri rast facete okomito na njenu površinu (razlučivost reda nanometra).

Metoda, uz niz izvornih poboljšanja u oblikovanju elemenata eksperimentalnog postava (Slika 1), u metodi analize 2D interferograma i u računalnoj podršci za prihvati, zapis i obradu interferograma i mikroskopskih slika, ostvaruje numeričku rezoluciju od 0,3 nm. Sistematska pogreška pri mjerenu „nultog“ signala na sobnoj temperaturi očituje se kao brzi šum amplitude manje od 0,5 nm i frekvencije 6 Hz (karakteristična frekvencija antivibracijskog stola).

Uzorkovanje s 30 slika/s omogućuje lako prepoznavanje i ovih smetnji, a i sporijih, izazvanih grijanjem (fluktuacije indeksa loma zraka zbog temperaturnih fluktuacija oko grijajuća). Naknadno moguće ih je ukloniti filtriranjem signala u frekventnoj domeni.

Tijekom rasta kristala uočeno je nekoliko problema koje smo sukcesivno otklanjali.

Uporabljen je novi frekventno stabilizirani HeNe laser, čime je izbjegnuto preskakanje između modova, karakteristično za stari nestabilizirani laser, koje je uzrokovalo prividne promjene faze, odnosno položaja promatranoj objekta (prividna amplituda 10-20 nm).

Oscilacije struje kroz grijajuću peć namotan na kvarcnoj cijevi nužno izazivaju vibracije uzorka u kiveti mehanički vezanoj uz peć. Kiveta s uzorkom je sada

LABORATORIJ ZA ISTRAŽIVANJE OBLIKA I KINETIKE RASTA RAVNOTEŽNIH KRISTALA SUPERIONSKIH VODIČA

smještena unutar peći na neovisnom ovjesu. Preostala je vrlo slaba mehanička veza s peći preko rahle staklene vune koja zatvara otvore oko kivete na dnu i vrhu peći u svrhu sprječavanja konvekcijskog strujanja topline.



Slika 1.

Eksperimentalna postava za mjerena rasta monokristala – peć s kivetom na neovisnom ovjesu, mikroskop i elementi za digitalnu lasersku interferometriju.

Poboljšana je temperaturna stabilnost peći ($\pm 0,25$ K) uz blagi aksijalni rast temperature prema vrhu peći kako bi se izbjegla neželjena sublimacija selena. Na mjestu uzorka temperaturni gradijent je minimalan (0,1 K/ 1 mm) sa svrhom osiguravanja minimalnog dotoka materijala u uvjetima nultog gradijenta kemijskog potencijala.

Mjerenjem na temperaturama do 800 K započeto je baždarenje metode mjerenjem temperaturnog rastezanja poznatog uzorka.

Poboljšana je konstrukcija nosača mikroskopa, čime je omogućeno fokusiranje tijekom rasta bez lateralnih pomaka vidnog polja.

Usavršavan je algoritam i ubrzana numerička obrada, što je od velikog značaja s obzirom na broj slika prikupljenih tijekom eksperimenta (30 slika/s tijekom prva 3 dana rasta daje 10^7 interferograma, uz slike s druge CCD kamere za mjerene dimenzije plohe i kristala).

Model globalnog rasta monokristala gotovo ravnotežnog oblika

Nastavlja se rad na interpretaciji rasta faceta u aproksimaciji globalnog rasta kristala i to u modelu tjeranog oscilatora (dotok materijala i energije) s kritičnim gušenjem (aktivacijski rast faceta). Jednadžba gibanja facete sadrži 3 realistične sile koje djeluju na facetu: vanjski nametnuti dotok materijala, termodinamičku silu koja sustav vraća u ravnotežu te silu 'trenja' koja se odupire globalnom rastu

zbog učestalo uspostavljenih potencijalnih barijera. Faceta je objekt s dva stupnja slobode gibanja: vertikalnim, okomito na ravninu facete nanošenjem novih slojeva molekula (uglavnom aktivacijski rast) i lateralnim, mijenjanjem radiusa (normalni rast specifično poznat kao 'kinetic facetting'). Istražujemo mikroskopske mehanizme koji dominiraju disipacijom kinetičke energije facete, odnosno, koji su odgovorni za trenje.

Za razumijevanje rasta kristala s facetama na mikroskopskoj razini potrebno je poznavati i mehanizam koji kontrolira priljev atoma bakra na površinu kristala u rastu. Taj proces određuje prostornu i vremensku, dakle dinamičku raspodjelu atoma Cu na i oko facete. U neravnotežnim termodinamičkim uvjetima rasta to je važna sastavnica procesa samoregulacije lokalne inducirane supersaturacije, koja je tijekom većeg dijela rasta odgovorna za rast kristala s facetama. Proces se proučava modelno, numeričkim rješavanjem jednadžbe difuzije s izvorom uz promjenjive rubne uvjete, tj. uz promjenjiv odnos veličine faceta i zakriviljenog dijela površine kristala.

Ekološke teme

Dio računske i mjerne metodologije primijenjen je na mjerjenje raspodjele ionizirajućeg zračenja u blizini nekih rendgena i utjecaja na profesionalno osoblje, te radioaktivnih čestica ispuštenih u okoliš. Mjerjenje uključuje implementaciju osobnog elektroničkog dozimetra (EOD) za mjerjenje vrlo niskih doza zračenja pri interventnoj radiologiji ili za kontrolu prtljage i pošiljaka u zračnim lukama.

Istražuje se i širenje slabo radioaktivnih čestica fosfogipsa s odlagališta u okoliš uporabom EOD uz koncept digitalizacije prostora. Pristup je podržan modelom difuzije uz odgovarajuće rubne uvjete. Posebni dio odnosi se na radiološke istražne radove na lokaciji bivše tvornice Jugovinil. Napravljena je studija o metodološkim i mernih postupcima za poboljšanje prostorne rezolucije pri površinskim pretraživačkim mjernjima brzine doze na odlagalištu nepoznatog radiološkog sastava.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Istraživanje oblika i kinetike rasta monokristala superionskih vodiča*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352851-3215)

Glavni istraživač: Z. Vučić (IF)

Vrijeme trajanja: 2008.-2011.

SURADNJA

01. Radioaktivnost okoliša i zaštita od zračenja

Z. Vučić (IF), G. Marović (IMI)

02. Uspostava elektronske dozimetrije uz rendgenske uređaje za kontrolu prtljage i pošiljaka MUP- Odjel za tehniku

Z. Vučić (IF), I. Prlić (IMI)

03. Radiološki istražni radovi na lokaciji bivše tvornice Jugovinil i u njezinoj okolini

Z. Vučić (IF), I. Prlić (IMI)

LABORATORIJ ZA ISTRAŽIVANJE OBЛИKA I KINETIKE RASTA RAVNOTEŽNIH KRISTALA SUPERIONSKIH VODIČA

04. *Modeliranje prijenosa čestica fosfogipsa s odlagališta smještenog na rub parka prirode Lonjsko polje u okoliš
Z. Vučić (IF), I. Prlić (IMI)*
05. *Implementacija osobnog dozimetra za mjerjenje dinamike ozračivanja profesionalnog osoblja pri interventnoj radiologiji niskim dozama rendgenskog zračenja
Z. Vučić (IF), I. Prlić (IMI)*

OBJAVLJENI RADOVI

STRUČNI

01. Z. Vučić, I. Prlić
Privremeno izvješće o izvršenim radioološkim istražnim radovima na lokaciji bivše tvornice "Jugovinil" i u njezinoj okolini
Izvješće za Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, 2. 2010.
02. Z. Vučić, I. Prlić
Dopuna Privremenog izvješća o izvršenim radioološkim istražnim radovima na lokaciji bivše tvornice "Jugovinil" i u njezinoj okolini
Izvješće za Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, 6. 2010.
03. Z. Vučić, I. Prlić
Privremeno izvješće o izvršenim radioološkim istražnim radovima na lokaciji bivše tvornice "Jugovinil" i u njezinoj okolini
Izvješće za Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, 8. 2010.
04. Z. Vučić, I. Prlić
Privremeno izvješće o izvršenim radioološkim istražnim radovima na lokaciji bivše tvornice "Jugovinil" i u njezinoj okolini
Izvješće za Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, 9. 2010.
05. Z. Vučić, I. Prlić
Privremeno izvješće o izvršenim radioološkim istražnim radovima na lokaciji bivše tvornice "Jugovinil" i u njezinoj okolini
Izvješće za Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, 12. 2010.
06. Z. Vučić
Istraživanje metodoloških i mjernih elemenata i postupaka u svrhu poboljšanja prostorne rezolucije pri površinskim standardnim pretraživačkim mjeranjima brzine doze iznad odlagališta nepoznatog radioološkog sastava
Izvješće za IMI, 2010

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. M. Surić-Mihic, Z. Vučić, I. Prlić, T. Meštrović
Occupational exposure characterization of various exposed workplace types - Dosimetric concept using active electronic dosimeters
IM 2010. European Conference on Individual Monitoring of Ionizing Radiation, Atena, Grčka, 2010. (poster)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

MENTORSTVO

01. Z. Vučić (svuđoditelj)

- I. Prlić, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
- T. Bituh, doktorski studij, Biološki odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. Z. Vučić

- Član programskog odbora 2. radionice Sekcije za industrijsku i primjenjenu fiziku HFD-a, Zagreb (26.02.2010.)

POPULARIZACIJA

01. Z. Vučić

- Koordinator projekta 'Fizika Ekspres' (projekt Studentske sekcije HFD-a)
- Službeni ocjenjivač na 41. međunarodnoj fizičkoj olimpijadi, Zagreb, Hrvatska (17-25.07.2010.)

OSTALO

01. Z. Vučić

- Član Upravnog odbora Hrvatskog fizikalnog društva
- v.d. voditelja Ljetne škole mladih fizičara HFD-a do svibnja 2010.
- Recenzent za časopis "Arhiv za higijenu rada i toksikologiju" Vol 61 /2010. posebno izdanje povodom simpozija pod naslovom 'Aktualna javnozdravstvena istraživanja o izloženosti elektromagnetskom zračenju, rukopis pod brojem 2048, IMI, Zagreb, Hrvatska

02. D. Lovrić

- Urednik internetskih stranica Instituta za fiziku, rad na uređivanju i prevođenju tekstova
- Rad na godišnjoj samoevaluaciji Instituta za fiziku
- Rad na evaluaciji IF-a prema Europskoj povelji za istraživače i Pravilniku o zapošljavanju

03. J. Gladić

- Osoba za kontakt na Institutu za fiziku za diseminaciju informacija o Okvirnim programima Europske unije za istraživanje i tehnološki razvoj.
- Član Povjerenstva za intelektualno vlasništvo (od 05.01.2011.)
- Prijevod na hrvatski engleskog teksta samoanalize Instituta za fiziku u svrhu tematskog vrednovanja
- Stručni suradnik knjižnice Instituta za fiziku

GRUPA ZA STATISTIČKU FIZIKU

VODITELJ

Dr. sc. Katarina Uzelac

SURADNICI

Dr. sc. Osor S. Barišić, Ivan Balog, dipl. inž., Juraj Szavits-Nossan, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

Dr. sc. Zvonko Glumac, Sveučilište J. J. Strossmayer, Osijek

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE

Radi se o teorijskim istraživanjima fluktuacijski dominiranih pojava i procesa pomoću različitih metoda koje uključuju analitičke račune, složene metode teorije mnoštva čestica poput renormaizacijske grupe, te numeričke simulacije. Istraživanja su obuhvatila nekoliko tematskih cjelina.

Neravnotežne pojave

Proučavani su fazni prijelazi u sustavima izvan ravnoteže na nekoliko odabranih poopcenja ASEP (Asymmetric Simple Exclusion Process) modela, kao primjera vođenih difuzivnih sustava. Polazeći od nedavno dobivenih analitičkih rezultata za utjecaj izoliranog defekta, istraživanja su proširena na analizu utjecaja punog zamrznutog nereda na prijelaze u ovim sustavima. S fokusom na utjecaj nereda na separaciju faza i stvaranje makroskopskih šokova analizirano je na nekoliko slučajeva ASEP modela u jednoj i dvije dimenzije, u kojima je bitno izmijenjena topologija u odnosu na standardni ASEP model u 1d. Pokazano je da u jednoj dimenziji niti uključivanjem dogudosežnih preskoka nije moguće izbjegi separaciju faza, dok u 2d ona nestaje u anizotropnoj granici u kojoj je vjerojatnost preskoka u smjeru vodjenja puno manja odnosu na onu u transverzalnom smjeru. Dio ovih rezultata je pripremljen za objavljivanje U JSTAT (J. Szavits-Nossan, K. Uzelac: Absence of phase coexistence in disordered exclusion processes with bypassing).

Nered i geometrijski aspekti faznih prijelaza

Razmatran je utjecaj zamrznutog nereda u okviru diskretnih modela na rešetci, gdje su geometrijski aspekti prijelaza iskorišteni za formulaciju skoro-ravnotežnog Monte-Carlo algoritma invazivnog grozda, koji na samoregulirajući način pronalazi kritičnu točku uz istovremeno generiranje ravnotežnog statističkog ansambla. Objavljen je rad u kojem su detaljno analizirana dinamička i kvazi-ravnotežna svojstva ovog algoritma. Prednosti tog algoritma iskorištene su za studiju utjecaja zamrznutog nereda na feromagnetski prijelaz, jer on uspješno rješava problem nedostatka usrednjavanja omogućujući opsežne simulacije na kritičnim temperaturama pojedinačnih konfiguracija nereda. Ovakav pristup je omogućio izdvojenu analizu termodinamičkih fluktuacija i

GRUPA ZA STATISTIČKU FIZIKU

fluktuacija u ansamblu nereda, što daje izravniji uvid u posebnosti ovog prijelaza. Ona je provedena na nekoliko karakterističnih slučajeva Pottsovog modela. Dio rezultata pripremljen je za objavljivanje (I. Balog, K. Uzelac, Quenched disorder, demixing of thermodynamic and disorder fluctuations, u pripremi).

Nule partijske funkcije

Za razliku od Isingovog modela, u Pottsovom modelu s više od dva stanja vanjsko polje nužno ne uništava fazni prijelaz. Ono dovodi do složenog faznog dijagrama koji uključuje fazne prijelaze 1. i 2. reda i trikriticne točke. Nule partijske funkcije u ravnini kompleksnog polja za ovaj su model vrlo slabo istražene, a čine znatno kompleksnije konture od kružnice. U aproksimaciji srednjeg polja smo dobili analitičko rješenje u zatvorenoj formi za nule partijske funkcije u kompleksnoj ravnini polja. Pokazali smo da se analizom nula najbližih realnoj osi mogu identificirati svi režimi kritičnog ponašanja u složenom faznom dijagramu, te dobiti pripadni kritični eksponenti. Rad je pripremljen za objavljivanje (Z. Glumac, K. Uzelac, Yang-Lee zeros and the critical behavior of the mean-field Potts model).

Niskodimenzionalni kvantni modeli

Tijekom 2010. godine privedena su kraju istraživanja svojstva spinskih lanaca sa statičkim i dinamičkim nečistoćama. Ova istraživanja u 2010. godini objavljena su u dva rada u Phys. Rev. B. Prvi je onaj u suradnji s prof. dr. P. Prelovšekom s Instituta Jožef Stefan u Ljubljani u Sloveniji, pod naslovom "Conductivity in a disordered one-dimensional system of interacting fermions". Drugi je nastao u suradnji i sa grčkom grupom prof. dr. X. Zotosa i nosi naslov "Thermal transport in a spin-1/2 Heisenberg chain coupled to a (non) magnetic impurity". Razmatrane su mogućnosti daljnje suradnje i predložene ideje duž kojih bi se pravaca mogla nastaviti istraživanja. Tijekom 2010. godine u časopis Phys. Rev. B poslan je rad pod naslovom "Bipolarons and polarons in the Holstein-Hubbard model: Analogies and differences" nastao u suradnji s prof. dr. S. Barišićem s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. Rad je na recenziji, a obuhvaća rezultate dobivene Metodom relevantnih koherentnih stanja koja je s polaronskog proširena na bipolaronski problem. Intenzivna istraživanja nastavljena su i na temi svojstava visokotemperurnih supravodiča, gdje je unutar Emerijevog modela izведен dijagramatski račun uz uvođenje pomoćnih čestica. Dio ovih istraživanja obuhvaćen je radom koji je u pripremi pod naslovom "Locally gauge invariant theory of large U_d high- T_c cuprates".

PROJEKTI

Naslov projekta: *Kritične pojave i sustavi izvan ravnoteže*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0000000-3187)

Glavni istraživač: K. Uzelac (IF)

Vrijeme trajanja: 2008.-2011.

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. I. Balog, K. Uzelac
Equilibriumlike invaded cluster algorithm: critical exponents and dynamical properties
Phys. Rev. E **81** (2010) 041111(1)- 041111(10).
02. O. S. Barišić, P. Prelovšek
Conductivity in a disordered one-dimensional system of interacting fermions
Phys. Rev. B **82** (2010) 161106(R)(1)- 161106(R)(4)
03. A. Metavitsiadis, X. Zotos, O. S. Barišić, P. Prelovšek
Thermal transport in a spin-1/2 Heisenberg chain coupled to a (non) magnetic impurity
Phys. Rev. B **81** (2010) 205101(1)- 205101(6)

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. J. Szavits-Nossan, K. Uzelac
Disordered exclusion process with long-range hopping
35th Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics,
Abbaye des Prémontrés, Pont-à-Mousson, Francuska (15-19.03.2010.)
(poster)
02. I. Balog
Beg Rohu Summer School - Concepts and Methods of Statistical Mechanics
St. Pierre Quiberon, Francuska (23.08-04.09. 2010.)
(sudjelovanje)
03. O. S. Barišić, P. Prelovšek
Transport in disordered one-dimensional system of interacting electrons
Workshop "Transport phenomena in low dimensional quantum magnets",
Kolymbari in Crete, Grčka (24.-27.09.2010.)
(predavanje)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. K. Uzelac
 - *Napredna statistička fizika*
predavač, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)
02. J. Szavits-Nossan
 - *Vježbe iz kolegija Napredna statistička fizika*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)
03. I. Balog
 - *Vježbe kolegija Osnove fizike čvrstog stanja*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)

MENTORSTVO

01. K. Uzelac

- I. Balog, doktorski studij Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
- J. Szavits-Nossan, doktorski studij Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. K. Uzelac

- Članica International Advisory Board za MECO35, 35th Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics, Abbaye des Prémontrés, Pont-à-Mousson, Francuska (15.-19.3.2010.)

RECENZIRANJE

01. K. Uzelac

- Physical Review B, Physical Review E, Physical. Review Letters, Physica A, Physics Letters

02. O. S. Barišić

- Physical Review B, Physical. Review Letters, European Physical Journal, Europhysics Letters

OSTALO

01. K. Uzelac

- Članstvo u društvima American Physical Society, Societe Francaise de Physique

GRUPA ZA MODELIRANJE ELEKTRONSKIH PROCESA I UREĐAJA

VODITELJ

Dr. sc. Eduard Tutiš

SURADNICI

Ivan Jurić, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

Prof. dr. sc. Ivo Batistić, PMF Zagreb, prof. dr. sc. Ante Bilušić, PMF Split

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE

Modelirani sustavi obuhvaćaju neuređene materijale na bazi organskih molekula i polimera, složene anorganske sustave na granici između kristalnog uređenja i neuređenosti, te kristalne sustave niske dimenzionalnosti. Promatran je utjecaj konfiguracija atoma ili njihove dinamike na elektronska stanja, njihovu raspodjelu u energiji, i manifestacije istih u transportnim svojstvima.

Organski neuređeni materijali i na njima zasnovani uređaji

Nedostatak jednostavne konceptualne slike elektronskog ansambla u jakom polju u neuređenim organskim materijalima motivirao je opsežne numeričke simulacije i parametrizaciju svojstava ansabla u polju, te ispitivanje upotrebljivosti koncepta efektivne temperature u stanju daleko od ravnoteže. Nađeno je da je takva slika manjkava, te joj je suprotstavljena slika jake filamentacije električne struje u prostoru. Za 1d filament je objavljeno egzaktno rješenje za efektivnu temperaturu. Također je objavljena prva trodimenzionalna simulacija rada memorijskog uređaja na osnovi neuređenih organskim materijala s ugrađenim nanočesticama metala.

Natjecanje elektronskih faza u slojastim kristalima

Provedene su proračuni elektronskih vrpcija, kohezije i utjecaja jakih elektronskih međudjelovanja na spinska stanja nekih interkalata za dihalkogenide prijelaznih metala, te su iste dovedene u korelaciju s nedavnim eksperimentima. Razvijene su metode promatranja složenih superstruktura u sustavima s jakom elektron-fonon i elektron-elektron interakcijom. To omogućuje da se nađu i ispitaju nove stanja u kojima se elektronske faze materijala isprepliću u prostoru. Proračuni optičkih i transportnih svojstava zahtijevaju modeliranje fluktuacija oko dobivenih nehomogenih stanja, na čemu se također napredovalo.

Transport u kompleksnim inermetalicima

Korijenski pseudoprocijep oko Fermijevog nivoa u kompleksnim metalnim materijalima identificiran je kao zajedničko svojstvo nekoliko kompleksnih intermetalika, kao što su Taylor-phase $T\text{-Al}_{73}\text{Mn}_{27}$ i $T\text{-Al}_{72.5}\text{Mn}_{21.5}\text{Fe}_6$. Analiza u okviru Kubo-Greenwood pristupa pokazuje da je takav oblik pseudoprocijepa u

osnovi je neanalitičkog, nemetalnog temperaturnog ponašanja transportnih koeficijenata na niskim temperaturama.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Modeliranje fizikalnih svojstava materijala s izraženom frustracijom ili neredom*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352826-2847) Glavni istraživač: E. Tutiš (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *New electronic states driven by frustration in layered materials*

Vrsta projekta: UKF

Glavni istraživači: E. Tutiš (IF), L. Forró (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Švicarska)

Vrijeme trajanja: 2010.-2012.

SURADNJA

01. Laboratoire de Physique des Lasers, Institut Galilée, Université Paris 13, Francuska

02. Laboratoire de photonique quantique et moléculaire, Ecole Normale Supérieure de Cachan, Pariz, Francuska

03. Laboratory of Physics of Complex Matter, EPFL, Lausanne, Švicarska

04. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Njemačka

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. H. Houili, E. Tutiš, R. Izquierdo

Modeling nanoparticle embedded organic memory devices

Organic electronics **11** (2010) 514-520

02. I. Jurić, I. Batistić, E. Tutiš

Beyond the effective temperature: The electron ensemble at high electric fields in disordered organics

Phys. Rev. B **82** (2010) 165205(1)-165205(11)

ZNANSTVENI - KONFERENCIJSKI

01. E. Tutiš, I. Jurić, I. Batistić

Particle-Energy distribution and effective temperature for the hopping transport in one-dimensional disordered system

Croatica Chemica Acta **83** (2010) 87-94

02. P. Popcevic, I. Batistic, E. Tutis, K. Velebit, M. Heggen, M. Feuerbacher

The Generalization of the Kinetic Equations and the Spectral Conductivity Function to Anisotropic Systems: Case T-Al_{72.5}Mn_{21.5}Fe₆ Complex Metallic Alloy

Croatica Chemica Acta **83** (2010) 95-100

03. I. Batistić, D. Stanić, E. Tutiš

Transport and spectral properties of Taylor-phase T-Al₇₃Mn₂₇ complex intermetallic

Croatica Chemica Acta **83** (2010) 43-47

STUDIJSKI BORAVCI

01. E. Tutiš

- Ecole Normale Supérieure, Cachan, Pariz, Francuska
(pozvani predavač, ukupno mjesec dana u 2010. godini)
- Laboratory of Physics of Complex Matter , EPFL, Lausanne, Švicarska
(više kratkih posjeta u okviru UKF projekta)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. E. Tutiš

- *Fizika poluvodiča*
predavač, doktorski studij, PMF Zagreb
(2009./2010.)

