

**INSTITUT ZA FIZIKU
ZAGREB**

GODIŠNJI IZVJEŠTAJ

2008

BIJENIČKA C. 46, 10000 ZAGREB – HRVATSKA

TEL: 385 1 4698 888, FAX: 385 1 4698 889

E-mail: ifs@ifs.hr www.ifs.hr

Urednik: dr.sc. N. Demoli

Sadržaj

Predgovor	3
1. Struktura instituta	5
1.1 Organi instituta	5
1.2 Popis djelatnika instituta	5
2. Izvještaji o radu na projektima trajne istraživačke djelatnosti	8
<i>Jako korelirani anorganski, organski i bio materijali</i>	10
dr. sc. Silvia Tomić (035-0000000-2836, samostalni projekt)	
<i>Modeliranje fizikalnih svojstava materijala s izraženom frustracijom ili neredom</i> ...	16
dr. sc. Edurad Tutiš (035-0352826-2847)	
<i>Transport topline i naboja u jako frustriranim magnetima i srodnim materijalima</i> ...	20
dr. sc. Ana Smontara (035-0352826-2848)	
<i>Materijali s elektronskom strukturom modeliranom modernim tehnikama pripreme</i> ..	27
dr. sc. Miroslav Očko (035-0352827-2841)	
<i>Kompleksni modulirani sistemi: nova stanja, defekti i magnetski efekti</i>	32
dr. sc. Katica Biljaković (035 -0352827-2842)	
<i>Energetskom kompeticijom uvjetovani oblici i strukture nanometarskih sustava</i>	37
dr. sc. Antonio Šiber (035-0352828-2837)	
<i>Kvantna stanja, ultrabrza dinamika i dekoherencija u nanostrukturnim sistemima</i> ...	40
dr. sc. Branko Gumhalter (035-0352828-2839)	
<i>Elektronska i kristalna struktura poduprtih samoorganiziranih nano-sistema</i>	43
dr. sc. Petar Pervan (035-0352828-2840)	
<i>Veza strukturnih i fizikalnih svojstava materijala kontrolirane dimenzionalnosti</i>	48
dr. sc. Ognjen Milat (035-0352843-2844)	
<i>Kvantni magneti: osnovna stanja u kompeticiji</i>	51
dr. sc. Mladen Prester (035-0352843-2845)	
<i>Defekti i interakcije izmjene u nižedimenzionalnim ($D < 3$) magnetskim sistemima</i>	54
dr. sc. Marko Miljak (035-0352843-2846)	
<i>Termoelektrična i termomagnetska svojstva materijala s jakim korelacijama</i>	56
dr. sc. Veljko Zlatić (035-0352843-2849)	
<i>Spektroskopija Rydbergovih atoma i molekula</i>	60
dr. sc. Čedomil Vadla (035-0352851-2853)	
<i>Razvoj digitalnih postupaka u holografiji i interferometriji</i>	63
dr. sc. Nazif Demoli (035-0352851-2854)	
<i>Laserska spektroskopija hladne plazme za obradu materijala</i>	66
dr. sc. Slobodan Milošević (035-0352851-2856)	
<i>Femtosekundna laserska fizika atoma i molekula</i>	71
dr. sc. Goran Pichler (035-0352851-2857)	
<i>Kritične pojave i sustavi izvan ravnoteže</i>	77
dr. sc. Katarina Uzelać (0035-0000000-3187, samostalni projekt)	
<i>Fizika atoma i molekula u ekstremnim uvjetima</i>	82
dr. sc. Robert Beuc (035-0352851-3213)	
<i>Istraživanje oblika i kinetike rasta ravnotežnih kristala superionskih vodiča</i>	85
dr. sc. Zlatko Vučić (035-0352851-3215)	

3. Ostale aktivnosti	89
3.1 Knjižnica	89
3.2 Napredovanje suradnika	90
3.3 Sudjelovanje u dodiplomskoj i poslijediplomskoj nastavi	90
3.4 Seminari održani na Institutu	93
3.5 Konferencije, specijalizacije i studijski boravci	95

1. STRUKTURA INSTITUTA

1.1. ORGANI INSTITUTA

Upravno vijeće

Prof. dr. sc. Dario Vretenar, profesor PMF-a, predsjednik do 19.09.2008.