MENTORSTVO

01. E. Tutiš

- I. Jurić, doktorski studij Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

RECENZIRANJE

01. E. Tutiš

- Physical Review B

VODITELJ

Dr. sc. Đuro Drobac

SURADNICI

Dr. sc. Mirta Herak

VANJSKI SURADNICI

Dr. sc. Marko Miljak, znanstvenik u mirovini

ISTAKNUTI REZULTATI**OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE**

U okviru teme MZOŠ projekta u laboratoriju su nastavljena istraživanja niskodimenzionalnih magneta. Detaljno su istraživani sustavi CuSeO_3 , CuSe_2O_5 i $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ mjerenjima magnetske susceptibilnosti i momenta sile. Mjerenjima susceptibilnosti na TaS_3 (u suradnji s grupom K. Biljaković) i magnetske anizotropije na organskom vodiču TTF-TCNQ (u suradnji s B. Hamzić i M. Čulom) pokušalo se zaći u svijet valova gustoće naboja i organskih vodiča. Slab odziv i feromagnetske nečistoće zasad su omele taj pokušaj, ali moguć je nastavak istraživanja u budućnosti.

CuSeO₃

Istraživanja CuSeO_3 su rađena u suradnji s I. Živkovićem s IF-a (ac susceptibilnost), D. Pajićem s PMF-a (SQUID mjerjenja) i D. Đokićem s EPFL-a u Lausanni (ESR). U našem laboratoriju mjerena je dc magnetska susceptibilnost praha i moment sile monokristala. Fizikalna svojstva ovog spoja, osim kristalne strukture, nisu dosad bila istraživana. Magnetska susceptibilnost ukazuje da se radi o niskodimenzionalnom antiferomagnetu s mogućim kompeticijama antifero i fero interakcija. Usprkos niskodimenzionalnosti, sustav se uređuje dugodosežno antiferomagnetski pri Neelovoj temperaturi od 8.5 K. Uređenje je linearno antiferomagnetsko, a određen je i smjer lake osi. Magnetska anizotropija ukazuje na dvije neobične osobine ovog spoja: micanje magnetskih osi s promjenom temperature u paramagnetskom stanju te moguće postojanje anizotropije energije izmjene. Micanje magnetskih osi postoji i u uređenom stanju, ali je malo. Međuigra ovih efekata odredit će osnovno stanje ovog sustava: promjena kristalne simetrije može mijenjati magnetsku rešetku i/ili iznos energije izmjene. Anizotropija energije izmjene u ovom spoju može biti simetrična i/ili antisimetrična i određuje konačan oblik magnetske rešetke u uređenom stanju. Iz razmatranja Cu-O-Cu veza predložena je magnetska rešetka koja se sastoji od kvaziizoliranih spinskih tetramera. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da se radi o sustavu s izraženim kvantnim fluktuacijama.

LABORATORIJ ZA STATIČKA MAGNETSKA MJERENJA

CuSe₂O₅

U suradnji s prof. dr. D. Arčonom i dr. sc. Andrejem Zorkom s Instituta Jožef Stefan u Ljubljani započeto je istraživanje novog jednodimenzionalnog Heisenbergovog antiferomagneta CuSe₂O₅. U našem laboratoriju napravljena su detaljna mjerena magnetske anizotropije ovog sustava. Mjerena pokazuju da nema micanja magnetskih osi, ali temperaturne ovisnosti anizotropije susceptibilnosti pokazuju postojanje jake anizotropije energije izmjene. Uređeno stanje je kolinearno antiferomagnetsko u niskim poljima ($H < 1\text{ T}$) s lakovom osi u smjeru kristalografske osi b. Iz deformacije mjerena kutnih ovisnosti momenta sile određena je vrijednost spin flop polja od 1.3 T. Pitanje tipa jake anizotropije energije izmjene može se riješiti samo upotreborom lokalnih proba poput ESR i NMR. U okviru dogovorenog postdoktorskog boravka M. Herak se prijavila na natječaj HRZZ za postdoc stipendiju koja joj je odobrena početkom 2011., a odobreno je i financiranje slovenske zaslade Ad Futura. Cilj postdoktorskog boravka je proučavanje osnovnog stanja CuSe₂O₅ tehnikama magnetske rezonancije (ESR, NMR...).

Ca₃Co₂O₆

Ca₃Co₂O₆ je niskodimenzionalni sustav koji se, za razliku od dva gore navedena spoja, ne može opisati izotropnim Heisenbergovim hamiltonijanom, već je primjereno Isingov hamiltonian. U našem laboratoriju napravljena su mjerena anizotropije u niskim magnetskim poljima. Ogromna anizotropija susceptibilnosti u paramagnetskom stanju dolazi od tzv. single ion anisotropy kobaltovog iona. CoO₆ oktaedri tvore lance duž kristalografske osi c, a sami lanci tvore trokute što vodi do frustracije među spinovima sa susjednih lanaca. Prisustvo frustracije može dovesti do zanimljivih osnovnih stanja koja mogu pokazati i jaku osjetljivost na primjenjeno magnetsko polje. Ispod 24 K dolazi do prelaza u uređeno stanje, koje se mijenja pri nižim temperaturama ovisno o primjenjenom magnetskom polju. Ovo je osobito zanimljivo jer su primjenjena magnetska polja bila vrlo mala (oko 100 Oe). Očekuju se daljnja istraživanja na ovom sustavu.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Defekti i interakcije izmjene u nižedimenzionalnim ($D < 3$) magnetskim sistemima*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352843-2846)

Glavni istraživač: Đ. Drobac (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

OBJAVLJENI RADOVI**ZNANSTVENI - REDOVNI**

01. M. Herak, M. Miljak, G. Dhaliene, A. Revcolevschi

Easy plane anisotropy in Bi₂CuO₄

Journal of Physics: Condensed Matter **22**, (2010), 026006(1)- 026006(13)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. M. Herak

- *Magnetic anisotropy of antiferromagnets with domains*
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(09.06.2010., seminar)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. M. Herak

- *Početni fizički praktikum 1*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010., zimski semestar)
- *Fizički praktikum za kemičare*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010., ljetni semestar)

STUDIJSKI BORAVCI

01. M. Herak

- Paul Scherrer Institute, Villigen, Švicarska
(17.-20.10.2010.)

LABORATORIJ ZA MAGNETSKU AC SUSCEPTIBILNOST

VODITELJ

Dr. sc. Mladen Prester

SURADNICI

Dr. sc. Đuro Drobac, dr. sc. Željko Marohnić, dr. sc. Ivica Živković

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE

U laboratoriju se odvija više vrsta aktivnosti - istraživanje fundamentalnih magnetskih svojstava i interakcija u novim, interesantnim magnetskim sistema ($\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$, $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$, $\text{Fe}_8\text{Te}_{12}\text{O}_{32}\text{Cl}_6$, $\text{Yb}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$, SeCuO_3), koncipiranje i izrada novih uređaja za magnetska mjerena, metodološko unaprijeđivanje postojećih metoda za ac susceptibilnost i dinamičke histereze, te savjetodavna i infrastrukturna podrška komercijalnoj spin-off inicijativi IF-a (CryoBIND). Navedene aktivnosti odvijaju se u finansijskim i programskim okvirima jednog projekta MZOŠ-a te dva primjenjena projekta tipa UKF i BICRO.

Magnetska dinamika oxihalida $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$

U 2009.g. postavljeni su temelji za razumijevanje bogate magnetske dinamike ovog novog oxihalida u okvirima generalnog Debye-evog modela za spin-reversal koji se dešava u režimu Arrhenius-Néel-Brown toplinske aktivacije s neobično velikom aktivacijskom energijom (200 K). Tokom prošle godine razvijen je pristup koji omogućava primjenu tog generalnog modela na kvantitativnu interpretaciju mjerenih dinamičkih histereza $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$ sistema. Ponovno su izmjerene brojne serije dinamičkih histereza u režimu konstantne temperature (T), frekvencije (f) i amplitude mjernog ac polja (Hac). Ti su rezultati potom uspoređeni sa kvantitativnim predviđanjima modela te je zaključeno da se snažna ovisnost dinamičkih histereza o parametrima T,f,Hac može jednostavno i uspješno objasniti predloženim modelom u kojem je ovisnost o navedenim parametrima uključena samo u efektivno relaksaciono vrijeme.

Novi mjerni uređaji za magnetska mjerena

U prvoj polovici godine razrađivan je osnovni design cryogen-free uređaja za ac susceptibilnost. Nakon prihvatanja BICRO projekta u drugom dijelu godine pokrenuto je pripremanje patentne prijave i praktična realizacija prototipa kriostata s PTR tipom hlađenja.

U sklopu UKF projekta Ivica Živković je radio na razvoju metode mjerena magnetizacije na ultra niskim temperaturama (ispod 1 K) koristeći SQUID-pojačalo. Za pomicanje uzorka kroz detekcijske zavojnice koristi se piezo-motor te je cijeli setup moguće lagano montirati i demontirati na dilucioni hladnjak.

Metodološko raščlanjivanje parametara u mjerajima ac susceptibilnosti

Od uvođenja digitalnih dvokanalnih fazno osjetljivih detektora i omogućavanja mjerjenja Fourierovih komponenti fazno pomaknutih anharmoničkih signala postoji ozbiljan eksperimentalni problem: pod kojom fazom treba mjeriti n-ti harmonik da ne dođe do miješanja komponenti? Kad je Keithley nedavno uveo ac strujni izvor 6221 s mogućnošću slobodnog postavljanja faznog markera za sinusni, pravokutni, pilasti i proizvoljni oblik napona moguće rješenje je postalo eksperimentalno provjerljivo. Izračunate su egzaktne formule napona u dva kanala koje mjeri fazno osjetljivi detektor, razvijeno je numeričko simuliranje procesa mjerjenja i nekoliko tipičnih signala (uključujući i ac susceptibilnost histereznih uzoraka) je generirano kao "arbitrary waveform" u 6221 izvoru i eksperimentalno provjeroeno. Sve ovo je testirano na nekoliko digitalnih (Signal Recovery 7225, 7265, 7280; Stanford Research 830) i jednom analognom (PAR 5210) fazno osjetljivom dvokanalnom detektoru. Pisanje rada o ovom je pri kraju.

Magnetizam niskodimenzionalnih i frustriranih sustava (Ivica Živković)

$\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ se sastoji od heksagonalne mreže feromagnetski uređenih lanaca vezanig AF interakcijom, što dovodi do frustracije i iznimno bogate magnetske dinamike. Proučavana je frekventna ovisnost te je usporedbom sa SANS rezultatima zaključeno o postojanju kratkodosežno uređenih klastera.

Započeto je istraživanje heksagonalnog kvazi-dvodimenzionalnog sustava $\text{Fe}_8\text{Te}_{12}\text{O}_{32}\text{Cl}_6$. Magnetizacija pokazuje uređivanje ispod 30K i moguće magnetoelektrično vezanje. Izmjerena je susceptibilnost magnetski frustranog $\text{Yb}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$. Prijelaz na oko 150 mK koja pokazuje frekventnu ovisnost i staklasto uređenje, premda ne postoji strukturalna neuređenost.

Rad na SeCuO_3 sustavu pokazuje karakteristike niskodimenzionalnog magnetizma. Dr. Herak je izmjerila anizotropiju sustava te je uz mjerjenja magnetizacije (dr. Damir Pajić) utvrđeno uređivanje ispod 8 K kao antiferomagneta sa magnetskim momentima duž (1 0 -1) smjera. Pred kraj godine sam počeo pisati članak u koji će biti uključena ESR mjerena i QMC proračuni od strane kolega sa EPFL, Švicarska.

Tehnička pomoć radu Kriogenog postrojenja Instituta

Tijekom prošle godine razvijen je program za nadziranje i kontrolu rada ukapljivača helija. Program omogućava prikupljanje više parametara: temperature na četiri pozicije i tlaka na dvije pozicije unutar samog ukapljivača, zatim temperature dva kompresora, tlaka na linijama spremnika čistog i korištenog helija i nivoa ukapljene tekućine. Iz promjene tlaka na spremnicima računa se brzina ukapljivanja. Sve ove veličine se prikazuju kao funkcije realnog vremena te pohranjuju na spremnik podataka za kasniju analizu. Programski je već ostvarena mogućnost prikupljanja podataka o položaju ventila kao i upravljanja JT ventilom.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Kvantni magneti: Osnovna stanja u kompeticiji*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352843-2845)

Glavni istraživač: M. Prester (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Magnetization of quantum magnets at ultra low temperatures*

Vrsta projekta: UKF, 3A 'My first research topic' Grant 3A, 55

Glavni istraživač: I. Živković (IF)

Vrijeme trajanja: 2009.-2011.

Naslov projekta: *Nova generacija kriostata za ac susceptibilnost*

Vrsta projekta: BICRO (POC_01_05-U-1)

Glavni istraživač: M. Prester (IF)

Vrijeme trajanja: 2010.-2011.

SURADNJA

01. I. Živković i H. Ronnow (EPFL, Lausanne, Švicarska)

02. I. Živković, M. Prester i K. Prša (ETH, Zürich i Paul Scherrer Institute, Villigen, Švicarska)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. I. Živković, K. Prša, O. Zaharko, H. Berger

Ni₃TeO₆ - a collinear antiferromagnet with ferromagnetic honeycomb planes
Journal of Physics: Condensed Matter **22**, (2010), 056002(1)- 056002(5)

02. J. Lago, I. Živković, B. Z. Malkin, J. Rodriguez Hernandez, P. Ghigna, P. Dalmas de Reotier, A. Yaouanc, T. Rojo

CdEr₂Se₄: A New Erbium Spin Ice System in a Spinel Structure
Phys.Rev. Lett. **104** (2010) 247203(1)- 247203(4)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. I. Živković

- *Praktikum za inženjere kemije*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010., ljetni semestar)
- *Napredni fizički praktikum 1*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2010./2011., zimski semestar)

MENTORSTVO

01. I. Živković

- I.Levatić, seminarски rad:
"Metamagnetski prijelaz u Ca₃Co₂O₆"
Fizički odsjek, PMF Sveučilište u Zagrebu

GOSTOVANJA

01. H. Ronnow

EPFL, Lausanne, Švicarska
(13.-15.06.2010.)

02. M. Mueck

University of Giessen, Giessen, Njemačka
(21.-24.07.2010.)

POPULARIZACIJA

01. Đ. Drobac

- *Galileo – svjetlo novog doba*
Popularno predavanje u I. gimnaziji u Zagrebu (16.11.2010.)

OSTALO

01. M.Prester i Đ.Drobac

- Savjetodavne aktivnosti aplikativnog karaktera u okviru suradnje IF-a i poduzeća CryoBIND-Sistemprojekt

02. Ž. Marohnić

- Član povjerenstva Državnog natjecanja iz fizike za osnovne i srednje škole
- Član povjerenstva za izbor i pripreme hrvatske ekipe za Međunarodni turnir mladih fizičara (IYPT)

GRUPA ZA DIELEKTRIČNU SPEKTROSKOPIJU I MAGNETOTRANSPORTNA SVOJSTVA

VODITELJ

Dr. sc. Silvia Tomić

SURADNICI

Dr. sc. Bojana Hamzić, dr. sc. Tomislav Vuletić, Tomislav Ivec, dipl. inž., Matija Čulo, dipl. prof., Danijel Grgičin, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

Dr. sc. Sanja Dolanski Babić, Medicinski fakultet, Zagreb

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA

Krajem godine nabavljena je oprema za gel elektroforezu za rad u laboratoriju za biološku fiziku. U laboratoriju za magnetotransportna mjerena nabavljen je novi izvor struje za supravodljivi magnet (Cryogenic SMS120C-4Q).

Istraživanja u području fizike kondenzirane materije I

Istraživanja elektrodinamike (dc područje do 1000 cm^{-1}) organskog vodiča s jakim korelacijama α -(BEDT-TTF)₂I₃ su pokazala da na metal-izolator faznom prijelazu dolazi do naglog formiranja statičkog uređenja naboja i do naglog pada optičke vodljivosti; iznad prijelaza uočene su široke intramolekularne vibracije infracrvenog moda v_{27} koje se mogu pridjeliti fluktuacijama uređenja naboja formiranog na malim skalama, dok se naglo ispod prijelaza uočava cijepanje moda u dva para vrpci iz kojeg se može procijeniti raspodjela naboja po četiri molekule unutar jedinične ćelije; snižavanjem temperature dolazi do jakog razvoja anizotropije u vodljivosti i dc procjepa te do istovremene pojave dva procesa dielektrične relaksacije u kHz-MHz području. Pokazano je da se dobiveni rezultati mogu najbolje razumjeti ako se prihvati da je faza horizontalnih pruga naboja u ovom sistemu ustvari kooperativni val gustoće naboja i veza sa feroelektričkom oznakom. Rad je predstavljen na ICSM2010 u Kyoto i poslan je na recenziju u Physical Review B.

Istraživanja u području fizike kondenzirane materije II

Završena su istraživanja Hall efekta organskog kvazi-jednodimenzionalnog vodiča TTF-TCNQ. Dok je na visokim temperaturama vodljivost za sva tri kristalografska smjera metalnog tipa, ispod 60K dolazi do serije faznih prijelaza te materijal postepeno prelazi u stanje izolatora. Dosadašnji rezultati iz literature (samo na visokim temperaturama) bili su različiti kako u predznaku Hallovog koeficijenta, tako i u iznosu te interpretaciji. Ustanovili smo da je detaljno istraživanje geometrije mjerena kod anizotropnih sustava presudno za postizanje točnih rezultata. Rezultati mjerena pokazali su isčešavanje Hallovog koeficijenta na visokim temperaturama što implicira podjednak doprinos transportu TTF (nosioci naboja su šupljine) i TCNQ (nosioci naboja su elektroni) lanaca, dok je na nižim temperaturama dobivena jasna potvrda prisustva sva tri fazna prijelaza. Rad je predstavljen na ICSM2010 u Kyoto i poslan je na recenziju u Physical Review B.

Istraživanja u području fizike meke materije I

Izvršena su mjerjenja vodljivosti i dielektrične relaksacije sintetskog polimera Na-PSS visoke fleksibilnosti ($N=340$) u razrijeđenom režimu. Analiza podataka mjerjenja dielektrične spektroskopije je dala ponašanje korelacijske dužine blisko teorijskom očekivanju. Problemi analize na niskim frekvencijama traže dalja mjerjenja Na-PSSa različitih stupnjeva polimerizacije. Započeta su istraživanja dinamike DNA otopina u granici privlačnih kulonskih interakcija. Pripremljeni su uzorci Mg-DNA koristeći nekoliko različitih protokola pripreme, izvršena je njihova karakterizacija metodom UV spektrofotometrije i izvršena su mjerjenja dc električne vodljivosti i kompleksne vodljivosti u širokom frekventnom području. Analiza preliminarnih rezultata je ukazala na povećanu stabilnost Mg-DNA u granici niske soli (u odnosu na Na-DNA) u skladu s teorijskim predviđanjima. Rad je predstavljen na 5thCBW u Ptuju.

Istraživanja u području fizike meke materije II

Odredili smo stupanj Manning kondenzacije za razrijeđenu otopinu štapićaste DNA od ~ 150 parova baza. Mjerena konduktometrije i FCSa dala su eksperimentalnu potvrdu (prvu nakon rezultata osmotskog tlaka) 4 desetljeća starog Manningovog teorijskog rezultata. Također smo u našim rezultatima prepoznali eksperimentalnu potvrdu postojanja tzv. srednje, "intermediate" DNA. Naime, uočili smo kako DNA u području koncentracija 0.05-1 g/L, u uvjetima vrlo niske dodane soli ima difuzijski koeficijent manji od nativne DNA. Zaključili smo da takva DNA nije niti denaturirana ssDNA niti nativna dsDNA već se kod te DNA javljaju tzv. mjeđuhrići – dvostruka uzvojnica je djelomice otvorena i stoga izduljena, što izaziva rečeno smanjenje difuzijskog koeficijenta. Ovaj rad prezentiran je seminarom na Universitaet Erlangen, priopćenjem na 5th CBW2010 u Sloveniji i posterom na RBC skupu u Primoštenu. Krajem godine, dva su zasebna rada na gornje teme predana na recenziju u Phys.Rev. E. Karakterizirane su površine funkcionalizirane streptavidinom upotrebom STMa na zraku u suradnji s V.M.Trontl.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Jako korelirani anorganski, organski i biomaterijali*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0000000-2836)

Glavni istraživač: S.Tomić (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Frequency-Dependent Conductivity of Charge Ordering Phases of Two-Dimensional Organic Metals: Search for the Anisotropic Dispersion and Collective Excitations*

Vrsta projekta: DFG, DR 228/29-1

Glavni istraživači: S. Tomić (IF) i M.Dressel (Sveučilište u Stuttgartu, Njemačka)
Vrijeme trajanja: 2008.-2010

Naslov projekta: *Protein Assisted DNA Monolayer Assembly*

Vrsta projekta: UKF, 3A "My First Research Topic" Grant - 22/08

Glavni istraživač: T. Vučetić (IF)

Vrijeme trajanja: 2008.-2010.

GRUPA ZA DIELEKTRIČNU SPEKTROSKOPIJU I MAGNETOTRANSPORTNA SVOJSTVA

SURADNJA

01. *Galvanomagnetska svojstva organskih vodiča u jakim magnetskim poljima*
B.Hamzić (IF), A.Hamzić i M.Basletić (FO, PMF, Zagreb)
02. *Istraživanja dinamike biopolielektrolita*
S.Tomić, T.Vuletić (IF) i R. Podgornik (Sveučilište u Ljubljani i Institut J.Stefan, Slovenija)
03. *Istraživanje biomimetičkih struktura*
T. Vuletić (IF), A.S. Smith (Sveučilište u Erlangenu, Njemačka)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. T. Vuletić, S. Dolanski Babić, T. Ivec, D. Grgićin, S. Tomić, R. Podgornik
Structure and dynamics of hyaluronic acid semidilute solutions: A dielectric spectroscopy study
Phys.Rev.E **82** (2010) 011922(1)-011922(10)
02. T. Ivec, B. Korin-Hamzić, O. Milat, S. Tomić, C. Clauss, N. Drichko, D. Schweitzer, M. Dressel
Collective excitations in the charge-ordered phase of α -(BEDT-TTF)₂I₃
Phys.Rev.Lett. **104** (2010) 206406(1)-206406(4)

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. S. Tomić, D. Grgićin, T. Ivec, S. Dolanski Babić, T. Vuletić, R. Podgornik
Dynamics and structure of biopolyelectrolytes characterized by dielectric spectroscopy
18th European Symposium on Polymer Spectroscopy, Zadar, 2010.
(pozvano predavanje)
02. S. Tomić, T. Vuletić, S. Dolanski Babić, T. Ivec, D. Grgićin, F. Livolant, R. Podgornik
Dynamics and Screening in Na-DNA Aqueous Solutions: A Dielectric Spectroscopy Study
The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals ICSM2010, Kyoto, Japan, 2010. (predavanje)
03. T. Ivec, B. Korin-Hamzić, O. Milat, S. Tomić, C. Clauss, N. Drichko, D. Schweitzer, M. Dressel
Collective Excitations in the Charge-Ordered Phase of α -(BEDT-TTF)₂I₃
The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals ICSM2010, Kyoto, Japan, 2010. (predavanje)
04. B. Korin-Hamzić, E. Tafra, M. Basletić, M. Čulo, A. Hamzić, C. S. Jacobsen
Hall Effect in TTF-TCNQ
The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals ICSM2010, Kyoto, Japan, 2010. (poster)
05. T. Vuletić, S. Dolanski Babić, T. Ban, J. Raedler, F. Livolant, S. Tomić
DNA melting in very low salt: intermediate DNA
5th Christmas Biophysics Workshop, Ptuj, Slovenija, 2010. (predavanje)

06. D. Grgićin, S. Dolanski Babić, T. Vuletić, S. Tomić
UV spectroscopy and conductometry of Mg-DNA aqueous solutions
5th Christmas Biophysics Workshop, Ptuj, Slovenija, 2010. (predavanje)
07. T. Ivec
Recent Advances in Broad Band Solid-state NMR of Correlated Electronic Systems", Trogir, Hrvatska, 2010. (sudjelovanje)
08. T. Vuletić, D. Grgićin, S. Dolanski Babić, T. Ivec, S. Tomić, R. Podgornik
Structure and Dynamics of Hyaluronic Acid Semidilute Solutions: A Dielectric Spectroscopy Study
5th International Conference from Solid State to Biophysics, Cavtat, Hrvatska, 2010. (predavanje)
09. T. Vuletić, S. Dolanski Babić, D. Grgićin, S. Tomić, J. Raedler, F. Livolant
Denaturation in Dilute DNA 146bp Solutions
5th International Conference from Solid State to Biophysics, Cavtat, Hrvatska, 2010. (poster)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. T.Vuletić
• *Denaturation in dilute DNA146bp solutions*
Institut für Theoretische Physik I, Universität Erlangen, Njemačka
(22.06.2010., seminar)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. D.Grgićin
• *Napredni fizički praktikum 2*
asistent, dodiplomski studij, PMF Zagreb
(2009./2010. ljetni semestar)

MENTORSTVO

01. B.Hamzić
• M.Čulo, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
02. S.Tomić
• T.Ivec, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
• D.Grgićin, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
03. T.Vuletić
• A.Vidak, diplomski rad:
"Električna vodljivost razrijeđenih otopina natrij polistiren sulfonata"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (27.07.2010.)
• A.Vidak, rad za rektorovu nagradu:
"Električni transport i difuzija nukleosomskih fragmenata
deoksiribonukleinske kiseline u otopini"

GOSTOVANJA

01. J. de Silva
Universite Libre de Bruxelles, Belgija
(19.02.2010.)

GRUPA ZA DIELEKTRIČNU SPEKTROSKOPIJU I MAGNETOTRANSPORTNA SVOJSTVA

02. A. S. Smith

Universität Erlangen, Njemačka
(više kraćih posjeta tijekom 2010.)

03. P. Wzietek

LPS, Universite Paris XI, Orsay, Francuska
(14.09.2010.)

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. S. Tomicić

- Članica International Advisory Board od International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), Kyoto, Japan (04.-09.07.2010.)
- Članica Organizacijskog odbora međunarodne konferencije Regional Byophysical Conference 2010, Primošten (15.-19.09.2010.)
- Co-chair 5th Christmas Biophysics Workshop, Ptuj, Slovenija (10.-11.12.2010)

02. T. Vuletić

- član Organizacijskog odbora 41. međunarodne fizičke olimpijade (IphO2010), Zagreb, Hrvatska (17.-25. 07 2010.)

RECENZIRANJE

01. B. Hamzić

- Physical Review, Physical Review Letters

02. T. Vuletić

- Physical Review, Physical Review Letters

03. S. Tomicić

- European Physical Journal

POPULARIZACIJA

04. M. Čulo

- *Ne - Newtonske tekućine*
Sudjelovanje u demonstracijskim eksperimentima,
Otvoreni dani Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010., predavanje)

OSTALO

01. S. Tomicić

- Predsjednica Hrvatskog fizikalnog društva
- Članica European Physical Society Councillia
- Članica Scientific Advisory Committee od European Phycial Journal
- Članica Vijeća doktorskog studija "Biofizika" Sveučilišta u Splitu
- Članica povjerenstava za habilitaciju (habilitation de diriger des recherches) na Universite Pierre et Marie Curie, Paris

02. B. Hamzić

- Bio-natural and technical expert u 7th RTD Framework Programu EU "Meta-analysis of gender and science research"

03. T. Vuletić

- Tajnik Hrvatskog Biofizičkog Društva

GRUPA ZA JAKO KORELIRANE SUSTAVE

VODITELJ

Dr. sc. Veljko Zlatić

SURADNICI

Dr. sc. Ivica Aviani

ISTAKNUTI REZULTATI***OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE***

U našoj grupi istražuju se učinci jakih korelacija u elektronskim sustavima kao što su oksidi prijelaznih metala, teški fermioni, spojevi rijetkih zemalja, kupratni supravodiči, polumetali i poluvodiči, manganati s kolosalnim magnetootporom, magnetske primjese, Kondo izolatori, kvantne točkice i nanocjevčice.

Efekte jakih korelacija opisujemo uobičajenim teorijskim modelima (Andersonov model za jednu primjesu, periodički Andersonov model za elektrone na rešetci, Hubbardov model, Falicov-Kimballov i Holsteinov model). U rješavanju tih modela koristimo se standardnim metodama teorije mnoštva čestica (funkcionalni integrali, račun smetnje za Greenove funkcije, skaliranje konstante veze, renormalizacijska grupa te egzaktne metode tamo gdje je to moguće). Dobivene teorijske rezultate koristimo da bi objasnili eksperimentalne rezultate dobivene na jako koreliranim materijalima.

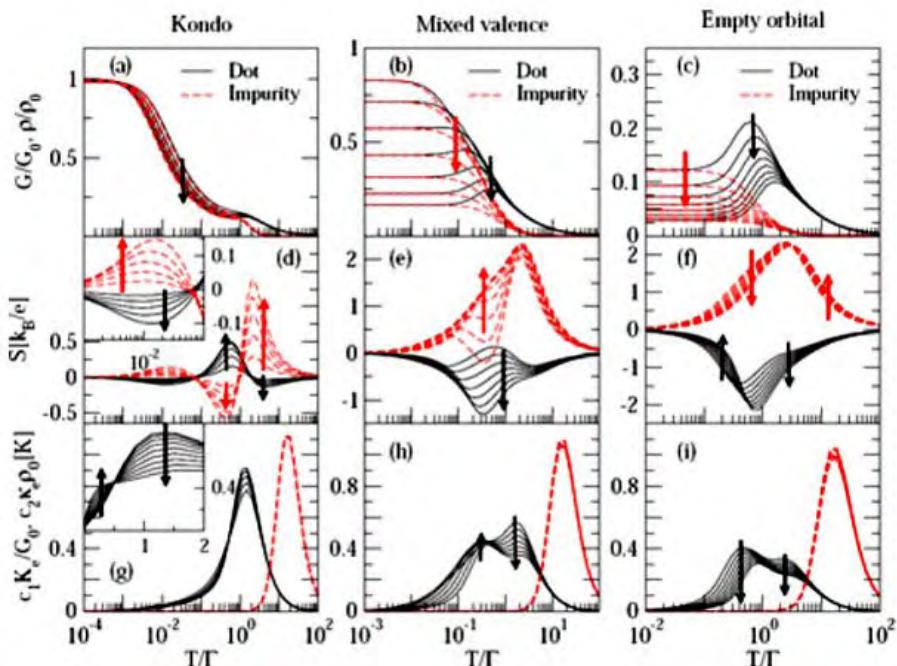
Termoelektrični transport kroz jako korelirane kvantne točke

U radu koji je objavljen u časopisu Physical Review B 81, 235127 (2010), a uredništvo ga uvrstilo u Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology (broj od 2. srpnja 2010), objašnjavaju se termoelektrična svojstva kvantne točkice smještene između dva metalna vodiča. Kada su vodiči na različitim temperaturama i potencijalima, dolazi do transporta naboja i energije kroz kvantnu točkicu. Takav sustav opisali smo Andersonovim modelom, a transportne koeficijente izračunali smo pomoću Wilsonove renormalizacijske grupe, te analizirali utjecaj korelacija. Objasnili ovisnost termostruje, električne i termičke vodljivosti o temperaturi, T , i 'gate voltage', v_g . Tipični rezultati za transportne koeficijente pri različitim vrijednostima korelacija i v_g prikazani su na slici 1.

Naši rezultati pokazuju da u Kondo režimu, kod jakih korelacija, termostruja mijenja predznak na temperaturi T_1 i T_2 , pri čemu je $T_1 < T_2$ i $T_1 > T_p \approx T_K$, gdje T_p označuje položaj Kondo maksimuma u termostruci, T_K je Kondo skala kvantne točkice, a $T_2 = O(\Gamma)$, gdje Γ označuje širinu elektronskog nivoa u kvantnoj točkici. Budući da izvan Kondo režima, te kod slabih korelacija, termostruja ima uvijek isti predznak, promjena predznaka termostruje je direktna indikacija jakih korelacija i Kondo efekta. Rad diskutira relevantnost dobivenih rezultata za mjerjenja termostruje kvantnih točkica i u njemu se pokazuje da u režimu valentnih fluktuacija, te kod točkica s nepotpunjenoj orbitalom, termalna vodljivost ima dva maksimuma dok električka vodljivost pokazuje samo jedan maksimum u ovisnost o temperaturi. Usporedbom kvantnih točkica i metalnih otopina s razrijeđenim magnetskim nečistoćama, našli smo značajne razlike u

GRUPA ZA JAKO KORELIRANE SUSTAVE

faktoru iskoristivosti, 'figure of merit', te u odstupanju od Wiedemann-Franz zakona.



Slika 1. Električna vodljivost, termoelektrični napon, vodljivost i termalna vodljivost kvamtne točke

Termoelektrična svojstva jako koreliranih elektronskih sustava

Fazni dijagram 4f intermetalnih spojeva proučavan je pomoću skalirajućeg rješenja Andersonovog modela s magnetskim ionima čija su 4f stanja rascijepljena kristalnim poljem. Teorijski fazni dijagram konstruiran je usporedbom slobodnih energija paramagnetske i antiferomagnetske faze u aproksimaciji srednjeg polja. Rezultati dobro objašnjavaju faznu granicu za intermetalne spojeve s Ce, Yb i Eu ionima i izloženi su u radu 1. Rezultati koji opisuju termoelektrična svojstva teških fermiona u intermetalnim spojevima tipa CeT₄M (T=Cu, Ni ; M=In, Ga) izloženi su u radu 4.

Veliku pažnju posvetili smo istraživanju termoelektričnih pojava u nanostrukturama. U takvim sistemima sočekuje se smanjenje fononske vodljivost i povećana učinkovitost kod termoelektričnim primjenama. Rezultati istraživaja objavljeni su u radovima 2. i 5.

Antiferomagnetsko stanje TbB₆ istraživano je pomoću magnetske susceptibilnosti, magnetostrikcije, i difrakcije x-zraka na monokristalu. Anizotropija magnetske susceptibilnosti magnetostrikcija ukazuju na tetragonalnu simetriju antiferomagnetske faze. U antiferomagnetskoj fazi nastaju staticki pomaci atoma u obliku valova. Stabilizacija ovih pomaka nastaje kao kompromis između međudjelovanja izmjene i elastične energije. Ovaj

GRUPA ZA JAKO KORELIRANE SUSTAVE

mehanizam je odgovoran za pojavu magnetskog valnog vektora (1/4,1/4,1/2) u heksaboridima rijetkih zemalja. Rezultati su objavljeni u radu 3.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Terrmoelektrična i termomagnetska svojstva materijala s jakim korelacijama*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352843-2849)

Glavni istraživač: V. Zlatić (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Electron correlations in novel materials for thermoelectric applications*

Vrsta projekta: bilateralni hrvatsko-austrijski projekt

Glavni istraživači: V. Zlatić (IF) i P. Rogl (Bečko sveučilište, Austrija)

Vrijeme trajanja: 2010.-2011.

Naslov projekta: *Transport and nonequilibrium effects in strongly correlated multilayered nanostructures*

Vrsta projekta: bilateralni američko (NSF)-hrvatski projekt

Glavni istraživači: I. Aviani (IF) i Freericks (Sveučilište u Georgetown-u, SAD)

Vrijeme trajanja: 2010.-2013.

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. M. Amara, R.-M. Galéra, I. Aviani, F. Givord
Macroscopic and microscopic investigation of the antiferromagnetic phase of TbB₆
Phys. Rev. B **82** (2010) 224411(1)-224411(13)
02. T. Tolinski, V. Zlatić, A. Kowalczyk
Thermoelectric power in CeT₄M (T=Cu, Ni ; M=In, Ga) compounds
Journal of Alloys and Compounds **490** (2010) 15-18
03. V. Zlatić, T. Costi
Thermoelectric transport through strongly correlated quantum dots
Phys. Rev. B **81** (2010) 235127(1)- 235127(18)

KNJIGE

01. I. Aviani i B. Erjavec
Čudesni svijet magneta, priručnik Demonstracijskog kompleta za magnetizam
Institut za fiziku, Zagreb (2010.), ISBN 978-953-7666-06-4

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. V. Zlatić
New materials for thermoelectric applications: theory and experiment
Brijuni Conference, Sustainable sources of energy, 2010., Brijuni, Hrvatska
(pozvano predavanje)

GRUPA ZA JAKO KORELIRANE SUSTAVE

02. V. Zlatić

Anomalous properties of tellium-doped lead telluride

International Conference on Visualization and Modeling in Chemistry, Split, Hrvatska, 2010. (pozvano predavanje)

03. I. Aviani

Phase diagram of 4f heavy fermion compounds

Advanced Research Workshop, New materials for thermoelectric applications: theory and experiment, Hvar, Hrvatska, 2010. (predavanje)

04. I. Aviani

E-škola fizika: Možemo li bolje?

Znanstveno stručni skup u povodu 125. godišnjice Hrvatskog prirodoslovnog društva, Zagreb, 2010. (predavanje)

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. V. Zlatić

- Član upravnog odbora međunarodne ESF mreže INTELBIOMAT, 2008-2012
- Direktor međunarodne radionice *New materials for thermoelectric applications: theory and experiment*, Hvar, (02.-07.2010.)

02. I. Aviani

- Član Organizacijskog odbora 2. radionice Sekcije za primijenjenu i industrijsku fiziku HFD-a, Institut za fiziku (26. 02. 2010.)
- Član Akademskog odbora 41. međunarodne fizičke olimpijade, Zagreb (17.-25.07. 2010.)
- Član Organizacijskog odbora *Međunarodne radionice New materials for thermoelectric applications: theory and experiment*, Hvar (02.-07.2010.)

RECENZIRANJE

01. V. Zlatić

- Physical Review, Physical Review Letters, European. Physical Journal
- MZOŠ projekti, NSF projekti, FP7 projekti

POPULARIZACIJA

01. I. Aviani,

Predavanja

- *Termoelektrična snaga budućnosti*, Otvoreni dan Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010.)
- *Termoelektrična snaga budućnosti*, Posjet učenika iz Lošinja Institut za fiziku (14.03.2010.)
- *Magneti nam još mnoge tajne skrivaju*, Festival znanosti, Split (20.04.2010.)
- *Termoelektrična snaga budućnosti*, Festival znanosti, Zagreb, (22.04.2010.)
- *Njeno veličanstvo - Energija*, Fešta o' fizike, Kistanje (15.05.2010.)

Mediji

- Emisija Dobro jutro Hrvatska, prilog o Fešti o' fizike, HTV1 (18. 05. 2010.)

GRUPA ZA JAKO KORELIRANE SUSTAVE

- Gost emisije Oko znanosti, razgovor o termoelektricima HR1 (ožujak 2010.)
- Gost emisije Ljetna slagalica, Popularizacija znanosti, HTV1 (09. 08. 2010.)
- Energije budućnosti, Školski program, HTV2 (27.09.2010.)
- Gost emisije Oko znanosti, razgovor o Demonstracijskom kompletu za magnetizam, HR1 (10.12. 2010.)
- Članak o E-školi, Školski list **12** (2010)

OSTALO

01. I. Aviani

- Voditelj projekta *E-škola FIZIKA* HFD-a

VODITELJ

Dr. sc. Miroslav Očko

SURADNICI

Dr. sc. Ivica Aviani

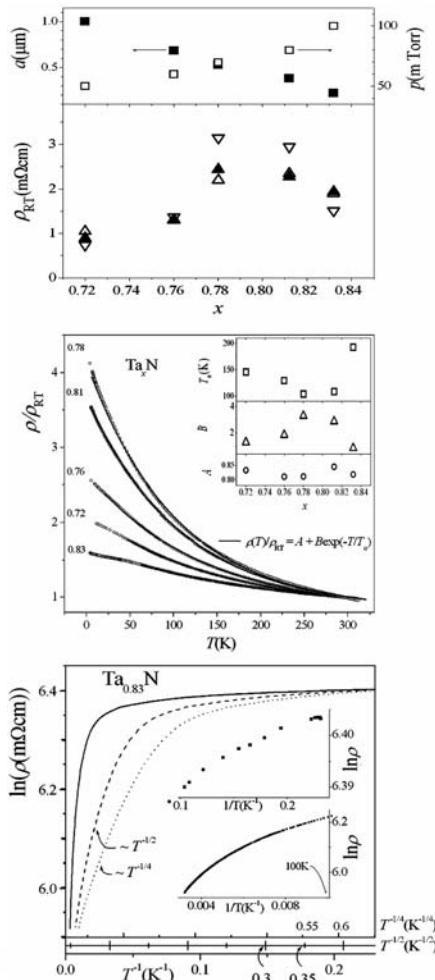
VANJSKI SURADNICI

Prof. dr. sc. Mirko Stubičar, znanstvenik u mirovini,
 prof. dr. sc. Nada Stubičar, znanstvenik u mirovini,
 Sanja Žonja, dipl.inž., Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

ISTAKNUTI REZULTATI

Završen je rad na izučavanju transportnih svojstava Ta_xN ($0.72 \leq x \leq 0.83$) tankim filmovima deponiranim na amorfnom SiO_2 . Smatram da je jedan eksperimentalni rezultat dobiven u ovim istraživanjima veoma važan za daljnji rad na tankim filmovima. U komercijalnoj, industrijskoj proizvodnji tankih filmova otpornost se određuje pomoću van der Pauw-ove metode (mjerjenje je izvršeno na School of Materials, Arizona State University). Metoda četiriju šiljaka je mnogo jednostavnija jer se izvodi bez specijlnog oblikovanja uzorka (mjerjenje je izvršeno na IRB-u pomoću Kulike-Sofa uređaja). Za mjerjenje na niskim temperaturama uzorak je mnogo manji, kontakti se lijepe srebrnom pastom tako da je omjer površine prekrivene kontaktom u odnosu na slobodnu površinu uzorka mnogo veći nego u prve dvije metode (mjerjenje je izvršeno na IF-u). Pokazano je, iako nisam očekivao, zadovoljavajuće dobro slaganje između te tri vrste mjerjenja (Slika 1., redovni rad br. 01).

Prehodna istraživanja Ta_xN sistema na School of Materials, Arizona, izvršena su na uzorcima deponiranim na safirnoj podlozi u mnogo širem intervalu koncentracija. Naš zadatak bio je odgovoriti da li će uzorci deponirani na SiO_2 imati ista odnosno zadovoljavajuća svojstva u komercijalnoj primjeni.



Slika 1.

Naime, SiO_2 podloga bitno smanjuje cijenu proizvoda. Preciznije, naš zadatak bio je utvrditi da li je nemonoton ponašanje fizikalnih veličina u uskom intervalu koncentracija od $x = 0.72$ do 0.83 uzrokovano podlogom SiO_2 . Analiza rezultata mjeranja transportnih svojstava od 4 K do 320 K ukazala je da je takvo nemonoton ponašanje uzrokovano minimumom u gustoći elektronskih stanja za $x = 0.8$, a ne podlogom.

U radu *Termoelectric materials: problems and perspectives* koji je prikazan i u vidu predavanja (S. Žonja) na MIPRO 2010 (konferencijski rad br. 01) željelo se na jednostavan način upoznati sudionike skupa sa primjenom termoelektričnih uređaja, principom rada, fizikalnim osnovama (Seebeckov i Peltierov efekt) te s osnovnim nedostacima tih uređaja, ali i sa perspektivama ukoliko se pronađu ili modeliraju novi materijali sa mnogo boljim termoelektričnim svojstvima. Ujedno su prikazani neki naši rezultati vezani uz te probleme.

U radovima prezentiranim na raznim konferencijama (vidi SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA 01-03), prikazani su naši još neobjavljeni radovi u krajnjoj liniji povezani sa problemom termoelektričnih materijala.

U laboratoriju je nabavljen novi nanovoltmetar, izvršeno je testiranje tog uređaja i prilagođavanje postojećih programa u skladu sa većim mogućnostima tog uređaja.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Materijali sa elektronskom strukturom modeliranom modernim tehnikama priprave*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352827-2841)

Glavni istraživač: M. Očko (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Transport and nonequilibrium effects in strongly correlated multilayered nanostructures*

Vrsta projekta: bilateralni američko (NSF)-hrvatski projekt

Glavni istraživači: I. Aviani (IF) i Freericks (Sveučilište u Georgetown-u, SAD)

Vrijeme trajanja: 2010.-2013.