Prof. dr. sc. Emil Babić, profesor PMF-a, član do 19.09.2008.

Dr. sc. Katica Biljaković, znanstveni savjetnik, član do 19.09.2008.

Dr. sc. Hrvoje Skenderović, viši znanstveni suradnik, član do 19.09.2008.

Dr. sc. Hrvoje Meštrić, MZOŠ, predsjednik od 20.09.2008.

Prof. dr. sc. Hrvoje Kraljević, PMF, član od 20.09.2008.

Doc. dr. sc. Hrvoje Buljan, PMF, član od 20.09.2008.

Dr. sc. Đuro Drobac, IF, predstavnik zaposlenika IF-a, član od 31.12.2007.

Dr. sc. Čedomil Vadla, IF, predstavnik ZV-a IF-a, član 19.04.2008.

Ravnatelj

Dr. sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik

Pomoćnici ravnatelja

Dr. sc. Robert Beuc, viši znanstveni suradnik (do 01.03.2008.)

Dr. sc. Nazif Demoli, znanstveni savjetnik (od 02.03.2008.)

Dr. sc. Petar Pervan, znanstveni savjetnik I

Predsjednik Znanstvenog vijeća

Dr. sc. Bojana Hamzić, znanstveni savjetnik

1.2. POPIS DJELATNIKA INSTITUTA

Znanstvenici i istraživači, radna mjesta

1. Damir Aumiler, dr. sc., znanstveni suradnik
2. Ivica Aviani, dr. sc., znanstveni suradnik
3. Ticijana Ban, dr. sc., viši znanstveni suradnik
4. Osor Slaven Barišić, dr. sc., znanstveni suradnik
5. Robert Beuc, dr. sc., znanstveni savjetnik I
6. Katica Biljaković, dr. sc., znanstveni savjetnik 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., znanstveni savjetnik II
12. Berislav Horvatić, dr. sc., znanstveni suradnik

13. Vlasta Horvatić, dr. sc., viši znanstveni suradnik
14. Jovica Ivkov, dr. sc., viši znanstveni suradnik
15. Marko Kralj, dr. sc., znanstveni suradnik
16. Davorin Lovrić, dr. sc., stručni savjetnik
17. Željko Marohnić, dr. sc., viši znanstveni suradnik
18. Ognjen Milat, dr. sc., znanstveni savjetnik I
19. Slobodan Milošević, dr. sc., znanstveni savjetnik II
20. Milorad Milun, dr. sc., znanstveni savjetnik II
21. Marko Miljak, dr. sc., znanstveni savjetnik
22. Mladen Movre, dr. sc., znanstveni savjetnik II
23. Miroslav Očko, dr. sc., viši znanstveni suradnik
24. Petar Pervan, dr. sc., znanstveni savjetnik II
25. Goran Pichler, dr. sc., znanstveni savjetnik II
26. Mladen Prester, dr. sc., znanstveni savjetnik I
27. Hrvoje Skenderović, dr. sc., viši znanstveni suradnik
28. Ana Smontara, dr. sc., znanstveni savjetnik I
29. Damir Starešinić, dr. sc., viši znanstveni suradnik
30. Antonio Šiber, dr. sc., viši znanstveni suradnik
31. Silvia Tomić, dr. sc., znanstveni savjetnik II
32. Eduard Tutiš, dr. sc., viši znanstveni suradnik
33. Katarina Uzelac, dr. sc., znanstveni savjetnik II
34. Čedomil Vadla, dr. sc., znanstveni savjetnik II
35. Zlatko Vučić, dr. sc., znanstveni savjetnik I
36. Tomislav Vuletić, dr. sc., znanstveni suradnik
37. Veljko Zlatić, dr. sc., znanstveni savjetnik II
38. Ivica Živković, dr. sc., znanstveni suradnik