SURADNJA

01. *Istraživanja polisilicija dobivenog LPCVD metodom*

M. Očko (IF), M. Ivanda (IRB, Zagreb)

02. *Istraživanja SCES sistema*

M. Očko (IF), J. L. Sarrao (Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, SAD)

03. *Suradnja na istraživanju $T_{xN} 0.72 (\leq x \leq 0.83)$ sistema tankih filmova*

Department of Physics, Georgetown University, Washington, DC, SAD

Department of Physics and Astronomy, Rutgers, SAD

The State University of New Jersey, SAD

School of Materials, Arizona State University, Tempe, Arizona, SAD

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. M. Očko, S. Žonja, G. L. Nelson, J. K. Freericks, L. Yu, N. Newman
Low temperature transport properties of Ta_xN thin films ($0.72 \leq x \leq 0.83$)
J. Phys. D: Appl. Phys. **43** (2010) 445405(1)- 445405(12)
02. M. Amara, R.-M. Galéra, I. Aviani, F. Givord
 TbB_6 magnetic state: a macroscopic and microscopic investigations
Physical Review B **82** (2010) 224411(1)- 224411(13)

ZNANSTVENI - KONFERENCIJSKI

01. R. Ristić, E. Babić, M. Stubičar, A. Kuršumović
Correlation Between Electronic Structure, Mechanical Properties and Stability of TE-TL Metallic Glasses
Croatica Chemica Acta **83** (2010) 33-77
02. M. Očko, S. Žonja, M. Ivanda
Thermoelectric materials: problems and perspectives
Proceedings of MIPRO 2010, 33rd international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics, P. Biljanović, K. Skala (ur), 42-47
03. D. Krumes, I. Kladarić, V. Marušić, M. Stubičar, A. Milinović, I. N. Mihailescu
Influence of thermodiffusion treatments on improvement of surface layers properties created on low carbon and low-alloyed steels
Proceedings of the 14th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" 2010., Dr. S. Ekinović, Y. Uctug, J. Vivancos (ur) 113-116

KNJIGE

01. I. Aviani i B. Erjavec
Čudesni svijet magneta, priručnik Demonstracijskog kompleta za magnetizam
Institut za fiziku, Zagreb (2010.), ISBN 978-953-7666-06-4

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. M. Očko, S. Žonja, M. Ivanda
Thermoelectric materials: problems and perspectives
MIPRO 2010, 33rd international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics, 2010., Opatija, Hrvatska (predavanje)
02. M. Očko, S. Žonja, M. Ivanda
Investigaton of the doped polysilicon thin films in the concentration range predicted for the good thermoelectric materials
Brijuni Conference on Sustainable Energy Sources, 2010, Brijuni, Hrvatska (poster)
03. M. Očko, S. Žonja, M. Ivanda
Report on the recent investigations of the systems which assume some of the good thermoelectric properties
ARW Workshop on new materials for thermoelectric applications: Theory and experiment, 2010., Hvar, Hrvatska (poster)

04. I. Aviani

Phase diagram of 4f heavy fermion compounds

Advanced Research Workshop, New materials for thermoelectric applications: theory and experiment, Hvar, Hrvatska, 2010. (predavanje)

05. I. Aviani

E-škola fizika: Možemo li bolje?

Znanstveno stručni skup u povodu 125. godišnjice Hrvatskog prirodoslovnog društva, Zagreb, 2010. (predavanje)

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. I. Aviani

- Član Organizacijskog odbora 2. radionice Sekcije za primijenjenu i industrijsku fiziku HFD-a, Institut za fiziku (26. 02. 2010.)
- Član Akademskog odbora 41. međunarodne fizičke olimpijade, Zagreb (17.-25.07. 2010.)
- Član Organizacijskog odbora *Međunarodne radionice New materials for thermoelectric applications: theory and experiment*, Hvar (02.-07.2010.)

RECENZIRANJE

01. M. Očko

- Journal of Physics D: Applied Physics, Journal of Physics: Nanoscience Technology, Journal of Physics: Condensed Matter

POPULARIZACIJA

01. I. Aviani,

Predavanja

- *Termoelektrična snaga budućnosti*, Otvoreni dan Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010.)
- *Termoelektrična snaga budućnosti*, Posjet učenika iz Lošinja Institut za fiziku (14.03.2010.)
- *Magneti nam još mnoge tajne skrivaju*, Festival znanosti, Split (20.04.2010.)
- *Termoelektrična snaga budućnosti*, Festival znanosti, Zagreb, (22.04.2010.)
- *Njeno veličanstvo - Energija*, Fešta o fizike, Kistanje (15.05.2010.)

Mediji

- Emisija Dobro jutro Hrvatska, prilog o Fešti o fizici, HTV1 (18. 05. 2010.)
- Gost emisije Oko znanosti, razgovor o termoelektricima HR1 (ožujak 2010.)
- Gost emisije Ljetna slagalica, Popularizacija znanosti, HTV1 (09. 08. 2010.)
- Energije budućnosti, Školski program, HTV2 (27.09.2010.)
- Gost emisije Oko znanosti, razgovor o Demonstracijskom kompletu za magnetizam, HR1 (10.12. 2010.)
- Članak o E-školi, Školski list **12** (2010)

OSTALO

01. I. Aviani

- Voditelj projekta *E-škola FIZIKA* HFD-a

SAXS LABORATORIJ ZA KRISTALOGRAFSKU I NANOSTRUKTURNU ANALIZU

VODITELJ

Dr. sc. Ognjen Milat

SURADNICI

Dr. sc. Krešimir Salamon, dr. sc. Nazif Demoli

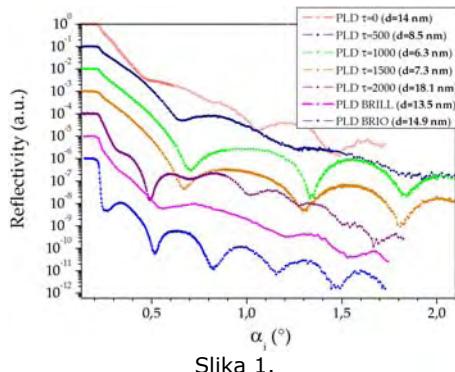
ISTAKNUTI REZULTATI**OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA**

Na temelju suradnje s grupama koje pripravljaju uzorke novih materijala (unutar i izvan Instituta), istražuje se veza strukturnih i fizikalnih svojstava jednodimenzionalno moduliranih struktura (kompozitnih kristala, tankih filmova, višeslojnih naslaga...) i to posebno s ciljem optimizacije parametara priprave. Studij strukturnih karakteristika provodi se mjerenjima u direktnom i recipročnom prostoru, korištenjem difrakcijskih i mikroskopske tehniki i metoda.

Ti-filmovi naneseni dvopulsnom laserskom ablacijom

Istraživani su tanki filmovi titana, dobiveni pri dvopulsnoj laserskoj ablaciji (u suradnji s N. Krstulovićem S. Miloševićem). Osnovne strukturne karakteristike mjerene su rendgenskom reflektacijom (XRR) u ovisnosti o variranju vremenskog zastoja između pulseva (Slika 1.). Ustanovljeno je da debljina i gustoća, te hrapavost i komfornost granica, znacajno ovise o vremenu zastoja drugog pulsa, pri zastojima u trajanju od 100 nanosekundi do nekoliko mikrosekundi. Dobiveni rezultati pokazuju da je najveća gustoća i glatkoća filma (popraćena minimalnom debljinom) postignuta pri zastoju drugog za prvim pulsom od 400-1000 ns.

Mjerene strukturne karakteristike povezane su s popratnim promjenama opaženim u prostornoj raspodjeli ablacijskog oblaka.

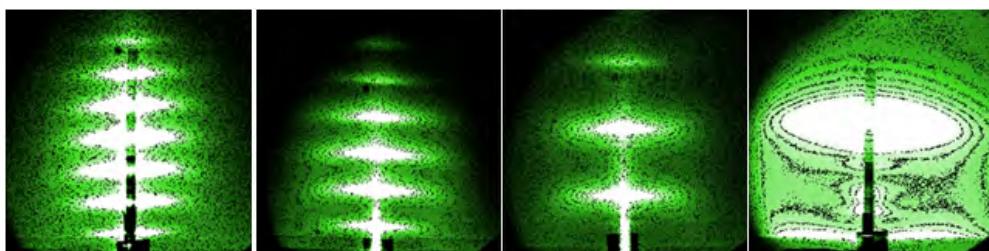


Slika 1.

Karakterizacija W/C višeslojeva za rendgenska zrcala

Poznato je da se višeslojne naslage alternirajućih nanoslojeva volframa i ugljika koriste kao rendgenska zrcala. Efikasnost ovih zrcala dramatično ovisi o strukturnim karakteristikama nanesenih slojeva; ukupnoj debljini, i omjeru debljina uparenih W/C slojeva, hrapavosti i komfornosti granica, lateralno po površini, i normalno po dubini nanosa. Višeslojni nanosi pripredeni su

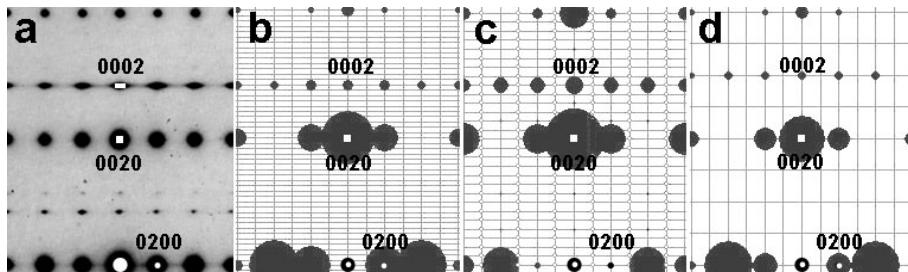
magnetronskim nanošenjem (u suradnji s N. Radićem, IRB), varirajući parametre nanošenja. Osnovne strukturne karakteristike istražene su tehnikama rendgenske reflektancije (XRR) i rendgenskog raspršenja pod malim kutom pri okrznjujućem upanom kutu (GISAXS) (Slika. 2). Ustanovljeno je da postoji minimalna debljina W-sloja (0.9-1.3 nm) ispod koje se gubi njegova laminarnost i cjelovitost, čime je objašnjena niska efikasnost pripadnih zrcala. Najviše funkcionalne efikasnosti rendgenskih zrcala opažene kod pripadnih višeslojnih naslaga povezane su s najvećom homogenošću i regularnošću nanesenih slojeva, te njihovom glatkoćom i komfornošću međuslojnih granica.



Slika 2.

Modulacija strukture kompozitnih kristala

Modulacija kompleksne strukture $(\text{Sr/La/Ca})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ "chain-ladder" kuprata kao kompozitnog kristala s dvije podstrukture, istraživana je usporedbom opaženih i simuliranih elektronskih difrakcija (EDP) (Slika 3) indeksiranih pomoću 4-dimenzionalne kristalografske notacije. Ustanovljeno je da se čvorovi 4-dim recipročne rešetke možesobno pomiču u ovisnosti o omjeru osnovnih periodičnosti dviju podstruktura bez obzira na izovalentnu-polivalentnu substituciju kationa (Sr/La/Ca). Nađeno je da se mogućnost pterostrukice odnosno trostrukice superperiodičnosti, na kojima bi se moglo zasnivati uređenje naboja u formi Wignerovih kristala, može ostvariti samo za cjelobrojne omjere osnovnih c-perioda podrešetki: $\text{cl}/\text{cC} = 29/20$, odnosno $17/12$. Omjer c-perioda pripadnih podrešetki iznosi $\sqrt{2} = 1.4142\dots$, za slučaj da građevne CuO_4 -jedinice u oba podsistema imaju formu idealnih kvadrata.



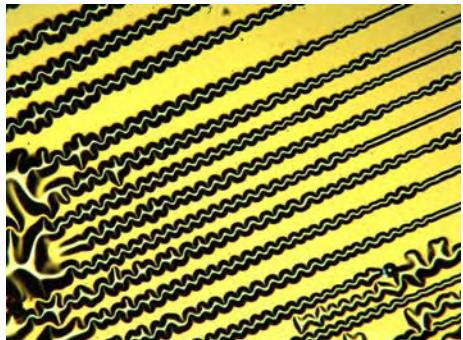
Slika 3.

SAXS LABORATORIJ ZA KRISTALOGRAFSKU I NANOSTRUKTURNU ANALIZU

Periodičko polje deformacija pri ljuštenju tankog filma

Pojava regularnih oblika lokalnog vitoperenja u tankim filmovima, zbog ralaksacije naprezanja pri njihovom odljuštenju od podloge, opažena je kod filmova različitog sastava i strukturnih karakteristika, dobivenih različitim tehnikama priprave: (a) magnetronskim nanošenjem (u suradnji s N. Radićem, IRB) i (b) nanošenjem laserskom plazmom (u suradnji sa S. Miloševićem). Preliminarna morfološka istraživanja provedena su tehnikom svjetlosne mikroskopije u reflektirajućoj rasvjeti (Slika 4).

Za potrebe daljnog istraživanja, razvija se prototip Digitalnog Optičkog Holografskog Mikroskopa (u suradnji s N. Demolijem).



Slika 4.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Veza strukturalnih i fizikalnih svojstava materijala kontrolirane dimenzionalnosti*
 Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352843-2844)
 Glavni istraživač: O. Milat (IF)
 Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

02. T. Ivec, B. Korin-Hamzić, O. Milat, S. Tomić, C. Clauss, N. Drichko, D. Schweitzer, M. Dressel
Collective excitations in the charge-ordered phase of α -(BEDT-TTF)₂I₃
 Phys.Rev.Lett. **104** (2010) 206406(1)-206406(4)

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. K. Salamon, O. Milat, N. Radić, M. Jerčinović, P. Dubček
Poboljšanje razlučivosti (GI)SAXS postava ugradnjom W/C periodičkog višesloja kao monokromatora
 17. Međunarodni sastanak Vakumska znanost i tehnika, Tuhelj, 2010., (poster)
02. N. Radić, M. Jerčinović, P. Dubček, K. Salamon, O. Milat, G. Dražić, S. Bernstorff
Ultra-tanki višeslojni filmovi ugljika i volframa
 17. Međunarodni sastanak Vakumska znanost i tehnika, Tuhelj, 2010., (poster)

03. O. Milat

*Cation composition dependence of superlattice reflections in
 $(Sr/Ca/La)_{14}Cu_{24}O_{41}$*

26th European Crystallographic Meeting, ECM 26, Darmstadt, Njemačka,
2010., (predavanje)

04. K. Salamon, O. Milat

X-ray characterization of thin films

Collaborative workshop on Charge density waves: small scales and ultrashort
time, Vukovar, 2010., (predavanje)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. K. Salamon

- *Istraživanje (nano)strukture i morfologije tankih površinskih slojeva
pomoću rentgenskog zračenja*
Hrvatsko mikroskopsko društvo (26.01.2010., stručno predavanje)

VODITELJ

Dr. sc. Ana Smontara

SURADNICI

Dr. sc. Jovica Ivkov, dr. sc. Petar Popčević, Kristijan Velebit, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

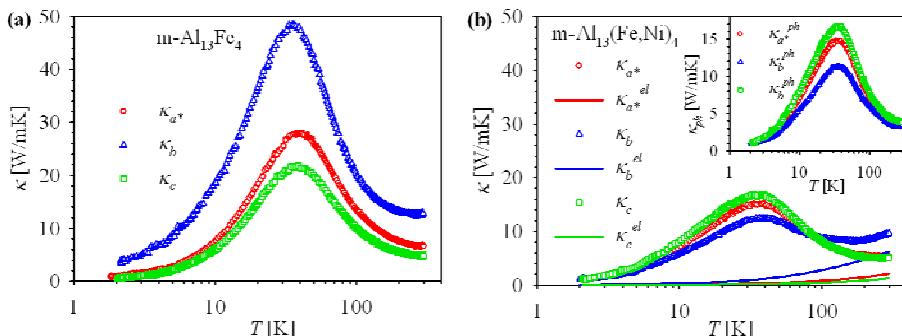
Dr. sc. Neven Barišić, University of Minnesota, SAD,
 doc. dr. sc. Željko Bihar, TTF, Zagreb,
 prof. dr. sc. Boran Leontić, profesor emeritus, PMF, Zagreb,
 dr. sc. Jagoda Lukatela, znanstvenica u mirovini

ISTAKNUTI REZULTATI**OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE**

2010. godina obilježena je s uspješnim završetkom dviju međunarodnih mreža suradnji, ESF projekta Higly frustrated magnetism i EU projekta izvrsnosti Complex metallic alloys te UKF (1B) projekta i aplikacijom NZZ projekta (međunarodni suradni skupovi). Pridružio nam se novi znanstveni novak Kristijan Velebit, a Petar Popčević obranio je svoj doktorski rad. Izrađen je nosač za mjerjenje električnog otpora na visokim temperaturama, napravljeno je nekoliko eksperimenata te modeliranje fizičkih svojstava. Održali smo tri predavanja (jedno pozvano), te objavili više znanstvenih radova.

Dekagonalni kvazikristali i njihovi aproksimanti

Nastavljeno je ispitivanja anizotropije transportnih i magnetskih svojstava kompleksnih metalnih slitina na bazi aluminija (Slika 1.).



Slika 1. Toplinska vodljivost strukturno uređene $m\text{-Al}_{13}\text{Fe}_4$ slitine (a) i njene ternarne ekstenzije (b) duž tri različita kristalna smjera a^* , b i c .

Istražena je anizotropija i temperaturna ovisnost transportnih koeficijenata monokristala $d\text{-Al}_{70}\text{Co}_{10}\text{Ni}_{20}$ kvazikristala. Do sada smo naše rezultate za anizotropna transportna svojstva aproksimanata dekagonalnih kvazikristala (d -

QC) korelirali s podacima iz literature za *d*-QC koji su dobiveni iz polikristaliničnih ingota, čija je kvaliteta bila upitna, a struktura nedovoljno parametrizirana te je bila poznata tek okvirna ovisnost anizotropije o smjerovima i duljini periodičnosti. Tijekom posljednjih godina detaljnije su istraženi fazni dijagrami slitina na bazi aluminija, i na osnovu njih određeni odgovarajući parametri priprave, te su proizvedeni novi kvalitetni monokristali *d*-QC pogodni za određivanje strukture neutronskom difrakcijom kao i precizna transportna mjerena. Naši rezultati za Al₇₀Co₁₀Ni₂₀ kvazikristal su prvi kod kojih su mjerena električne otpornosti, termostruje, toplinske vodljivosti i Hallovog efekta (u suradnji i magnetske susceptibilnosti) sprovedena na jednom te istom monokristalu te je po prvi puta ispitana moguća anizotropija u kvazikristalnoj ravnini (rad u pripremi za objavljanje).

Interkalirani slojeviti materijali

Interes za slojevite materijale je velik posljednjih nekoliko desetljeća zbog njihovih neobično bogatih faznih dijagrama. Među njima se posebno ističu dihalkogenidi prijelaznih metala, općenite formule TX₂ gdje je T prijelazni element, a X = S, Se ili Te. Osnovno stanje ovog sistema rezultat je natjecanja valova gustoće naboja, supravodljivosti, kao i metalnih i eksitonских faza. Istraživali smo utjecaj tlaka na transportna svojstva interkaliranog dihalkogenida Co_{1/3}NbS₂ koji se pri atmosferskom tlaku magnetski uređuje na $T_N=26$ K. Mjerena ovisnosti transportnih svojstava o temperaturi i tlaku otkrila su neke neočekivane efekte, posebno što se tiče ponašanja sistema pod tlakom blizu temperature magnetskog uređivanja. Porijeklo opaženog ponašanja je prvenstveno u tlakom izazvanoj promjeni vezanja Co spinskog stanja s vodljivim elektronima. Tlak utječe na ravnotežu magnetskih međudjelovanja i promjene spinskih stanja. Na osnovu mjerena električne otpornosti i termostruje, može se skicirati i *p-T*_N fazni dijagram. Ovisnost otpornosti i termostruje o tlaku pak ukazuje na prisutnost suprotstavljenih magnetskih međudjelovanja u sustavu. Suprotni predznak termostruje i Hallovog koeficijenta ukazuje na složenost Fermijeve površine i na moguće doprinose magnetskog sustava termostruji (rad na ocjeni u Phys. Rev. B).

Pniktidi

Otkriće supravodiča LaO_{1-x}F_xFeAs pokrenulo je brojna istraživanja na sličnim materijalima i urodilo otkrićem dviju međusobno sličnih grupa supravodiča, tzv. pniktida, koje se u literaturi označavaju kao 1111 tip i 122 tip FeAs supravodiči. Istraživanja otpornosti pniktida pokazala su postojanje "skrivene" kvadratne ovisnosti otpornosti o temperaturi kod 122 spojeva na temperaturama ispod sobne temperature. Postavilo se pitanje do kojih će temperatura vrijediti kvadratna ovisnost otpornosti, koja odgovara ponašanju Fermijeve tekućine. Naša mjerena električne otpornosti u *ab* ravnini supravodljivih pniktida Ba(Co_{0.08}Fe_{0.92})₂As₂ i Ba(Ni_{0.05}Fe_{0.95})₂As₂ na visokim temperaturama $T > 300$ K pokazuju da temperaturna ovisnost električne otpornosti ima metalno ponašanje i konveksno zakrivljenje na višim temperaturama. Analizom tih rezultata i temperaturno neovisne komponente optičke vodljivosti, te kombinacijom s analizom mjerena ispod 300 K pokazalo se da kod istraživanih pnknida postoji T^2 ovisnost u električnoj otpornosti. Ona je kod Ba(Co_{0.08}Fe_{0.92})₂As₂ prisutna do

oko 380 K, dok je kod $\text{Ba}(\text{Ni}_{0.05}\text{Fe}_{0.95})_2\text{As}_2$ takva temperaturna ovisnost prisutna samo do 280 K (rad u pripremi).

PROJEKTI

Naslov projekta: *Transport naboja i topline u jako frustriranim magnetima i srodnim materijalima*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352826-2848)

Glavni istraživač: A. Smontara (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Fizikalna svojstva kompleksnih intermetalika baziranih na aluminiju*

Vrsta projekta: bilateralni slovensko-hrvatski projekt

Glavni istraživači: A. Smontara (IF) i J. Dolinšek (Institut Jožef Stefan, Ljubljana)

Vrijeme trajanja: 2009.-2010.

Naslov projekta: *New electronic states driven by frustration in layered materials*

Vrsta projekta: UKF projekt 1B#65/10

Voditelj projekta: E.Tutiš (IF)

Suvoditelji projekta: A.Smontara (IF), L. Forró (IPMC, EPFL, Lausanne, Švicarska),

N. Barišić (Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Njemačka)

Vrijeme trajanja: 2010.-2012.

SUDJELOVANJE U ISTRAŽIVAČKIM MREŽAMA

01. *Highly frustrated magnetism (HFM)*

Program Europske zaklade za znanost (European Science Foundation Program)

Kontakt osoba za Hrvatsku: A. Smontara (IF), članica Koordinacijskog odbora HFM-a

Vrijeme trajanja: 2005.-2010.

02. *Complex Metallic Alloys (CMA)*

EU Mreža izvrsnosti

Član mreže: A. Smontara (IF), gostujući član s punim članskim pravima

Vrijeme trajanja: 2005.-2010.

03. *European integrated centre for the development of Metallic Alloys and Compounds (C-MAC)*

EU Mreža izvrsnosti

Član mreže: Institut za fiziku (odgovorna osoba: A. Smontara)

Vrijeme trajanja: 2009.-→

SURADNJA

01. *Strengthening the SOLid-state research capacities in Zagreb by the introduction of the Nuclear Magnetic Resonance method (SOLeNeMaR)*

A. Smontara (IF), M. Požek (FO, PMF, Zagreb)

02. *Istraživanja fizikalnih svojstava kompleksnih metalnih slitina*

A. Smontara i P. Popčević (IF), M. Heggen i M. Feuerbacher (Institut für Festkörperforschung, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Njemačka)

03. Istraživanja fizikalnih svojstava dekagonalnih kvazikristala i aproksimanata
A. Smontara i P. Popčević (IF), P. Gille (Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Njemačka)
04. Magnetizam kompleksnih sistema
A. Smontara i J. Ivkov (IF), Z. Jagličić (Center for magnetic measurements, Institute of Mathematics Physics and Mechanics, Ljubljana, Slovenija)
05. Modeliranje elektronskog transporta neuređenih sustava
A. Smontara i P. Popčević (IF), I. Batistić (FO, PMF, Zagreb)
06. Ab-initio računi elektronske strukture
A. Smontara i J. Ivkov (IF), M. Komelj (Department for nanostructured materials, Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija)
07. Istraživanje transporta T-faze kompleksnih metalnih spojeva
A. Smontara, P. Popčević i J. Ivkov (IF), D. Stanić (Odjel za fiziku, J. J. Strossmayer Osijek)
08. Istraživanje transporta topline u spin-gap antiferomagnetima
A. Smontara, P. Popčević i K. Velebit (IF), A. Bilušić (PMF, Split)
09. Istraživanje elektronskog transporta slojastih materijala pod tlakom
A. Smontara i P. Popčević (IF), L. Forró (Institut de la Physique de la Matière Complexe, EPFL, Lausanne, Švicarska)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. P. Popčević, A. Smontara, J. Ivkov, M. Wencka, M. Komelj, P. Jeglič, S. Vrtnik, M. Bobnar, Z. Jagličić, B. Bauer, P. Gille, H. Borrmann, U. Burkhardt, Yu. Grin, J. Dolinšek
Anisotropic physical properties of the Al₁₃Fe₄ decagonal approximant and its ternary extension Al₁₃(Fe, Ni)₄
Phys. Rev. B **81** (2010) 184203(1)-184203(12)
02. M. Heggen, M. Feuerbacher, J. Ivkov, P. Popčević, I. Batistić, A. Smontara, M. Jagodić, Z. Jagličić, J. Janovec, M. Wencka, J. Dolinšek
Anisotropic physical properties of the Taylor-phase T-Al_{72.5}Mn_{21.5}Fe_{6.0} complex intermetallic
Phys. Rev. B **81** (2010) 184204(1)-184204(11)
03. D. Stanić, P. Popčević, I. Smiljanić, Ž. Bihar, J. Lukatela, B. Leontić, A. Bilušić, I. Batistić, A. Smontara
Thermal Conductivity of Al₇₃Mn_{27-x}Fe_x Taylor Phases
Materiali in tehnologije **44** (2010) 3-7

ZNANSTVENI - KONFERENCIJSKI

01. A. Bilušić, I. Smiljanić, Ž. Bihar, D. Stanić, A. Smontara
Heat conduction in complex metallic alloys
Croat. Chem. Acta **83** (2010) 21-25
02. J. Ivkov, D. Stanić, Z. Jagličić, J. Dolinšek, M. Heggen, M. Feuerbacher
Hall effect of the triclinic Al₇₃Mn₂₇ and T-Al₇₃Mn_{27-x}Pd_x (0 ≤ x ≤ 6) complex metallic alloys
Croat. Chem. Acta **83** (2010) 11-14
03. P. Popčević, I. Batistić, E. Tutiš, K. Velebit, M. Heggen, M. Feuerbacher
The generalization of the kinetic equations and the spectral conductivity function to anisotropic systems: Case T-Al_{72.5}Mn_{21.5}Fe₆ complex metallic alloy
Croat. Chem. Acta **83** (2010) 95-100

04. P. Popčević, I. Smiljanić, N. Barišić, A. Smontara, J. Dolinšek, S. Gottlieb-Schönmeyer
Transport properties of YbCu_{4.4} giant-unit-cell metallic compound
Croat. Chem. Acta **83** (2010) 69-73
05. D. Stanić, P. Popčević, I. Smiljanić, Ž. Bihar, A. Bilušić, I. Batistić, J. Ivković, M. Hegen, M. Feuerbacher
Thermal conductivity of Taylor phase Al₃(Mn, Pd) complex metallic alloys
Croat. Chem. Acta **83** (2010) 81-86
06. J. Ivković, M. Komelj, A. Smontara, J. Dolinšek, P. Gille
Hall effect in the Y-Al-Ni-Co and o-Al₁₃Co₄ decagonal approximants
Journal of Physics: Conference series **226** (2010) 012032(1)- 012032(5)

ZNANSTVENI - POGLAVLJA U KNJIGAMA

01. A. Smontara, A. Bilušić, Ž. Bihar, I. Smiljanić
Thermal conductivity of complex metallic alloys
 Book Series on Complex Metallic Alloys **2**, Properties and Application of Complex Metallic Alloys, E. Belin-Ferré (ed.), London 2010 World Scientific Publishing, p.113-147

STRUČNI

01. A. Smontara
Ruđer Josip Bošković (Dubrovnik 1711.- Milano 1787.)
 Matematičko-fizički list LXI **3/243**, 218, 2010./2011.
02. A. Smontara
Milutin Milanković (1879. - 1958.)
 Matematičko-fizički list LXI **1/241**, 74, 2010./2011.

KNJIGE

01. A. Smontara, E. Babić, D. Vikić-Topić, urednici
Croatica Chemica Acta 83(1)(2010)CXI
 Proceedings of the EU Workshop FRONTIERS IN COMPLEX METALLIC ALLOYS, Institute of Physics, Zagreb, October 1–4, 2008 Dedicated to Professor Boran Leontić on the occasion of his 80th birthday, Croatian Chemical Society, 2010.

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. P. Popčević, I. Batistić, A. Smontara, M. Hegen, M. Feuerbacher
Anisotropic transport properties of the Taylor-phase T-Al_{72.5}Mn_{21.5}Fe_{6.0}
 5th European School in Material Science Properties of Complex Metallic Alloys: Modeling, Simulation and Experiment, Ljubljana, Slovenija (24.-29.05.2010.), (poster)
02. A. Smontara
 5th European School in Material Science Properties of Complex Metallic Alloys: Modeling, Simulation and Experiment, Ljubljana, Slovenija (24.-29.05.2010.), (sudjelovanje, Advanced Tutorials-predsjedavajuća)
03. A. Smontara
Anisotropic Transport Properties of Complex Metallic Alloys
 11th International conference on Quasicrystals, Sapporo, Japan
 (13-18.06.2010.), (pozvano predavanje)

04. K. Velebit, P. Popčević, A. Smontara, D. Wu, M. Dressel, G. H. Cao, Z-A. Xu, N. Barišić
Observation of the Fermi Liquid Behavior in 122-Ironpnictides
 Recent advances in broad-band solid-state NMR of correlated electronic systems, Trogir (05.-10.09.2010.), (poster)
05. P. Popčević, J. Ivkov, D. Stanić, K. Velebit, D. Cmrk, J. Dolinšek, P. Gille, A. Smontara
Origin of the anisotropy in the transport properties of the Al₁₃TM₄ complex intermetallics
 Center for the Development of New Metallic Alloys and Compounds (C-MAC Days), Dresden, Njemačka (15.-18.11.2010.), (predavanje)
06. P. Popčević, D. Stanić, K. Velebit, B. Bauer, P. Gille, M. Heggen, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, A. Smontara
Anisotropic transport properties of single-crystalline d-Al-Ni-Co decagonal quasicrystal
 Center for the Development of New Metallic Alloys and Compounds (C-MAC Days), Dresden, Njemačka (15.-18.11.2010.), (predavanje)
07. D. Stanić, J. Ivkov, P. Popčević, B. Bauer, P. Gille, M. Heggen, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, A. Smontara
Anisotropic Hall effect of the approximants to decagonal quasicrystals
 Center for the Development of New Metallic Alloys and Compounds (C-MAC Days) Dresden, Njemačka (15.-18.11.2010.), (predavanje)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

MENTORSTVO

01. P. Popčević
 - D. Cmrk, seminarски rad, dodiplomski studij:
"Anizotropija toplinske vodljivosti monokristala dekagonalnog kvazikristala d-Al₇₀Co₁₀Ni₂₀"
 Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (23.12.2010.)
02. A. Smontara
 - I. Levatić, seminarски rad, dodiplomski studij:
"Sinteza kvazikristala i transportna svojstva"
 Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (siječanj 2010.)
 - I. Jurić, seminarски rad, doktorski studij:
"Ispitivanje električne otpornosti i termostruje Taylorove faze Al_{72,5}Mn_{21,5}Fe₆"
 Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (09.03.2010.)
 - K. Velebit, seminarски rad, doktorski studij:
"Istraživanje temperaturne ovisnosti otpornosti pniktida Ba(Co_{0,08}Fe_{0,92})₂As₂ i Ba(Ni_{0,05}Fe_{0,95})₂As₂ na visokim temperaturama"
 Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (13.12.2010.)
 - P. Popčević, doktorski rad:
"Anizotropija transportnih svojstava aproksimanata dekagonalnih kvazikristala"
 Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (29.10.2010.)
 - K. Velebit, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

GOSTOVANJA

01. N. Barišić (University of Minnesota, Minnesota, SAD)
(05.07.-12.07. 2010.)
02. A. Bilušić (PMF, Split)
(21.-23. 07. 2010.)
03. M. Bobnar (Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija)
(13.09-15.09. 2010.)
04. J. Dolinšek (Fakulteta za matematiko in fiziko i Odsek za fiziko trdne snovi, Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija)
(19.07.-23.07. 2010; 29.10. 2010.)
05. D. Pavuna (Centre for research on electronically advanced materials, EPFL, Lausanne, Švicarska)
(01.02.2010.)
06. D. Stanić (Odjel za fiziku, Sveučilište J. J. Strossmayer, Osijek)
(19.-23. 07. 2010.)
07. M. Komelj (Department for nanostructured materials, Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija)
(05.-06.10.2010.)

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. A. Smontara
 - Članica Steering committee ESF projekta *Highly frustrated magnetism*
 - Članica Advisory board EU projekta *Strengthening the SOLidstate research capacities in Zagreb by the introduction of Nuclear Magnetic Resonance method*
 - Predsjedateljica Advanced tutorials, 5th European School in Materials Science: Properties of Complex Metallic Alloys: Modeling, Simulation and Experiment, Ljubljana, Slovenija (24.-29.05.2010.)
 - Članica Governing i Science Board *European integrated centre for the development of Metallic Alloys and Compounds (C-MAC)*

RECENZIRANJE

01. J. Ivković
 - Journal of Physics: Condensed Matter
01. A. Smontara
 - Thin films, Philosophical Magazine
 - Research Networking Programmes (RNPs) European Science Foundation(ESF)

OSTALO

01. P. Popčević
 - Član Znanstvenog vijeća IF-a kao jedan od predstavnika znanstvenih novaka
01. A. Smontara
 - Članica Uredništva Matematičko-fizičkog lista

VODITELJ

Dr. sc. Katica Biljaković

SURADNICI

Dr. sc. Damir Starešinić, Damir Dominko, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

Mr. sc. Maja Đekić, Odsjek za fiziku, Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo,
Bosna i Hercegovina

ISTAKNUTI REZULTATI**OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA**

Naglasak istraživanja u okviru MZOŠ, NZZ i međunarodnog ECO-net projekta bio je na svojstvima osnovnog stanja vala gustoće naboja (VGN) na vrlo kratkim vremenskim skalama, kao i u reduciranim dimenzijama (tanki filmovi) u prototipnom VGN sistemu $K_{0.3}MoO_3$. Nastavljena su istraživanja niskoenergetskih pobuđenja u nesumjerljivim moduliranim stanjima i mjerena toplinskog kapaciteta malih uzoraka u magnetskim poljima. U domeni naših interdisciplinarnih aktivnosti završili smo s prostornom i vremenskom analizom raspodjele opožarenih površina u Republici Hrvatskoj.

Istraživanja ultrabrze dinamike sistema s valovima gustoće naboja

Nastavljena je suradnja s grupom J. Demšara u Konstazi. Eksperimenti s optičkim pulsevima od 40 fs omogućavaju direktno ispitivanje relaksacijskih procesa bržih od jednog titraja rešetke i otvaraju vrata proučavanju sasvim novih pojava poput prirode vezanja elektrona i rešetke. Klasični pristup je prepostavio adijabatsko vezanje elektrona i rešetke, uz uvjet da je relaksacija elektrona puno brža nego što je period titraja rešetke. Međutim, novi eksperimenti ukazuju na neadijabatske uvjete i rezonantno vezanje jer je elektronsko vrijeme gušenja usporedivo s vremenom titraja rešetke. To baca novo svjetlo na konvencionalnu sliku Peierlsovog prijelaza i nastanka kolektivnog stanja VGNa koja predviđa potpuno "mekšanje" rešetke na temperaturi faznog prijelaza za valni vektor $2kF$ određen nestabilnošću elektronskog podsistema (što eksperimentalno nikad nije bilo potvrđeno). Uvođenje čisto elektronskog dijela parametra uređenja može objasniti problem nepotpunog mekšanja kao i eksperimentalno opažanje mekšanja svih viših modova iste simetrije (rad u PRL).

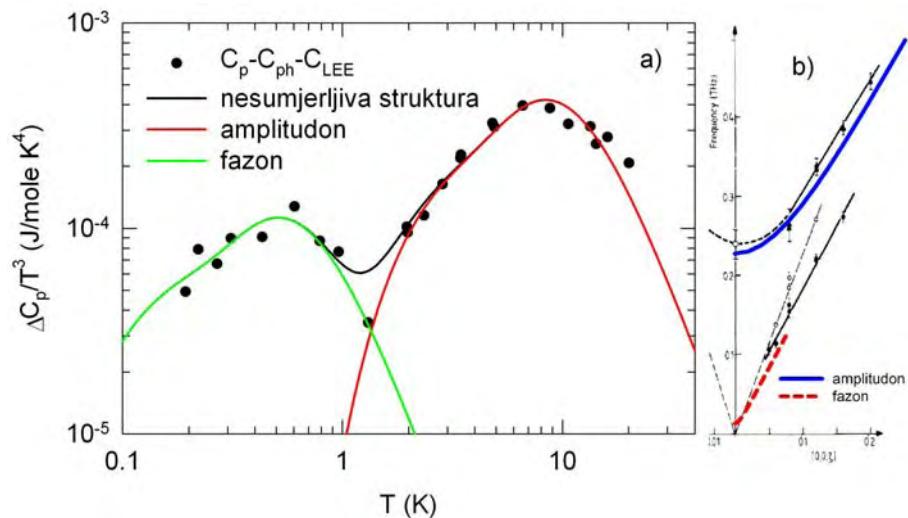
Izrada i karakterizacija tankih filmova sistema s valovima gustoće naboja

Nastavili smo s izučavanjem svojstva VGN stanja u reduciranim dimenzijama kroz sudjelovanje u nastavku proizvodnje i karakterizacije novih tankih filmova VGN sistema K i Rb plave bronce u suradnji s nekoliko vanjskih laboratorijskih (Bukurešt, Zagreb, Sarajevo, Konstanca), koja je proširena suradnjom s dvije grupe s Instituta Rudjer Bošković (M. Jakšić i V. Svetličić) te su završena ispitivanja prve dobre serije filmova plave bronce za koje je potvrđeno postojanje osnovnog VGN stanja. Završili smo prvu zajedničku publikaciju s tom

problematikom koja je prihvaćena za objavljivanje u Journal for Applied Physics. Mreža suradnje na toj problematiki je bila osnova za organizaciju zajedničkog međunarodnog suradnog skupa krajem listopada u Vukovaru pod naslovom "Charge Density Waves: small scales and ultrashort times".

Doprinos toplinskog kapacitetu od pobuđenja faze u nesumjerljivim moduliranim sistemima

Analizirani su rezultati mjerjenja niskotemperaturnog toplinskog kapaciteta ThBr_4 sistema s nesumjerljivom modulacijom dobiveni u dilucijskom kalorimetru u Grenoblu, u okviru ECO-NET projekta. Neutronска испитivanja u tom sistemu su pokazala postojanje pobuđenja amplitude i faze parametra uređenja te dala njihove disperzije. Analiza toplinskog kapaciteta preko doprinosa dvaju modova s konačnim energetskim procjepom i linearnom diperzijom na višim valnim vektorima/frekvencijama pokazala je dobro slaganje s disperzijom pobuđenja amplitute na visokim energijama, ali i postojanje konačnog energetskog procjepa za pobuđenja faze reda 10 GHz koji je manji od rezolucije neutronskih mjerena (Slika 1.).



Slika 1. (a) Dodatni doprinos toplinskog kapaciteta ThBr_4 , sistema s nesumjerljivom modulacijom (nakon oduzimanja Debye-vog doprinosa rešetke C_{ph} i niskotemperaturnog linearne doprinosa C_{LEE}) može se opisati s dva doprinosa od pobuđenja sa sinusoidalnom disperzijama.

(b) Disperzije dobivene prilagodbom odgovaraju izmjerenim disperzijama amplitudnih i faznih pobuđenja nesumjerljive superstrukture.

Mjerena toplinskog kapaciteta na niskim temperaturama i u magnetskom polju (mali uzorci)

Nastavljeni su mjerena toplinskog kapaciteta različitih sistema na niskim temperaturama i u magnetskom polju. Dovršena su mjerena magnetskog izolatora CuSeO_3 u magnetskom polju u različitim orientacijama koja nisu pokazala promjene u poljima do 8 T. Izmjerena je niskotemperaturni toplinski kapacitet dijela serije metalnih stakala na bazi bakra, hafnija i titana ($\text{Cu}_{55}\text{Hf}_{45-x}\text{Ti}_x$),

u suradnji sa prof. E. Babićem na PMF-u (diplomski rad I. Gašparlin). Opaženo je da Debyeva temperatura raste s udjelom lakših atoma titana, a gustoća stanja na Fermijevom nivou ima minimum na koncentraciji titana za koju je sposobnost formiranja stakla najveća. Izmjerena je toplinski kapacitet magnetokaloričnog sistema $Gd_5Si_2Ge_2$ i to posebno histereza i promjena entalpije na istovremeno strukturalnom i magnetskom faznom prijelazu te magnonski doprinos na niskim temperaturama.

Analiza prostorne i vremenske raspodjele opožarenih površina u Republici Hrvatskoj

Završena je analiza više od 45 000 požara otvorenog prostora zabilježenih u RH u periodu od 1996. do 2007. godine s ciljem prikaza mogućnosti koje takav pristup može dati u boljem razumijevanju kompleksnog problema šumskih požara. Statistički zakoni koje slijede raspodjele opožarenih površina ili dinamika izbijanja požara imaju univerzalne oblike proširene eksponencijale ili zakona potencije. Pokazali smo da proširena eksponencijala vjerno opisuje raspodjelu opožarenih površina za sve osim 5% najvećih požara. Dobiveni parametri za pojedine policijske uprave variraju i pokazuju nerelevantnost administrativnih granica, kao i neprilagođenost same baze podataka za sveobuhvatniju analizu koja bi mogla ukazati na moguće korelacije parametara s naseljenošću, tradicijom, klimatskim karakteristikama, vegetacijom, kao i osnovnim karakteristikama lokalne protupožarne zaštite (npr. broja vatrogasaca, dužine prosjeka...). Rad je predstavljen na II konferenciji hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa i objavljen u zborniku konferencije.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Kompleksni modulirani sistemi: nova osnovna stanja, defekti i magnetski efekti*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352827-2842)

Glavni istraživač: K. Biljaković (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Etude des excitations collectives dans les systèmes quasi-unidimensionnels à onde de densité de charge*

Vrsta projekta: multilateralni projekt francuske vlade (ECO-NET)

Glavni istraživači: K. Biljaković (IF), J.E. Lorenzo (Institut Neél, Grenoble, Francuska)

Vrijeme trajanja: 2009.-2010.

Naslov projekta: *Valovi gustoće naboja na malim skalama i u ultrakratkim vremenima*

Vrsta projekta: NZZ (0-3509-2010) Međunarodni suradni skup

Glavni istraživači: K. Biljaković (IF), J. Demšar (Sveučilište u Konstanci, Njemačka)

Vrijeme trajanja: 01.09.-31.12.2010.

SURADNJA

01. *Istraživanje dugodosežnih korelacija i stohastično modeliranje na nivou stanice*, MZOŠ projekt 114-0352827-1370
D. Starešinić (IF), B. Podobnik (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci)
02. *Photolithographic synthesis and electronic properties of graphene based devices and related structures*, UKF 1B Cooperability projekt
D. Starešinić i D. Dominko (IF), T. Valla (BNL, Brookhaven, SAD) i M. Kralj (IF)
03. *Istraživanje stakala elektronskih kristala*
D. Starešinić (IF), P. Lunkenheimer (Institut za fiziku, Sveučilište u Augsburgu, Njemačka)
04. *Istraživanja ultrabrze dinamike sistema s valovima gustoće naboja*
K. Biljaković (IF), J. Demšar (Centar za primenjenu fotoniku, Sveučilište u Konstanci, Njemačka)
05. *Proizvodnja i karakterizacija tankih filmova VGN sistema $Rb_{0,3}MoO_3$*
K. Biljaković, O. Milat i S. Milošević (IF), V. Svetličić, M. Jakšić (IRB), I. Mihailescu (INFLPR, Rumunjska), J. Demšar (IJS, Slovenija)

OBJAVLJENI RADOVI**ZNANSTVENI - REDOVNI**

01. H. Schäfer, V.V. Kabanov, M. Beyer, K. Biljaković, J. Demšar
Disentanglement of the Electronic and Lattice Parts of the Order Parameter in a 1D Charge Density Wave System Probed by Femtosecond Spectroscopy
Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 066402(1)-066402(4)
02. D. Dominko, D. Starešinić
The influence of temperature and electric field history on the conductivity of the charge density wave system o-TaS₃
J. Phys.: Condens. Matter 22 (2010) 055603(1)-055603(6)

STRUČNI

01. K. Biljaković, D. Starešinić, D. Dominko, I. Crljenica, B. Podobnik, A. Golub
Požari u Republici Hrvatskoj: prostorna i vremenska analiza
Zbornik radova s Druge konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, ISSN 1847-7070 (ur. D. Trut, nakladnik DUZS, Zagreb, listopad 2010.) 91-97

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. K. Biljaković
Sustav za predviđenje širenja požara raslinja
II Radionica sekcije za primjenjenu i industrijsku fiziku HFD-a, Zagreb, 2010. (predavanje)
02. K. Biljaković, D. Starešinić, J. C. Lasjaunias, P. Monceau
Phase excitations in charge density wave systems versus boson peak and TLS in glasses
10th International Workshop on Non Crystalline Solids, IWNCS10, Barcelona, Španjolska, 2010. (predavanje)

03. D. Starešinić, D. Dominko, K. Biljaković, M. Jakšić, Z. Siketić,
P. Lunkenheimer, A. Loidl
Controlling the glass transition temperature in the charge density wave superstructure
10th International Workshop on Non Crystalline Solids, IWNCS10, Barcelona,
Španjolska, 2010. (predavanje)
04. K. Biljaković, D. Starešinić, D. Dominko, I. Crljenica, B. Podobnik, A. Golub
Požari u Republici Hrvatskoj: prostorna i vremenska analiza
II Konferencija hrvatske Platorme za smanjenje rizika od katastrofa, Zagreb,
2010. (predavanje)
05. D. Dominko, D. Starešinić, K. Biljaković, K. Salamon, O. Milat, A. Tomeljak,
J. Demšar, Z. Siketić, M. Jakšić, G. Pletikapić, V. Svetličić, G. Socol,
C. Ristoscu, I. N. Mihailescu, J. Marcus
Development of thin films of blue bronze and detecting charge density wave ground state
Adriatic School on Nanoscience, Dubrovnik, 2010. (poster)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. K. Biljaković
- *Glass transition in the charge density wave superstructure*
Laboratorij za koloide, stakla i nanometerijale, Sveučilište u Montpellieru,
Francuska
(15.12.2010., seminar)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

MENTORSTVO

01. K. Biljaković
- I. Gašparlin, diplomski rad:
"Toplinski kapacitet krutina"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (izrada u tijeku)

02. D. Starešinić

 - D. Dominko, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

STUDIJSKI BORAVCI

01. K. Biljaković
- Institut za fiziku, Sveučilište u Augsburgu, Njemačka
(30.11.2010.-02.12.2010.)
 - Centar za primjenjenu fotoniku, Sveučilište u Konstanci, Njemačka
(02.12.2010.-04.12.2010.)
 - Institut Neel, Grenoble, Francuska
(04.12.2010.-14.12.2010.)
 - Laboratorij za koloide, stakla i nanometerijale, Sveučilište u Montpellieru,
Francuska
(14.12.2010.-16.12.2010.)