Znanstveni novaci

1. Ivan Balog, dipl. inž.
2. Damir Dominko, dipl. inž.
3. Mirta Herak, dipl. inž.
4. Tomislav Ivek, dipl. inž.
5. Ivan Jurić, dipl. inž.
6. Sanja Krajinović, prof. fizike
7. Zlatko Kregar, dipl. inž. (od 10.09.2008.)
8. Nikša Krstulović, dipl. inž.
9. Ivo Pletikosić, dipl. inž.
10. Petar Popčević, dipl. inž.
11. Krešimir Salamon, dipl. inž.
12. Igor Smiljanić, dipl. inž. (do 29.02.2008.)
13. Juraj Szavits-Nossan, dipl. inž.
14. Kristina Šariri, dipl. inž.
15. Gordana Školnik, dipl. inž. (od 10.09.2008.)
16. Silvije Vdović, dipl. inž.
17. Nataša Vujičić, dipl. inž.

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

Opći i zajednički poslovi

1. Ivana Bagarić, tehnički suradnik (od 15.09.2008.)
2. Mladen Bakale, ekonom
3. Ivanka Bakmaz, računovodstveni referent-financijski knjigovođa
4. Berti Erjavec, viši stručni suradnik (od 05.12.2008.)
5. Marica Fučkar-Marasović, prof., voditelj odjeljka I vrste
6. Mario Juričić, voditelj računalnog središta (od 01.20.2008.)
7. Željko Kneklin, dipl.oec., viši stručni savjetnik ekonomske struke
8. Nevenka Kralj, računovodstveni referent-financijski knjigovođa
9. Mirjana Ličina, radno mjesto IV vrste
10. Gordana Matić, radno mjesto IV vrste
11. Vesna Lončarević, radno mjesto IV vrste
12. Renata Macešan, radno mjesto IV vrste (od 18.06.2008., zamjena)
13. Mario Madunić, tehnički suradnik (do 12.06.2008.)
14. Snježana Mostečak, radno mjesto IV vrste (od 24.11.2008., zamjena)
15. Darko Oštarčević, radno mjesto IV vrste
16. Jadranka Rajić, dipl. pravnik, voditelj odjeljka I vrste
17. Marija Sobol, upravni referent
18. Nataša Šuput, radno mjesto IV vrste
19. Draženka Zajec, radno mjesto IV vrste
20. Jozo Zovko, tehnički suradnik

Ukupno 81 zaposlenik na 78 radnih mjesta.

2. IZVJEŠTAJI O RADU NA PROJEKTIMA TRAJNE ISTRAŽIVAČKE DJELATNOSTI

Temeljna znanstvena istraživanja organizirana su po znanstveno-istraživačkim programima/projektima financiranim od Ministarstva znanosti i tehnologije RH.

Programi

1. *Nove tehnologije atomske, molekularne, optičke i plazma fizike*
voditelj: dr. sc. Goran Pichler
2. *Fizikalni procesi u materijalima sa novim vrstama atomskog i magnetskog uređenja*
voditelj: dr. sc. Edurad Tutiš
3. *Inteligentni materijali- novi materijali temeljeni na znanju*
voditelj: dr. sc. Veljko Zlatić
4. *Korelacije u kompleksnim sustavima: od fizike do biotehnologije*
voditelj: dr. sc. Katica Biljaković
5. *Struktura i dinamika samoorganiziranih nanoskopskih sistema*
voditelj: dr. sc. Petar Pervan

Projekti

1. *Jako korelirani anorganski, organski i bio materijali*
035-0000000-2836 (samostalni projekt)
dr. sc. Silvia Tomić
2. *Modeliranje fizikalnih svojstava materijala s izraženom frustracijom ili neredom*
035-0352826-2847
dr. sc. Edurad Tutiš
3. *Transport topline i naboja u jako frustriranim magnetima i srodnim materijalima*
035-0352826-2848
dr. sc. Ana Smontara
4. *Materijali s elektronskom strukturom modeliranom modernim tehnikama pripreve*
035-0352827-2841
dr. sc. Miroslav Očko
5. *Kompleksni modulirani sistemi: nova stanja, defekti i magnetski efekti*
035-0352827-2842
dr. sc. Katica Biljaković
6. *Energetskom kompeticijom uvjetovani oblici i strukture nanometarskih sustava*
035-0352828-2837
dr. sc. Antonio Šiber
7. *Kvantna stanja, ultrabrza dinamika i dekoherencija u nanostrukturnim sistemima*
035-0352828-2839
dr. sc. Branko Gumhalter