LABORATORIJ ZA KOMPLEKSNE SISTEME

03. D. Starešinić

- Institut za fiziku, Sveučilište u Augsburgu, Njemačka
(30.11.2010.-02.12.2010.)
- Centar za primjenjenu fotoniku, Sveučilište u Konstanci, Njemačka
(02.12.2010.-04.12.2010.)

04. D. Dominko

- Institut za fiziku, Sveučilište u Augsburgu, Njemačka
(30.11.2010.-02.12.2010.)
- Centar za primjenjenu fotoniku, Sveučilište u Konstanci, Njemačka
(02.12.2010.-10.12.2010.)

GOSTOVANJA

01. H. Šamić

Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
(više kraćih posjeta tijekom 2010.)

02. M. Đekić

Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
(više kraćih posjeta tijekom 2010.)

03. I. Mihailescu

National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics, Magurele,
Rumunjska
(27.-28.10.2010.)

04. C. Ristoscu

National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics, Magurele,
Rumunjska
(27.-28.10.2010.)

05. G. Logvenov

Institut Max Planck, Stuttgart, Njemačka
(27.-28.10.2010.)

06. S. Zaitsev-Zotov

Institut za radioinžinerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva,
Ruska federacija
(27.-28.10.2010.)

07. V. Pokrovskii

Institut za radioinžinerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva,
Ruska federacija
(27.-28.10.2010.)

08. I. Gorlova

Institut za radioinžinerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva,
Ruska federacija
(27.-28.10.2010.)

09. S. Zybtsev

Institut za radioinžinerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva,
Ruska federacija
(27.-28.10.2010.)

10. V. Nasretdinova

Institut za radioinžinerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva,
Ruska federacija
(27.-28.10.2010.)

11. M. Nikitin

Institut za radioinžinerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva,
Ruska federacija
(27.-28.10.2010.)

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. K. Biljaković

- Organizacija NZZ suradnog skupa "Charge density waves: small scales and ultrashort time", Vukovar, Hrvatska (28.-31.10.2010.)
- Član Organizacijskog odbora II Konferencije hrvatske Platforme za smanjenje rizika od katastrofa, Zagreb, Hrvatska (14.10.2010.)

02. D. Starešinić

- Član Organizacijskog odbora NZZ suradnog skupa "Charge density waves: small scales and ultrashort time", Vukovar, Hrvatska (28.-31.10.2010.)

03. D. Dominko

- Član Organizacijskog odbora NZZ suradnog skupa "Charge density waves: small scales and ultrashort time", Vukovar, Hrvatska (28.-31.10.2010.)

RECENZIRANJE

01. K. Biljaković

- Physical Review Letters, Physical Review B

02. D. Starešinić

- Physical Review Letters, Physical Review B
- MIPRO 2010 - 33rd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics

POPULARIZACIJA

01. D. Starešinić

- *Gdje gori?*
Otvoreni dani Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010.)

02. D. Dominko

- *NeNewtonske i feromagnetske tekućine*
Otvoreni dani Instituta za fiziku, Zagreb (05.03.2010.)

OSTALO

01. K. Biljaković

- Član natječajne komisije Nacionalnog programa stipendiranja "Za žene u znanosti" L'Oreal i Unesco

- član Odbora Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa
- predsjednica Znanstvenog vijeća Instituta za fiziku
- član Povjerenstva za praćenje rada asistenata Instituta za fiziku

02. D. Starešinić

- pomoćnik ravnatelja Instituta za fiziku
- sudjelovanje u pripremi prijave Instituta za fiziku na natječaj FP7-REGPOT-2011-1

VODITELJ

Dr. sc. Petar Pervan

SURADNICI

Dr. sc. Milorad Milun, dr. sc. Marko Kralj, Ivo Pletikosić, dipl. inž.,
Marin Petrović, dipl. inž., Iva Šrut, dipl. inž.

VANJSKI SURADNICI

Dr. sc. Vesna Mikšić Trontl, FER, Zagreb

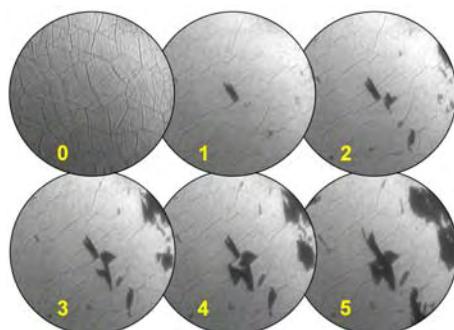
ISTAKNUTI REZULTATI**OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA**

Aktivnosti u laboratoriju dominantno su usmjereni na karakterizaciju i modifikaciju elektronske strukture epitaksijalnog grafena u dvije aparature, koje se baziraju na: (a) kutno-razlučivoj fotoelektronskoj spektroskopiji (ARPES), te (b) pretražnoj tunelirajućoj mikroskopiji (STM). I dalje je glavni sistem od interesa grafen na Ir(111) površini, ali sada sve više u smislu kompleksnih, npr. interkaliranih sustava, gdje je grafen samo jedna od komponenti koja određuje svojstva hibridnog sistema. Dio aktivnosti obilježen je projektima koji su započeli u 2010. godini: UKF, te DAAD-MZOŠ.

Interkalacija grafena alkalijskim metalima

Epitaksijalni grafen na Ir pokazuje se kao dobar modelni sistem za proučavanje efekata kemijskog dopiranja grafena interkalacijom alkalijskih metala između grafena i Ir. Iako u takvim kompleksnim sistemima dolazi do prijenosa naboja s alkalijskim atomima na iridij i grafen, dopiranje alkalijsima uvijek je n-tipa, tj. dodavanjem alkalijskih atoma pi-stanja grafena pune se elektronima i dolazi do promjene elektronske strukture, poglavito pomicanja Diracove točke na sve veće vezivne energije, što smo direktno pratili pomoću ARPES tehnike. Dodatno, u blizini Fermijeve energije dolazi do sve izraženije renormalizacije elektronske strukture grafene, uslijed povećanja faznog prostora za elektron-fonon međudjelovanja u grafenu. U 2010. godini upotpunili smo gotovo cijeli "fazni dijagram" alkalijskog dopiranja, najintenzivnije radeći sa Li i Cs (uz Na i

K, koje smo radili u prethodnoj godini). Iako su efekti dopiranja vrlo



Slika 1. Niz LEEM slika dobivenih tijekom interkalacije cezija u grafen na iridiju. Pojava tamnih područja direktno je vezana uz područja koja se interkaliraju cezijem i to preko postojećih nabora u grafenu. Promjer svake LEEM slike je 14 µm.

LABORATORIJ ZA FIZIKU POVRŠINA I PODUPRTIH NANOSTRUKTURA

slični, uočili smo određene razlike, kako u konačnoj strukturi interkaliranog sloja i maksimalnom prijenosu naboja u grafen, tako i u načinu na koji se mijenja elektronska struktura.

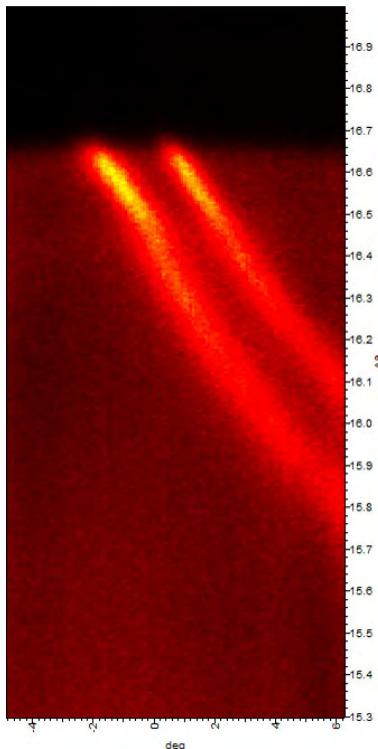
Mjerenja na vicinalnim površinama

Cilj da anizotropno moduliramo svojstva grafena, epitaksijalnim rastom na vicinalnim površinama vezano je uz preliminarne eksperimente koje smo provodili na Cu(223) i Ir(332) površinama. Za Cu(223) površinu napravili smo detaljnu ARPES karakterizaciju elektronskih stanja čiste površine. U slučaju Ir(332) uzorka, primijenili smo recepture priprave grafena koje smo razvili za Ir(111) površinu. Dobiveni STM rezultati ukazuju da se grafen nedvojbeno formira na toj površini, ali da uslijed rasta dolazi do efekata kao što su "step bunching", koji je posljedica mobilnosti iridijevih atoma i terasa u katalitičkim procesima koji se odvijaju tijekom dekompozicije etilena i rasta grafena. Ti rezultati ukazuju na potrebu da se razviju drugačiji recepti za rast epitaksijalnog grafena na stepenastim metalnim površinama.

Intekalacija grafena metalima rijetkih zemalja

Slično kao i prilikom interkalacije alkalijskih atoma, kod interkalacije elemenata rijetke zemlje, dolazi do promjena u elektronskoj strukturi grafena. U sklopu DAAD suradnje u laboratoriju u Zagrebu smo pomoću ARPES tehnike detaljno karakterizirali elektronsku strukturu gr/Eu/Ir(111) sistema, za dvije najstabilnije strukture Eu interkaliranog sloja. Također, kombinacijom intekalacije Cs i Eu proučavali smo doprinose u elektronskoj strukturi i relativne energije vezanja interkaliranog Cs i Eu. U sklopu tog projekta proveli smo i dodatne ARPES eksperimente za postepeni (TPG) rast grafena na Ir površini. Komplementarna nisko-temperaturna STM mjerena vršena su na Sveučilištu u Kölnu.

Slika 2. ARPES mapa uzorka interkaliranog cezijem i europijem koja pokazuje dva karakteristična potpisa u elektronskoj strukturi grafena zbog prisutnosti ta dva interkalirana područja. Vide se djelovi odgovarajućih Diracovih konusa i renormalizacija elektronskih vrpci (kink) u blizini Fermijeve energije zbog djelovanja elektron-fonon vezanja.



Stanja zrcalnog potencijala grafena na iridiju

Potaknuti uspješnim istraživanjima popunjениh elektronskih stanja ARPES metodom, koja se temelje na strukturnoj uniformnosti i slabom (kemijskom) vezanju epitaksijalnog grafena na Ir(111), u sklopu NSF-MZOŠ projekta u suradnji s kolegama sa Sveučilišta Columbia, primjenili smo metodu dvo-fotonike fotoelektronske spektroskopije (2PPE) s kojom smo istraživali područje elektronske strukture između Fermijeve energije i vakuumskog nivoa. U monokromatskom 2PPE eksperimentu, mapirali smo seriju stanja u blizini vakuumskog nivoa za grafenom potpuno ili dijelomično prekrivenu površinu. Time smo dobili prve spektroskopske potpisne stanje zrcalnog potencijala grafena, zahvaljujući epitaksijalnom grafenu na Ir koji je poslužio kao modelni sistem za ispitivanje tih elektronskih stanja grafena.

Uvođenje fotolitografske metode

Sredinom godine otpočeo je UKF projekt "Photolithographic synthesis and electronic properties of graphene based devices and related structures", koji vodi T. Valla sa BNL laboratorija, a na IF-u je lokalni koordinator M. Kralj. Osim članova ovog Laboratorija uključuje nekoliko kolega iz drugih laboratorija na IF-u (Hamzić, Čulo, Starešinić, Dominko), te s PMF-a (Basletić). Cilj projekta je uspostava metode fotolitografije za izradu uzoraka i nano-uređaja (devices) kojima bi se mogla mjeriti transportna svojstva, gdje je grafen prvi materijal od interesa. U prvom dijelu projekta, realizirano je nekoliko posjete BNL laboratoriju, specifično treninga i mjeranja na NSLS sinhrotronu i CFN nano-centru. Proizvedeno je nekoliko grafenskih devices, kojima su u Zagrebu mjerena osnovna transportna svojstva (mobilnost, Hall efekt).



Slika 3: Grafenski device (Hall bar) dobiven eksfolijacijom grafena iz grafita na SiO podlogu i dodatnom litografskom obradom uzorka na Brookhaven laboratoriju u sklopu aktivnosti UKF projekta. Prikazana slika dobivena optičkim mikroskopom.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Elektronska i kristalna struktura poduprtih samoorganiziranih nano-sistema*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352828-2840)

Glavni istraživač: P. Pervan (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

LABORATORIJ ZA FIZIKU POVRŠINA I PODUPRTIH NANOSTRUKTURA

Naslov projekta: *Photolithographic synthesis and electronic properties of graphene based devices and related structures*

Vrsta projekta: UKF 1B (66/10)

Glavni istraživač: M. Kralj (IF), T. Valla (Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, SAD)

Vrijeme trajanja: 2010.-2012.

Naslov projekta: *Epitaxial-graphene-enabled tunable metamaterials*

Vrsta projekta: NSF-MZOŠ bilateralni američko-hrvatski projekt

Glavni istraživač: M. Kralj (IF) i R.M. Osgood (Columbia University, New York, SAD)

Vrijeme trajanja: 2009-2011.

Naslov projekta: *Graphene-cluster hybrids*

Vrsta projekta: DAAD-MZOŠ bilateralni njemačko-hrvatski projekt

Glavni istraživač: M. Kralj (IF) i C. Busse (Universität zu Köln,
II. Physikalisches Institut, Köln, Njemačka)

Vrijeme trajanja: 2010.-2011.

SURADNJA

01. *Nukleacija Ge-nanočestica*

M. Kralj (IF), M. Buljan (Zavod za poluvodič, Institut Ruđer Bošković,
Zagreb)

02. *Samosastavljanje slojeva organskih molekula na površinama*

M. Kralj (IF), I. Biljan i H. Vančik (Zavod za organsku kemiju, Kemijski
odsjek, PMF, Zagreb)

03. *Modeli elektronske strukture alkali-dopiranog grafena*

Laboratorij IF i dr.sc. R. Brako i D. Šokčević (Institut Ruđer Bošković,
Zagreb)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. I. Pletikosić, M. Kralj, D. Šokčević, R. Brako, P. Lazić, P. Pervan

Photoemission and DFT study of Ir(111); energy band gap mapping
J. Phys.: Condens. Matter **22** (2010) 135006(1)-135006(6)

STRUČNI

01. M. Kralj

Grafenska zemlja čудesa
e-škola Fizika

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. M. Kralj, I. Pletikosić, M. Milun, P. Pervan, A.T. N'Diaye, C. Busse, T. Michely, J. Fuji, I. Voborník, T. Valla

Electronic structure of a monolayer graphene on Ir(111) probed by ARPES
DPG Frühjahrstagung, Regensburg, Njemačka, 2010. (poster)

LABORATORIJ ZA FIZIKU POVRŠINA I PODUPRTIH NANOSTRUKTURA

02. M. Kralj, M. Petrović, J.I. Dadap, K.R. Knox, N. Zaki, R. Bhandari, P.-C. Yeh, R.M. Osgood
2PPE characterization of image potential states of graphene/Ir(111)
Ultrafast Surface Dynamics 7, Brijuni, Hrvatska, 2010., (poster)
03. I. Šrut, M. Petrović, I. Pletikosić, M. Kralj, P. Pervan, M. Milun
Manipulation of noble metal surface states by steps and adsorption
17. Međunarodni sastanak Vakumska znanost i tehnika, Tuhelj, Hrvatska, 2010., (predavanje)
04. P. Pervan, I. Pletikosić, M. Kralj, M. Milun
Electronic properties of graphene on Ir(111)
Ultrafast Surface Dynamics 7, Brijuni, Hrvatska, 2010. (predavanje)
05. M. Milun
Collaborative workshop on Charge density waves: small scales and ultrashort time
Vukovar, Hrvatska, 2010., (sudjelovanje)
06. V. Mikšić
Surface microscopy and spectroscopy
Collaborative workshop on Charge density waves: small scales and ultrashort time
Vukovar, Hrvatska, 2010., (predavanje)

PREDAVANJA I SEMINARI

01. M. Kralj
- *Surface science approach to a carbon monolayer: epitaxial graphene for fundamental research and application*
Uniwersytet Wrocławski, Instytut Fizyki Doświadczalnej, Polska
(26.02.2010., seminar)
 - *Graphene on Ir(111): particular example of epitaxial graphene*
EPFL, Institute of Condensed Matter Physics, Lausanne, Švicarska
(20.05.2010., seminar)
 - *Od obične olovke do Nobelove nagrade za fiziku*
Institut Ruđer Bošković, Zagreb
(28.10.2010., predavanje)
 - *High-quality graphene on Ir(111) viewed by angle-resolved photoemission*
Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Festkörperphysik, Erlangen, Njemačka
(11.11.2010., seminar)
 - *Od obične olovke do Nobelove nagrade*
Hrvatsko fizikalno društvo, Zagreb
(09.12.2010., predavanje)
02. M. Milun
- *Quantization in two-dimensional metallic systems*
ASON, 1st Adriatic School on Nanosciences, Dubrovnik
(19.9.2010., predavanje)
 - *Nanoznanosti i nanotehnologije*
Županijsko vijeće fizike - osnovne škole, Krapinsko-Zagorska županija, Zagreb
(30.9.2010. predavanje)

LABORATORIJ ZA FIZIKU POVRŠINA I PODUPRTIH NANOSTRUKTURA

- *Nanoznanosti i nanotehnologije*
Županijsko vijeće fizike - osnovne škole, Zagreb
(31.9.2010., predavanje)
- *Nanosciences*
MIOC, Zagreb
(12.3.2010., predavanje)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. M. Milun

- *Nanotehnologije*
predavač, doktorski studij, Kemijski odsjek, PMF, Zagreb
(2010./2011.)
- *Fizikalna i kemijska svojstva površina i nanostruktura*
predavač, doktorski studij, FKIT, Zagreb
(2010./2011.)
- *Fizikalna i kemijska svojstva površina i nanostruktura*
predavač, dodiplomski studij, FKIT, Zagreb
(2010./2011.)

MENTORSTVO

01. M. Kralj

- M. Petrović, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
- I. Šrut, doktorski studij, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
- I. Šrut, diplomski rad:
"Moduliranje dvodimenzionalnog elektronskog plina periodičkim nizom stepenica"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (14.07.2010.)
- I. Delač, diplomski rad:
"Rast i svojstva grafena na stepenastim površinama"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (20.12.2010.)

STUDIJSKI BORAVCI

01. M. Kralj

- Columbia University, New York, SAD
(05.05.2010.-15.05.2010.)
- Brookhaven National Laboratory, Upton, SAD
(19.11.2010.-04.12.2010.)

02. M. Petrović

- Columbia University, New York, USA
(05.05.2010.-15.05.2010.)
- Universität zu Köln, Köln, Njemačka
(19.05.2010.-18.06.2010.)
- Brookhaven National Laboratory, Upton, SAD
(19.11.2010.-04.12.2010.)

03. I. Šrut

- Universität zu Köln, Köln, Njemačka
(17.10.2010.-23.10.2010.)

04. M. Milun

- Inštitut za materijale in tehnologije, Ljubljana, Slovenija
(15.2.2010.-26.2.2010.)

GOSTOVANJA

01. P. Homelhoff

Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Njemačka
(14.-16.01.2010.)

02. T. Valla

Brookhaven National Laboratory, Upton, USA
(17.-21.06.2010.)

03. D. Förster

Universität zu Köln, Köln, Njemačka
(06.-24.09.2010.)

04. S. Runte

Universität zu Köln, Köln, Njemačka
(01.-23.10.2010.)

05. C. Busse

Universität zu Köln, Köln, Njemačka
(01.-07.11.2010.)

NAGRADA I PRIZNANJA

01. M. Milun

Odlukom Senata Sveučilišta u Zagrebu izabran u naslovno zvanje redoviti profesor iz područja prirodnih znanosti u polju fizika, fizika kondenzirane materije

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. P. Pervan

- Član izdavačkog savjeta časopisa Vacuum-Elsevier
- Član organizacijskog odbora ljetne škole "ASON-1 - International Summer School Adriatic School of Nanoscience", Dubrovnik, 2010.

02. M. Milun

- Član International Scientific Committee 18th Conference on materials and Technology, Portorož, Slovenia (15.-17.-11.2010.)
- Član Nadzornog odbora Hrvatskog fizikalnog društva (od 9.12.2010.)
- Član programskog odbora stručnog skupa u povodu 125 godina HPD "125 godina komuniciranja i promocije znanosti u Hrvatskoj", Zagreb, 2010.

RECENZIRANJE

01. M. Kralj
 - Surface Science
 - NZZ projekti
02. P. Pervan
 - Physical Review B
03. M. Milun
 - Journal of Physics and Chemistry of Solids, International Journal of Hydrogen Energy, Physical Review B, Vacuum
 - NZZ projekti

POPULARIZACIJA

01. M. Kralj
 - *Povodom Nobelove nagrade za fiziku 2010.*
HTV1 - "Među nama" (19.10.2010.), "Trenutak spoznaje" (09.12.2010.)
 - *Povodom Nobelove nagrade za fiziku 2010.*
HR1 - "Drag mi je Platon" (06.10.2010.), "Oko znanosti" (26.11.2010.)
 - *Povodom Nobelove nagrade za fiziku 2010.*
Radio Sljeme - "Iz svijeta znanosti" (28.10.2010.)
02. P. Pervan
 - *Predsjednik žirija*
Popularizacijski projekt "Laboratorij slave", u organizaciji Festivala znanosti i British Council-a, Zagreb (21. 05. 2010.)
03. M. Milun
 - *Slikar, jaje, bicikl i fizika*
Otvoreni dan Instituta za fiziku, (05.03..2010.)
 - *Slikar, jaje, bicikl i fizika*
Klub fizičara i matematičara, Rijeka (25.03.2010.)
 - *Sudjelovanje u TV emisiji*
HTV1 - "Lica nacije" (18.6.2010)

OSTALO

01. M. Kralj
 - blagajnik Hrvatskog fizikalnog društva
 - Electroral college Member of the Applied Surface Science Division (ASSD) of IUVSTA
02. P. Pervan
 - Član povjerenstva MZOŠ-a za praćenje EU okvirnih programa
03. M. Milun
 - Član Nacionalnog vijeća za visoko obrazovanje
 - Član FP7 Programskega odbora NMP
 - Član Malog vijeća Hrvatskog prirodoslovnog društva
 - Član hrvatske delegacije za izbor COGITO projekata
 - Predavač na NMP Infodanu, MZOŠ, Zagreb, 15.09.2010.

VODITELJI

Dr. sc. Branko Gumhalter i dr. sc. Antonio Šiber

SURADNICI

Dr. sc. Branko Gumhalter, dr. sc. Antonio Šiber

VANJSKI SURADNICI

Dr. sc. Ante Bilić, CSIRO Mathematics, Informatics and Statistics, Clayton South, Australija,
dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš, Cambridge University, Velika Britanija

ISTAKNUTI REZULTATI

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI GRUPE

Razvoj suvremenih kvantno-mehaničkih metoda omogućuje teorijski opis, modeliranja i interpretacije osnovnih svojstava modelnih nanosistema koji se intenzivno istražuju u laboratorijskim uvjetima. Cilj jednog od naših projekata je razvoj koncepata i teorijskih modela za opis i interpretaciju elektronskih i dinamičkih svojstava prototipnih nanostruktura kao što su površine i površinske vrpce, adsorbitirani atomi i molekule, tanki slojevi, fabricirane nanoskopske strukture niskih dimenzija kao što su kvantne točke, kvantne žice itd. Posebna pažnja se posvećuje opisu dinamičkih procesa u realnom vremenu.

Virusi predstavljaju vrhunski primjer samosastavljanja jer se njihovi proteini spontano, u in vitro uvjetima precizno slažu u virusni omotač. U okviru našeg drugog projekta tražimo odgovore na pitanja o svojstvima elementarnih sastavnica (anizotropnosti međudjelovanja, oblicima) koje vode ka određenoj (funkcionalnoj) strukturi. U tom smislu posebno je zanimljivo razmatranje međudjelovanja "živih" (vlažnih) i "neživih" (anorganskih, organskih, suhih, vlažnih) komponenata strukture npr. proteina i metalnih klastera.

Ultrabrzsa elektronska dinamika na površinama

Diskutirano je nastajanje i evolucija kratkoživućih koherentnih eksitonskih stanja induciranih laserskim obasjavanjem metalnih površina koje podržavaju kvazi-dvodimenzionalne površinske vrpce. Ta stanja, koja evoluiraju u stanja zrcalnog potencijala tokom zasjenjenja primarno pobuđenih parova elektron-šupljina, igraju ulogu ranih međustanja u pumpno-probnim spektroskopijama površina (na pr. U dvo-fotonsoj fotoemisiji) ako se formiranje naboja zasjenjenja odvija na skali sličnoj ili dužoj od trajanja laserskih pulseva i njihovog vremenskog razmaka. U takvom režimu pumpno-probni eksperimenti mogu pružiti informaciju o karakteristikama takvih stanja a ne o relaksiranim stanjima zrcalnog potencijala. Vremenske skale opisanih procesa procijenjene su pomoću egzaktno rješivog modela elektronskog zasjenjenja na površinama.

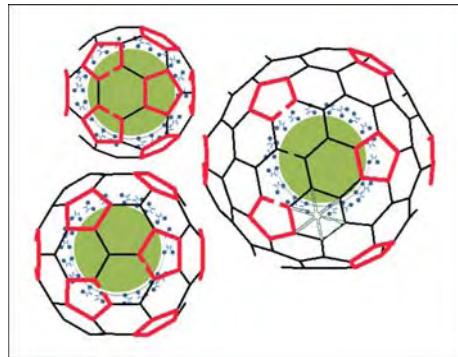
Električni transport u nanostrukturiranim sistemima

Proučavan je transport kroz molekularne kontakte (oligomer p-phenylene-vinylene) između zlatnih elektroda metodom funkcionala gustoće i neravnotežnih Greenovih funkcija. Studiran je utjecaj kontaktne geometrije za elongirane i kontrahirane procjepne između elektroda, kao i za razne molekularne konformacije. Izračunate U-V karakteristike kao funkcije udaljenosti kontakata pokazuju neuobičajeni porast u vodljivosti za male napone. Najniža vodljivost je opažena za ravnotežnu geometriju molekule u procjepu između elektroda.

Energetika i termodinamika nano-bio sustava

Nastavljen je istraživanje energetike virusa, posebno s obzirom na međudjelovanja koja vode ka precizno sastavljenoj strukturi. Na tom tragu je i rad A. Šiber et al, Phys. Rev. E 81 (2010) 051919 koji donosi model sastavljanja hibridnih, "suho-vlažnih", "živo-neživih" struktura koje se sastoje od zlatne sredice funkcionalizirane negativno nabijenim polimerima i virusnih proteina koje tu sredicu omotavaju (Slika 1.). S obzirom da virusni proteini često mogu graditi omotače raznih veličina (s različitim brojem proteina), promatrano je kako termodinamički najvjerojatnija struktura ovisi o naboju i veličini zlatne sredice. Ovisno o tim parametrima dobiven je i fazni dijagram za samosastavljanje.

Nastavljen je i rad na opisu van der Waalsovih (vdW) međudjelovanja u Lifshitz-Pitaevskii (Parsegian) pristupu. Ovi se proračuni mogu smatrati dobrim uvodom u detaljniji i kvantitativniji opis vdW međudjelovanja u biološkom kontekstu. Razmatrana su međudjelovanja između ugljikovih nanocijevi, koje imaju anizotropan (longitudinalni i transferzalni) dielektrički odziv, i anizotropnog substrata.



Slika 1. Funkcionalizirane zlatne sredice u proteinskim ljkusma različite veličine.

PROJEKTI

Naslov projekta: *Kvantna stanja, ultrabrza dinamika i dekoherencija u nanostruktturnim sistemima*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352828-2839)

Glavni istraživač: B. Gumhalter (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Energetskom kompeticijom uvjetovani oblici i stukture nanometarskih sustava*

Vrsta projekta: MZOŠ (035-0352828-2837)

Glavni istraživač: A. Šiber (IF)

Vrijeme trajanja: 2007.-2011.

Naslov projekta: *Theoretical modeling and simulations of the structural, electronic and dynamical properties of surfaces and nanostructures in materials science*

Vrsta projekta: bilateralni hrvatsko-japanski projekt

Glavni istraživač: B. Gumhalter (IF), H. Kasai (Osaka University, Osaka, Japan)

Vrijeme trajanja: 2010.-2013.

SURADNJA

01. Ultrabrza elektronska dinamika na površinama:

B. Gumhalter (IF), P. Lazić i N. Došlić (IRB, Zagreb), E. V. Čulkov, V.M. Silkin i P.M. Echenique (DIPC, San Sebastian, Španjolska)

OBJAVLJENI RADOVI

ZNANSTVENI - REDOVNI

01. A. Šiber, R. Zandi, R. Podgornik

Thermodynamics of nanospheres encapsulated in virus capsids

Phys. Rev. E **81** (2010) 051919(1)-051919(11)

03. A. Bilić, Ž. Crljen, B. Gumhalter, J.D. Gale, I. Rungger, S. Sanvito

Conductance of a phenylene-vinylene molecular wire: Contact gap and tilt angle dependence

Phys. Rev B **81** (2010) 155101(1)-155101(8)

ZNANSTVENI - KONFERENCIJSKI

01. B. Gumhalter, P. Lazić, N. Došlić

Excitonic precursor states in ultrafast pump-probe spectroscopies of surface bands,

Phys. Status Solidi B **247** (2010) 1907-1919

02. A. Šiber, R.F. Rajter, R.H. French, W.Y. Ching, V.A. Parsegian,

R. Podgornik

Optically anisotropic infinite cylinder above an optically anisotropic half space: Dispersion interaction of a single-walled carbon nanotube with a substrate

J. Vac. Sci. Technol. B **28** (2010) C4A17-C4A24

STRUČNI

01. A. Šiber

Kakva je geometrija sjene?

Tvar vida, Galerija Kranjčar, Zagreb (2010), str. 110-113

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. B. Gumhalter

How slow should be ultrafast measurements to reveal features of quasiparticles excited in surface bands?

Passion for Knowledge, San Sebastian, Španjolska, 2010. (pozvano predavanje)

02. A. Šiber

Interactions governing virus self-assembly

Regional Biophysics Conference, Primošten, Hrvatska, 2010.
(pozvano predavanje)

03. B. Gumhalter

Ultrafast electron dynamics in pump-probe spectroscopies of surfaces, from transient electronic to quasistationary polaronic states

7-th International Symposium on Ultrafast Surface Dynamics, Brijuni, Hrvatska, 2010. (predavanje)

04. A. Šiber

Theoretical and experimental analysis of a thin elastic cylindrical tube acting as a non-Hookean spring

5th Christmas Biophysics Workshop, Ptuj, Slovenija, 2010., (predavanje)

05. S. Marion, B. Gumhalter

Infra-red renormalization of the cross-section and survival probability for scattering of image-potential band electrons from adsorbates

Passion for Knowledge, San Sebastian, Španjolska, 2010., (poster)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. B. Gumhalter

- *Interakcije atomske čestice i fotona s površinama*
predavač, doktorski studij, PMF, Zagreb
(2009./2010.)

MENTORSTVO

01. A. Šiber

- K. Kunštek, diplomski rad:
"Reprezentacija učinka kompleksnih optičkih elemenata metodom praćenja zraka"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (26.07.2010.)

02. B. Gumhalter

- Sanjin Marion, diplomski rad:
"Raspširenje elektrona na nečistoćama i primjena na dvo-fotonsku
fotoemisiju iz kvazi-dvodimenzionalnih površinskih vrpci"
Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu (izrada u tijeku)

STUDIJSKI BORAVCI

01. B. Gumhalter

- Donostia International Physics Center, San Sebastian, Španjolska
(02.-10.10.2010.)

GOSTOVANJA

01. R. Podgornik

Fakultet za matematiku i fiziku, Ljubljana, Slovenija
(24.03.2010.)

02. P. Ziherl
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija
(08.02.2010.)

NAGRADE I PRIZNANJA

01. A. Šiber
Priznanje Hrvatskog fizikalnog društva za doprinos uspješnoj provedbi i predani rad u Akademskom odboru 41. međunarodne fizičke olimpijade (Zagreb, 17.-25.07.2010.)

ORGANIZIRANJE ZNANSTVENIH DOGAĐANJA I ČLANSTVA U ODBORIMA

01. B. Gumhalter
• Organizator: 7-th International Symposium on Ultrafast Surface Dynamics (Brijuni, 22-26.08.2010)
• Organizator: SIESTA Workshop (IF, Zagreb, 20-24.12.2010)

RECENZIRANJE

01. A. Šiber
• Physical Review Letters, Physical Review E, Physical Review B,
Journal of Physics: Condensed Matter
02. B. Gumhalter
• Physical Review, Physical Review Letters,
Journal of Physics:Condensed Matter, Surface Science,
Progress in Surface Science

POPULARIZACIJA

01. A. Šiber
• *Prijatelj ili neprijatelj ili Kako fizičari razmišljaju o virusima?*
Festival znanosti, Sinj (predavanje, travanj 2010. godine)
• *O vizualizaciji nevidljivog u znanosti*
Izložba Martine Kramer "Tvar vida", Zagreb, Galerija Kranjčar (predavanje, lipanj 2010. godine)

OSTALO

01. B. Gumhalter
• Član Hrvatskog fizikalnog društva i Hrvatskog vakuumskog društva
• Član Institute of Physics (Velika Britanija)
• Član Board of the Surfaces and Interfaces Section of the EPS
• Član International Programme Committee of ECOSS 27
02. A. Šiber
• Član akademskog odbora 41. međunarodne olimpijade iz fizike (Zagreb, 17.-25.07.2010.)
• Autor jednog od tri teorijska i jednog od dva eksperimentalna zadatka na 41. međunarodnoj olimpijadi iz fizike (Zagreb, 17.-25.07.2010.).

KNJIŽNICA

BIBLIOTEKAR

Marica Fučkar Marasović, prof., dipl. bibliotekar

STRUČNI SURADNIK

Dr. sc. Jadranko Gladić

Knjižnica radi od 9 do 17 sati. Knjižnica posuđuje knjige na ograničeni rok od 6 mjeseci za korisnike Instituta, izvan Instituta samo uz međuknjižničnu pozajmicu i to na ograničen rok od mjesec dana. Uvezane časopise posuđuje za korisnike Instituta na rok od mjesec dana, neuvezane časopise na tjedan dana. Korisnicima izvan Instituta posuđuje uvezane časopise na tjedan dana, neuvezane samo za korištenje u knjižnici i za izradu kopija.

Korisnicima knjižnice, kao i za potrebe međuknjižnične suradnje, na raspolaganju je aparat za fotokopiranje.

Knjižnica je tijekom 2010. godine nastavila svoju aktivnost.

Kompjutorska obrada monografskih publikacija u bazu LIBRI i periodike u bazu PERI u programu CDS/ISIS 3.7 provodi se dalje. Obrađuju se tekuće godište i naknadno pronađene izgubljene publikacije. Obrađeno je 4029 knjiga, dok je obrada baze periodike gotova. Knjižnica posjeduje 295 naslova časopisa; 83 tekuća naslova, a ostalo su starija godišta onih naslova koji više ne pristižu ni u tiskanom obliku niti on-line.

Pretraživanje objju baza svim je korisnicima dostupno putem mreže na stranicama:

<http://knjiznice.szi.hr/?libid=19&task=nsl>

i

<http://www.ifs.hr/knjiznica/>

U novije vrijeme ukazala se potreba promjene dosadašnjega stanja knjižničnoga sustava Republike Hrvatske, te da se konačno uspostavi novi usklađen, jedinstven i djelotvoran sustav visokoškolskih knjižnica. Tako je za potrebe hrvatskoga sveučilišnoga sustava nabavljen prvo u 2007. godini, knjižnični program Voyager, koji je 2008. godine dobio novoga sljednika - program ALEF. Stoga se i knjižnica Instituta za fiziku tokom 2007. godine počela pripremati za uključivanje u taj budući knjižnični sustav, a pretpostavka za to je nova obrada fonda koji knjižnica posjeduje. Obrađena građa se redovno šalje servisu koji obavlja implementiranje u Alef.

Fond knjižnice

- Knjige: 4711
- Periodika (tekući naslovi): 83
- Diplomske radnje: 583
- Magistarske radnje: 119
- Disertacije: 100
- Katalozi periodike: 24

KNJIŽNICA

Statistika izdanih informacija i posudba knjižnične građe

- Posuđeni časopisi i knjige za izradu kopija: 89
- Posuđene knjige: 32
- Čitaonica - izdani časopisi: 198
- Međuknjižnična posudba:
 - zahtjevi putem pošte
 - primljenih zahtjeva: 49
 - upućenih zahtjeva: 22
 - zahtjevi putem telefona ili osobno
 - primljenih zahtjeva: 47
 - upućenih zahtjeva: 32

Korisnici

- Znanstveno-istraživačko osoblje: 61
- Znanstveno-nastavno osoblje: 26
- Studenti: 420
- Ostali: 30
- Ukupno: 537

MULTIMEDIJALNI LABORATORIJ

VODITELJ

Berti Erjavec, dipl.inž.

OPĆI PREGLED AKTIVNOSTI LABORATORIJA

Osnovni cilj ovog laboratorija je transfer recentnih znanstvenih spoznaja, praktičnih znanja i vještina vezanih za područja djelatnosti Instituta kroz različite aktivnosti, izradu demonstracijskih kompleta i popratnih obrazovnih sadržaja, organiziranje radionica i predavanja, koje su sadržajno i metodološki prilagođene kurikulumu nastave fizike u osnovnim i srednjim školama. Time Institut daje svoj doprinos cjeloživotnom obrazovanju nastavnika i razvoju kurikuluma kroz usvajanje novih spoznaja. Ove aktivnosti nadopunjaju se popularizacijskim radom s učenicima kroz otvorene dane Instituta i posjete školama.

Obrazovne aktivnosti

Multimedijalni laboratorij otvoren je i za studente. U sklopu kolegija *Multimedijijske prezentacije* u Multimedijalnom laboratoriju studenti su obavljali snimanja, fotografiranja i obradu digitalnih sadržaja. Tijekom te suradnje upoznali smo studente koji su imaju dara i sklonosti prema takvim sadržajima, te je s njima uspostavljena suradnja kroz izradu edukacijskih sadržaja i sudjelovanja na Otvorenom danu Instituta. Također, laboratorij pruža stručnu, tehničku i savjetodavnu pomoć nastavnicima i učenicima osnovnih i srednjih škola u redovnoj ili dodatnoj nastavi fizike.

Susreti petkom

Multimedijalni laboratorij bio je mjesto susreta i druženja petkom u popodnevnim satima. Tom prilikom u opuštenoj atmosferi razgovaralo se o različitim edukacijskim projektima, diskutiralo o fizikalnim problemima, razmjenjivane su ideje i predlagane su aktivnosti vezane uz Otvoreni dan te se općenito razgovaralo o svim temama od interesa za Institut. Susrete je organizirao Berti Erjavec.

Demonstracijski komplet za magnetizam

Već neko vrijeme na tržištu su dostupni vrlo jaki neodimijski magneti koji omogućuju da se na vrlo jednostavan i dojmljiv način prikažu mnogi fenomeni iz područja magnetizma i magnetizma materijala. Veliko iskustvo akumulirano u dosadašnjem radu s nastavnicima i učenicima kroz serije radionica i predavanja (I. Aviani) sistematizirano je kroz izradu demonstracijskog kompleta za magnetizam (DKM).

DKM (Slika 1.) se sastoji od neodimijskih magneta raznih veličina i oblika s dodatnim priborom za pokuse, priručnika s metodičkim opisom pokusa i digitalnim materijalima (DVD video pokusi). Uz pomoć DKM-a izvodi se tridesetak jednostavnih pokusa, od kojih je nekolicina originalnih koji služe za upoznavanje s osnovnim konceptima magnetizma, s naglaskom na mikroskopskoj slici i na magnetizmu tvari. U tom dijelu postoji neposredna veza s istraživanjima koja se odvijaju u okviru znanstvenih projekata na Institutu.

MULTIMEDIJALNI LABORATORIJ

Dio pokusa direktno prati nastavne programe u osnovnim i srednjim školama, dok ostatak proširuje znanja i može poslužiti kao temelj za dodatnu nastavu i projektne zadatke. Dijelove kompleta izradili su Krešimir Dryvodelić i Ivan Čičko u institutskoj radionici. Snimanje i uređivanja video materijala radile su studentice PMF-a Petra Milašin i Neva Margetić, dok je Ivana Bagarić radila na izradi web stranice i dizajnu digitalnog materijala. Napisan je priručnik s metodičkim opisom 28 pokusa razvrstanih u pet različitih područja.



Slika 1. Pribor DKM-a

Prva prezentacija DKM-a bila je 30. listopada 2009. godine na Institutu za fiziku. Tijekom 2010. godine pribor je iskušan na radionicama u Osijeku i Virovitici, na Otvorenom danu Instituta i Festivalu znanosti te u nekoliko osnovnih i srednjih škola. Konačno završno predstavljanje DKM-a održano je 1. prosinca 2010. na Institutu za fiziku i tom prilikom deset kompleta poklonjeno je najboljim školama u eksperimentalnom natjecanju iz fizike, a komplete je dodijelio ravnatelj Agencije za odgoj i obrazovanje Vinko Filipović.

Otvoreni dan Instituta za fiziku

Pripreme za Otvoreni dan Instituta održanog 5. ožujka 2010. započele su početkom godine. Tema Otvorenog dana bila je *Fizika budućnosti*. Organizacija se odvijala pod voditeljstvom Damira Aumilera koji je preuzeo organizaciju sadržaja Otvorenog dana, dok se Berti Erjavec pobrinuo za komunikaciju sa školama te brinuo o prijavama posjetitelja, rasporedu obilazaka i predavanja te obavještavanju posjetitelja. Više o Otvorenom danu Instituta 2010. može se naći na stranicama <http://otvorenidani.ifs.hr/10/>.



Slika 2. Poster Otvorenog dana IF-a

MULTIMEDIJALNI LABORATORIJ

41. Međunarodna fizička olimpijada

Pripreme za Olimpijadu započele su početkom godine kada je u suradnji s H. Buljanom i K. Zadrom dogovorena izrada eksperimentalnog zadatka za potrebe natjecanja. Zadatak je osmišljen i eksperimentalno izveden u suradnji s I. Avianiem pod naslovom: *Forces between magnets, concepts of stability and symmetry* (Slika 3.). U tehničkoj izvedbi zadatka značajan je doprinos T. Vuletića. Osim izrade zadatka B. Erjavec i I. Aviani aktivno su sudjelovali u provedbi Olimpijade kao članovi Akademskog odbora. Olimpijada je održana u Zagrebu i trajala je od 17.-25. srpnja 2010.



Slika 3. Eksperimentalna postava

PROJEKTI

Naslov projekta: *Demonstracijski komplet za magnetizam*

Vrsta projekta: interni

Voditelj projekta: I. Aviani (IF)

Suradnici: B. Erjavec, I. Bagarić, P. Milašin, N. Margetić, K. Drvodelić, I. Čičko

Vrijeme trajanja: 2009.-2010.

OBJAVLJENI RADOVI

KNJIGE

01. I. Aviani i B. Erjavec

Čudesni svijet magneta, priručnik Demonstracijskog kompleta za magnetizam
Institut za fiziku, Zagreb (2010.), ISBN 978-953-7666-06-4

SUDJELOVANJE NA SKUPOVIMA

01. B. Erjavec

Poigrajmo se s magnetima
Zimska škola fizike, Osijek,
13.02.2010. (radionica)

02. B. Erjavec

Zimska škola fizike, Virovitica,
13.03.2010. (radionica)

03. B. Erjavec

Županijski aktiv nastavnika fizike
grada Zagreba, XV. gimnazija,
28.10 2010. (radionica i predavanje)



Slika. 4. B. Erjavec s nastavnicima fizike za vrijeme radionice u XV. gimnaziji

MULTIMEDIJALNI LABORATORIJ

PREDAVANJA I SEMINARI

01. B. Erjavec i I. Aviani

- *Demonstracijski komplet za magnetizam*
Institut za fiziku, Zagreb
(01.12.2010., predavanje i radionica)

SUDJELOVANJE U NASTAVI

KOLEGIJI

01. B. Erjavec

- *Multimedijalne prezentacije*
asistent, dodiplomski studij, nastavnički smjer, Fizički odsjek, PMF,
Sveučilište u Zagrebu
(2009./2010.)