8. ***Elektronska i kristalna struktura poduprtih samoorganiziranih nano-sistema***
035-0352828-2840
dr. sc. Petar Pervan
9. ***Veza strukturnih i fizikalnih svojstava materijala kontrolirane dimenzionalnosti***
035-0352843-2844
dr. sc. Ognjen Milat
10. ***Kvantni magneti: osnovna stanja u kompeticiji***
035-0352843-2845
dr. sc. Mladen Prester
11. ***Defekti i interakcije izmjene u nižedimenzionalnim ($D < 3$) magnetskim sistemima***
035-0352843-2846
dr. sc. Marko Miljak
12. ***Termoelektrična i termomagnetska svojstva materijala s jakim korelacijama***
035-0352843-2849
dr. sc. Veljko Zlatić
13. ***Spektroskopija Rydbergovih atoma i molekula***
035-0352851-2853
dr. sc. Čedomil Vadla
14. ***Razvoj digitalnih postupaka u holografiji i interferometriji***
035-0352851-2854
dr. sc. Nazif Demoli
15. ***Laserska spektroskopija hladne plazme za obradu materijala***
035-0352851-2856
dr. sc. Slobodan Milošević
16. ***Femtosekundna laserska fizika atoma i molekula***
035-0352851-2857
dr. sc. Goran Pichler
17. ***Kritične pojave i sustavi izvan ravnoteže***
0035-0000000-3187 (samostalni projekt)
dr. sc. Katarina Uzelac
18. ***Fizika atoma i molekula u ekstremnim uvjetima***
035-0352851-3213
dr. sc. Robert Beuc
19. ***Istraživanje oblika i kinetike rasta ravnotežnih kristala superionskih vodiča***
035-0352851-3215
dr. sc. Zlatko Vučić

JAKO KORELIRANI ANORGANSKI, ORGANSKI I BIOMATERIJALI (035-0000000-2836)

- Glavni istraživač:** dr. sc. Silvia Tomić, znanstveni savjetnik
- Suradnici:** dr. sc. Bojana Hamzić, znanstveni savjetnik
dr. sc. Tomislav Vuletić, znanstveni suradnik
dipl. inž. Tomislav Ivek, znanstveni novak
- Vanjski suradnici:** dr. sc. Sanja Dolanski Babić, Medicinski fakultet, Zagreb, asistent

Opis istraživanja

Istraživanja u domeni fizike kondenzirane materije. Analizirani su podaci dobiveni u eksperimentalnim istraživanjima Hallovog efekta i anizotropije u vodljivosti kvazi-1D kuprata $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ za različite koncentracije x (i za različite geometrije), napisana je i objavljena publikacija, a dodatna publikacija s detaljnijim kvantitativnim usporedbama s optimalno dopiranim LSCO visokotemperaturnim supervodičima je prihvaćena za objavljivanje (suradnja s A.Hamzić, M.Basletić, E.Tafra, PMF; M.Dressel, Sveučilište Stuttgart). Informacija o efektivnom broju nosioca naboja (koji sudjeluju u transportu), za različite koncentracije Ca, poslužila je kao pokazatelj da je vrlo mala promjena u broju nosioca naboja na ljestvicama (manje od jedne šupljine po formulskoj jedinici) odgovorna za promjenu vodljivosti od poluvodičkog (za $x=0$) do metalnog tipa (za $x=11.5$). Za $x=11.5$ je ustanovljena kvalitativna sličnost u ovisnosti o temperaturi Hallovo kutu (omjer Hallove otpornosti i otpornosti uzorka) sa visokotemperaturnim supervodičima unatoč izrazitoj anizotropiji kvazi-1D kuprata. Nadalje, istraživanja poddopiranih 1D kuprata $(\text{La},\text{Y})_y(\text{Sr},\text{Ca})_{14-y}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ (anizotropija dc električne vodljivosti i dielektrične relaksacije) u svrhu određenja fazne granice između poddopiranih i potpuno dopiranih sistema su dovršena, te je pripremljena i prihvaćena publikacija (suradnja s O. Milat, Institut za fiziku i M. Dressel i B.Gorshunov, Sveučilište Stuttgart). Također su dovršena i istraživanja sistema s jakim elektronskim korelacijama BaVS koja uključuju mjerenja dc električne vodljivosti, nelinearne dc vodljivosti i dielektrične relaksacije u svrhu određenja prirode pobuđenja osnovnog stanja, te je pripremljena i objavljena publikacija (suradnja s L. Forro i A. Akrap, EPFL, Lausanne). Nadalje, započeli smo istraživanja kvazi-2D organskog sistema s jakim elektronskim korelacijama i uređenjem naboja α -(BEDT-TTF) $_2\text{I}_3$ koja uključuju mjerenja anizotropije dc električne vodljivosti, nelinearne dc vodljivosti i dielektrične relaksacije u temperaturnom rasponu 4 K – 300 K. Dosadašnji rezultati pokazuju postojanje dva dielektrična moda. Daljnja istraživanja trebaju utvrditi eventualnu ovisnost polarizacije o smjeru primjenjenog ac električnog polja te postojanje nelinearnog odgovora u jakim dc poljima. T. Ivek je boravio na Sveučilištu Stuttgart i tamo sudjelovao u mjerenjima koeficijenta refleksije u srednjem infracrvenom području te fazno-osjetljivim mjerenjima transmisije na kvazioptičkom postavu u THz području (suradnja s O. Milat, Institut za fiziku i M. Dressel, Sveučilište Stuttgart).