02. B. Erjavec

- *Praktikum eksperimentalne nastave fizike*
asistent, dodiplomski studij, nastavnički smjer, Fizički odsjek, PMF,
Sveučilište u Zagrebu
(2009./2010.)

POPULARIZACIJA

01. B. Erjavec

- Sudjelovanje u emisijama Školskog programa HTV 2 - odgovori na pitanja učenika (listopad 2010.)
- *Čudesni svijet magneta*
Sudjelovanje u emisiji "Puni krug" Hrvatske radiotelevizije (17.12. 2010.)
- *Čudesni svijet magneta*
Intervju u emisiji "Stigla je pošta" Hrvatske radiotelevizije (18.12. 2010.)

OSTALO

01. B. Erjavec

- Zamjenik povjerenika Sindikalne podružnice Instituta za fiziku
- Član uredništva Matematičko-fizičkog lista
- Suradnik E-škole fizika Hrvatskog fizikalnog društva
- Član povjerenstva za zaštitu na radu

POPIS PROJEKATA

1

Projekti Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa

- Spektroskopija Rydbergovih atoma i molekula (035-0352851-2853), Č. Vadla
- Femtosekundna laserska fizika atoma i molekula (035-0352851-2857), G. Pichler
- Laserska spektroskopija hladne plazme za obradu materijala (035-0352851-2856), S. Milošević
- Fizika atoma i molekula u ekstremnim uvjetima (035-0352851-3213), R. Beuc
- Razvoj digitalnih postupada u holografiji i interferometriji (035-0352851-2854), N. Demoli
- Istraživanje oblika i kinetike rasta monokristala superionskih vodiča (035-0352851-3215), Z. Vučić
- Kritične pojave i sustavi izvan ravnoteže (035-0000000-3187), K. Uzelac
- Modeliranje fizičkih svojstava materijala s izraženom frustracijom ili neredom (035-0352826-2847), E. Tutiš
- Defekti i interakcije izmjene u niskodimenzionalnim ($D < 3$) magnetskim sistemima (035-0352843-2846), Đ. Drobac
- Kvaterni magneti: Osnovna stanja u kompeticiji (035-0352843-2845), M. Prester
- Jako korelirani anorganski, organski i bio materijali (035-0000000-2836), S. Tomić
- Transport i termodinamika novih materijala s elektronskim korelacijama (035-00352843-284), V. Zlatić
- Materijali sa elektronskom strukturom modeliranom modernim tehnikama priprave (035-0352827-2841), M. Očko
- Veza strukturnih i fizičkih svojstava materijala kontrolirane dimenzionalnosti (035-0352843-2844), O. Milat
- Transport naboja i topline u jako frustriranim magnetima i srodnim materijalima (035-0352826-2848), A. Smontara
- Komplesni modulirani sistemi: nova osnovna stanja, defekti i magnetski efekti (035-0352827-2842), K. Biljaković
- Elektronska i kristalna struktura poduprtih samoorganiziranih nano-sistema (035-0352828-2840), P. Pervan
- Kvantna stanja, ultrabrzina dinamika i dekoherenca u nanostrukturnim sistemima (035-0352828-2839), B. Gumhalter
- Energetskom kompeticijom uvjetovani oblici i strukture nanometarskih sustava (035-0352828-2837), A. Šiber

POPIS PROJEKATA

2

Projekti Nacionalne zaklade za znanost

- *Valovi gustoće naboja na malim skalama i u ultrakratkim vremenima*
(NZZ 0-3509-2010)
K. Biljaković (IF), J. Demšar (Universität Konstanz, Konstanz, Njemačka)

3

Bilateralni projekti

Hrvatsko-slovenski projekti

- *Modifikacija kardiovaskularnih umetaka pomoći plazme*
S. Milošević (IF) i M. Mozetič (Institut Jožef Stefan, Ljubljana)

Hrvatsko-srpski projekti

- *Quantum optics of laser-atom interactions*
G. Pichler (IF) i B. Jelenković (Institut za fiziku, Beograd)

Hrvatsko-austrijski projekti

- *Femtosecond laser plasma diagnostics*
G. Pichler (IF) i T. Neger (Institut za eksperimentalnu fiziku Tehnološkog sveučilišta u Grazu, Graz)
- *Optical Nonlinearities and Electronic Correlations of Nanocrystals Measured by Novel FWM Spectroscopies*
H. Skenderović (IF) i J. Hauer (Institut für Physikalische Chemie, Universität Wien, Beč)
- *Electron correlations in novel materials for thermoelectric applications*
V. Zlatić (IF) i P. Rogl (Bečko sveučilište, Beč)

Hrvatsko-njemački projekti

- *Graphene-cluster hybrids*
M. Kralj (IF) i C. Busse (Universität zu Köln, II. Physikalisches Institut, Köln)

Hrvatsko-američki (NSF) projekti

- *Transport and nonequilibrium effects in strongly correlated multilayered nanostructures*
I. Aviani (IF) i Freericks (Georgetown University, N.W., Washington D.C.)
- *Epitaxial-graphene-enabled tunable metamaterials*
M. Kralj (IF) i R.M. Osgood (Columbia University, New York)

Hrvatsko-japanski projekti

- *Theoretical modeling and simulations of the structural electronic and dynamical properties of surfaces and nanostructures in materials science*
B. Gumhalter (IF), H. Kasai (Osaka University, Osaka)

POPIS PROJEKATA

4 Multilateralni projekti

- *Etude des excitations collectives dans les systèmes quasi-unidimensionnels à onde de densité de charge* (ECO-NET, projekt francuske vlade)
K. Biljaković (IF), J.E. Lorenzo (Institut Neél, Grenoble, Francuska)

5 Kooperacijski projekti s Njemačkom

- *Absorptionsspektroskopische Charakterisierung der metastabilen Zustände im Jet einer wichen Ionisierungsquelle für organische Moleküle* (FR 1192/13-1)
Č. Vadla (IF) i J. Franzke (Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS, Dortmund)
- *Frequency-Dependent Conductivity of Charge Ordering Phases of Two-Dimensional Organic Metals: Search for the Anisotropic Dispersion and Collective Excitations* (DR 228/29-1)
S.Tomić (IF) i M.Dressel (Sveučilište u Stuttgartu, Stuttgart)

6 UKF projekti

- *New electronic states driven by frustration in layered materials* (1B # 65/10)
E. Tutiš (IF), A. Smontara (IF), L. Forró (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Švicarska), N. Barišić (Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Njemačka)
- *Magnetization of quantum magnets at ultra low temperatures* (3A #55/09)
I. Živković (IF)
- *Photolithographic synthesis and electronic properties of graphene based devices and related structures* (1B #66/10)
M. Kralj (IF), T. Valla (Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, SAD)
- *Protein Assisted DNA Monolayer Assembly* (3A #22/08)
T. Vuletić (IF)

7 Sudjelovanje u istraživačkim mrežama

- *Highly frustrated magnetism* (HFM)
Program Europske zaklade za znanost (European Science Foundation Program)
A. Smontara (IF)
- *Complex Metallic Alloys (CMA)*, EU Mreža izvrsnosti
A. Smontara (IF)
- *European integrated centre for the development of Metallic Alloys and Compounds (C-MAC)*, EU Mreža izvrsnosti
A. Smontara (IF)

8 Inovativni znanstveno-poduzetnički projekti

- *Nova generacija kriostata za ac susceptibilnost* (BICRO, POC_01_05-U-1)
M. Prester (IF)

NAPREDOVANJE SURADNIKA, SUDJELOVANJE U NASTAVI

Izbori na radna mjesta

- Dr.sc. Vlasta Horvatić: znanstvena savjetnica I (13.04.2010)
- Dr. sc. Antonio Šiber: znanstveni savjetnik I (23.03.2010)
- Dr. sc. Tomislav Vuletić: viši znanstveni suradnik (22.12.2010)

Sudjelovanje u nastavi

DODIPLOMSKI STUDIJ

01. D. Aumiler
 - *Osnove atomske i molekulske fizike*
asistent, PMF, Zagreb(2009./2010., ljetni semestar)
 - *Početni fizički praktikum 1*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010., zimski semestar)
02. I. Balog
 - *Vježbe kolegija Osnove fizike čvrstog stanja*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010.)
03. T. Ban
 - *Fizički praktikum za inženjere kemije*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010., ljetni semestar)
04. R. Beuc
 - *Fizika*
predavač, Zdravstveno veleučilište u Zagrebu (2009./2010.)
05. B. Erjavec
 - *Multimedijijske prezentacije*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010.)
06. B. Erjavec
 - *Praktikum eksperimentalne nastave fizike*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010.)
07. G. Gatalica
 - *Fizika 1 i 2*
asistent, FKIT, Zagreb (2009./2010.)
08. D. Grgićin
 - *Napredni fizički praktikum 2*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010. ljetni semestar)
09. M. Herak
 - *Početni fizički praktikum 1*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010., zimski semestar)
 - *Fizički praktikum za kemičare*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010., ljetni semestar)
10. N. Krstulović
 - *Osnovni praktikum iz fizike II*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010.)
11. M. Milun
 - *Fizikalna i kemijska svojstva površina i nanostruktura*
predavač, FKIT, Zagreb (2010./2011.)

NAPREDOVANJE SURADNIKA, SUDJELOVANJE U NASTAVI

12. G. Pichler

- *Eksperimentalne metode atomske fizike*
predavač, PMF, Zagreb (2010./2011.)
- *Seminar iz eksperimentalnih metoda atomske fizike*
predavač, PMF, Zagreb (2010./2011.)

13. J. Szavits-Nossan

- *Vježbe iz kolegija Napredna statistička fizika*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010.)

14. K. Uzelac

- *Napredna statistička fizika*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

15. S. Vdović

- *Napredni fizički praktikum 1 i 2*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010.)

16. N. Vujičić

- *Elektrodinamika*
asistent, PMF, Zagreb (2010./2011., zimski semestar)

17. I. Živković

- *Praktikum za inženjere kemije*
asistent, PMF, Zagreb (2009./2010., ljetni semestar)
- *Napredni fizički praktikum 1*
asistent, PMF, Zagreb (2010./2011., zimski semestar)

DOKTORSKI STUDIJ

01. R. Beuc

- *Teorija optičkih spektara dvoatomskih sustava*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

02. N. Demoli

- *Optika i holografija*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

03. B. Gumhalter

- *Interakcije atomskih čestica i fotona s površinama*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

04. S. Milošević

- *Metode molekularnih snopova*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

05. M. Milun

- *Nanotehnologije*
predavač, PMF Zagreb (2010./2011.)
- *Fizikalna i kemijska svojstva površina i nanostruktura*
predavač, FKIT, Zagreb (2010./2011.)

06. M. Movre

- *Fizika hladnih sudara*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

07. E. Tutiš

- *Fizika poluvodiča*
predavač, PMF, Zagreb (2009./2010.)

SEMINARI ODRŽANI NA INSTITUTU ZA FIZIKU

- *Experimental approaches to Long-range Atom-Surface interaction*
Daniel Bloch
Laboratoire de Physique des Lasers, Université Paris 13, Villetaneuse,
Francuska
11.1.2010.
- *Electron Spin Resonance study of Graphene*
Luka Ćirić
Institut de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique Fédérale de
Lausanne, Lausanne, Švicarska
12.1.2010.
- *Few-cycle laser based electron emission from field emission tips: a close look at the physics behind various emission processes and applications*
Peter Hommelhoff
Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Njemačka
15.1.2010.
- *Morphometry and structure of natural random tilings*
Primož Ziherl
Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana & Jožef Stefan
Institute, Ljubljana, Slovenija
8.2.2010.
- *Transverzalni transformatorski efekt u supravodičima II vrste*
Dinko Babić
Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Zagreb
11.2.2010.
- *Anderson localization of light*
Mordechai Segev
Israel Institute of Technology, Haifa, Izrael
24.2.2010.
- *Non-retarded and retarded interactions between dielectric cylinders - carbon nanotubes*
Rudolf Podgornik
Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenija
24.3.2010.
- *Non-linear electric transport in graphene*
Balazs Dora
Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Dresden, Njemačka
Department of Physics, Budapest University of Technology and Economics,
Budimpešta, Mađarska
29.4.2010.
- *The mechanism of severe bora wind*
Branko Grisogono
Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Zagreb
27.5.2010.

SEMINARI ODRŽANI NA INSTITUTU ZA FIZIKU

- *Quantum wave packet method for 4-atom reactions: AB + CD -> ABC + D*
Marko Cvitaš
Sidney Sussex College, University of Cambridge, Velika Britanija
10.6.2010.
- *Experimental quantum magnetism - Neutrons in the quasi-particle zoo*
Henrik Ronnow
Institut de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Švicarska
14.6.2010.
- *Modern Photoemission - Ideal Probe for New Materials*
Tonica Valla
Electron Spectroscopy Group, Condensed Matter Physics and Materials Science Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, SAD
21.6.2010.
- *On the new possibilities for atomic alkaline vapor magnetometers in dc and low frequency region*
Zvonko Trontelj
Institute of Mathematics, Physics and Mechanics, Ljubljana, Slovenija
29.6.2010.
- *Two-Dimensional Electronic Spectroscopy - Principles and Examples*
Jürgen Hauer
Ultrafast Dynamics Group, Institute of Physics, University of Vienna, Beč, Austria
1.7.2010.
- NMR study of the Tomonaga-Luttinger
Pawel Wzietek
Laboratoire de Physique des Solides, Orsay, Francuska
14.9.2010.
- *Mesoscopic Modeling of Multiferroic Materials and Color Symmetry*
Avadh B. Saxena
Los Alamos National Laboratory, Theoretical Division, Physics of Condensed Matter and Complex Systems & Center for Nonlinear Studies, Los Alamos, New Mexico, SAD
23.9.2010.
- *Novi materijali za termoelektrične primjene: teorija i eksperiment*
Veljko Zlatić
Institut za fiziku, Zagreb
27.9.2010.
- *Neutron scattering studies of weakly coupled and weakly connected antiferromagnets*
Krunoslav Prša
Laboratory for Solid State Physics, ETH Zürich Hönggerberg, Zürich, Švicarska
14.10.2010.

SEMINARI ODRŽANI NA INSTITUTU ZA FIZIKU

- *Graphene and Topological Insulators*
Carsten Busse
II. Physikalisches Institut, Universität zu Köln, Köln, Njemačka
4.11.2010.
- *Istraživanja slojastih elektronskih struktura pod tlakom UKF projekt: struktura, ciljevi, prvi rezultati*
Eduard Tutiš i Petar Popčević
Institut za Fiziku, Zagreb
21.12.2010.
- *Magnetism of Defective Graphenic Nanostructures: Transition Metal Impurities and Monovacancies*
Daniel Sánchez-Portal
Centro de Física de Materiales, CSIC-UPV/EHU & Donostia Internacional Physics Center (DIPC), San Sebastián, Španjolska
16.12.2010.

KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI

A

- D. Aumiler
 - 12.09.-16.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ischgl, Austrija
 - 19.09.-22.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Zadar, Hrvatska
 - 28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska
- I. Aviani
 - 02.10.-07.10. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Hvar, Hrvatska
 - 09.12.-10.12. 2010. sudjelovanje na stručnom skupu, Zagreb, Hrvatska

B

- I. Balog
 - 23.08.-04.09. 2010. sudjelovanje na konferenciji, St. Pierre Quiberon, Francuska
- T. Ban
 - 01.09.2010. → studijski boravak (Fulbrightova stipendija), Boulder, SAD
- O. S. Barišić
 - 24.09.-27.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Kolymbari in Crete, Grčka
- K. Biljaković
 - 26.02.2010. sudjelovanje na skupu (radionica), Zagreb, Hrvatska
 - 21.04.-23.04.2010. sudjelovanje na skupu (radionica), Barcelona, Španjolska
 - 14.10.-15.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Zagreb, Hrvatska
 - 30.11.-02.12.2010. studijski boravak, Augsburg, Njemačka
 - 02.12.-04.12.2010. studijski boravak, Konstanz, Njemačka
 - 04.12.-14.12.2010. studijski boravak, Grenoble, Francuska
 - 14.12.-16.12.2010. studijski boravak, Montpellier, Francuska
- M. Bišćan
 - 14.06.-18.06.2010. sudjelovanje na konferenciji, Bohinj, Slovenija
 - 28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska

D

- D. Dominko
 - 19.09.-23.09.2010. sudjelovanje na skupu (škola), Dubrovnik, Hrvatska
 - 30.11.-02.12.2010. studijski boravak, Augsburg, Njemačka
 - 02.12.-10.12.2010. studijski boravak, Konstanz, Njemačka

E

- B. Erjavec
 - 13.02.2010. sudjelovanje na skupu (zimska škola), Osijek, Hrvatska
 - 13.03.2010. sudjelovanje na skupu (zimska škola), Virovitica, Hrvatska
 - 28.10 2010. sudjelovanje na skupu (radionica), Zagreb, Hrvatska

KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI

G

- G. Gatalica
30.08.-03.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Brijuni, Hrvatska
- D. Grgićin
10.12.-11.12. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Ptuj, Slovenija
- B. Gumhalter
22.08.-26.08.2010.
27.09.-01.10.2010.
02.10.-10.10.2010. sudjelovanje na simpoziju, Brijuni, Hrvatska
sudjelovanje na skupu, San Sebastian, Španjolska
studijski boravak, San Sebastian, Španjolska

H

- B. Hamzić
04.07.-09.07. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Kyoto, Japan
- M. Herak
17.10.-20.10.2010. studijski boravak, Villigen, Švicarska
- V. Horvatić
24.01.-03.02.2010. studijski boravak, ISAS, Dortmund, Njemačka

I

- T. Ivec
04.07.-09.07. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Kyoto, Japan
05.09.-10.09. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Trogir, Hrvatska

K

- M. Kralj
21.03.-26.03.2010. sudjelovanje na skupu, Regensburg, Njemačka
05.05.-15.05.2010. studijski boravak, New York, SAD
22.08.-26.08.2010. sudjelovanje na simpoziju, Brijuni, Hrvatska
19.11.-04.12.2010. studijski boravak, Upton, SAD
- G. Kregar
12.09.-16.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ischgl, Austrija
19.09.-26.09.2010. studijski boravak, Orsay, Francuska
- Z. Kregar
15.03.-14.09.2010. studijski boravak (stipendija NNZ), Ljubljana, Slovenija
01.06.2010. sudjelovanje na skupu, Terme Tuhelj, Hrvatska
14.06.-18.06.2010. sudjelovanje na konferenciji, Bohinj, Slovenija
28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska
- N. Krstulović
28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska

KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI

M

- O. Milat
 - 01.06.2010. sudjelovanje na skupu, Terme Tuhelj, Hrvatska
 - 29.08.-02.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Darmstadt, Njemačka
- S. Milošević
 - 12.04.-14.04.2010. sudjelovanje na konferenciji, Dublin, Irska
 - 14.06.-18.06.2010. sudjelovanje na konferenciji, Bohinj, Slovenija
 - 28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska
- M. Milun
 - 15.02.-26.02.2010. studijski boravak, Ljubljana, Slovenija
 - 28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska

O

- M. Očko
 - 30.08.-03.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Brijuni, Hrvatska
 - 02.10.-07.10. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Hvar, Hrvatska
 - 24.05.-28.05. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Opatija, Hrvatska

P

- P. Pervan
 - 22.08.-26.08.2010. sudjelovanje na simpoziju, Brijuni, Hrvatska
- M. Petrović
 - 05.05.-15.05.2010. studijski boravak, New York, SAD
 - 19.05.-18.06.2010. studijski boravak, Köln, Njemačka
 - 19.11.-04.12.2010. studijski boravak, Upton, SAD
- G. Pichler
 - 30.08.-03.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Brijuni, Hrvatska
 - 12.09.-16.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ischgl, Austrija
 - 28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska
- P. Popčević
 - 24.05.-29.05.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ljubljana, Slovenija
 - 15.11.-18.11.2010. sudjelovanje na konferenciji, Dresden, Njemačka

R

- M. Rakić
 - 30.08.-03.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Brijuni, Hrvatska

S

- K. Salamon
 - 01.06.2010. sudjelovanje na skupu, Terme Tuhelj, Hrvatska
 - 28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska

KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI

- H. Skenderović
25.11.-17.12.2010. studijski boravak, Beč, Austrija
- A. Smontara
24.05.-29.05.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ljubljana, Slovenija
13.06.-18.06.2010. sudjelovanje na konferenciji, Sapporo, Japan
15.11.-18.11.2010. sudjelovanje na konferenciji, Dresden, Njemačka
- D. Starešinić
21.04.-23.04.2010. sudjelovanje na skupu (radionica), Barcelona, Španjolska
19.09.-23.09.2010. sudjelovanje na skupu (škola), Dubrovnik, Hrvatska
14.10.-15.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Zagreb, Hrvatska
30.11.-02.12.2010. studijski boravak, Augsburg, Njemačka
02.12.-04.12.2010. studijski boravak, Konstanz, Njemačka
- J. Szavits-Nossan
15.03.-19.03.2010. sudjelovanje na konferenciji, Abbaye des Prémontrés, Pont-à-Mousson, Francuska

Š

- A. Šiber
15.09.-18.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Primošten, Hrvatska
10.12.-11.12.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ptuj, Slovenija
- I. Šrut
01.06.2010. sudjelovanje na skupu, Terme Tuhelj, Hrvatska
17.10.-23.10.2010. studijski boravak, Köln, Njemačka

T

- S. Tomić
04.07.-09.07. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Kyoto, Japan
19.09.-22.09. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Zadar, Hrvatska
10.12.-11.12. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Ptuj, Slovenija
- E. Tuttiš
ukupno mjesec dana tijekom 2010. studijski boravci, Cachan, Pariz, Francuska
više kratkih posjeta tijekom 2010. studijski boravci, Lausanne, Švicarska

U

- K. Uzelac
15.03.-19.03.2010. sudjelovanje na konferenciji, Abbaye des Prémontrés, Pont-à-Mousson, Francuska

V

- Č. Vadla
24.01.-28.02.2010. studijski boravak, ISAS, Dortmund, Njemačka

KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI

- S. Vdović
26.11.-02.12.2010. studijski boravak, Beč, Austrija
- K. Velebit
15.11.-18.11.2010. sudjelovanje na konferenciji, Dresden, Njemačka
- N. Vujičić
12.09.-16.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Ischgl, Austrija
19.09.-26.09.2010. studijski boravak, Orsay, Francuska
28.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Vukovar, Hrvatska
- T. Vuletić
12.06.-19.06. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Cavtat, Hrvatska
10.12.-11.12. 2010. sudjelovanje na konferenciji, Ptuj, Slovenija

Z

- V. Zlatić
30.08.-03.09.2010. sudjelovanje na konferenciji, Brijuni, Hrvatska
29.10.-31.10.2010. sudjelovanje na konferenciji, Split, Hrvatska

GODIŠNJI IZVJEŠTAJ 2010.



INSTITUT ZA FIZIKU

Bijenička cesta 46
10000 Zagreb

tel: +385-1-469-8888
fax: +385-1-469-8889
e-mail: ifs@ifs.hr
www.ifs.hr