Istraživanja u domeni fizike meke materije. Istraživanja jako fleksibilne Na-soli hijaluronske kiseline uključuju mjerenja dc električne vodljivosti i dielektrične relaksacije u funkciji koncentracije u svrhu određenja fundamentalnih prostornih skala i zasjenjenja. Rezultati u polurazrijeđenim čistim vodenim otopinama pokazuju dva dielektrična moda

koji odgovaraju difuznom kretanju protuiona duž prostornih skala koje određuju strukturu otopine i pojedinog lanca. Zakoni potencije koje te skale slijede približno odgovaraju zakonima predviđenih teorijom za jako fleksibilne polimere čija je dužina tvrdokornosti manja od korelacijske dužine otopine. Započeta je analiza do sada dobivenih podataka za električnu vodljivost čistih vodenih otopina biopolimera u okviru Manning-Rubinstein modela (suradnja s R. Podgornik, Sveučilište u Ljubljani i Institut J. Stefan i F. Livolant, Laboratoire de Physique des Solides, Orsay). Nadalje su nastavljena istraživanja uređenih faza s visokom napučenosti biomakromolekulama (funkcije žive stanice se odvijaju u takvim okruženjima). Istovremeno, u takvim fazama bitan je utjecaj korelacija naboja. Specifično, protein RecA, u kompleksu s DNK stvara nukleoproteinske filamente, bliske po helikoidalnoj strukturi samoj DNK. Istraživano je kako se RecA+DNK kompleksi (146 pb DNK dužine 50nm) samoorganiziraju pod kontroliranim uvjetima u otopini, i koja je priroda dobivenih faza. Za otopine RecA proteina koncentracije iznad 100 g/L identificirane su nematička, kolesterička i heksagonalno uređena faza, koje se javljaju tim slijedom, s porastom koncentracije. Pojava istih faza uočena je i za nominalno monodisperzni sistem štapićastih RecA+DNK kompleksa duljine 75 nm i debljine 10 nm, također iznad 100g/L. No za taj sistem javilo se pitanje je li uistinu monodisperzan ili se javlja linearna i lateralna agregacija štapićastih kompleksa (suradnja s grupom F. Livolant, LPS, Orsay).

Strongly correlated inorganic, organic and biomaterials

Condensed matter research. The Hall-effect measurements results of quasi-1D ladder compounds $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ for different x (and different geometries) are analyzed and the publication is accepted. The additional publication where the data were compared with optimally doped high-Tc LSCO cuprates is accepted for publication (collaboration with A.Hamzić, M.Basletić, E.Tafra, Dept.of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb; M.Dressel, University of Stuttgart). Comparison of our estimate for the effective number of carriers at 300K with the numbers of holes in the ladders (obtained by different experimental techniques) leads us to conclude that a minor change in number of carriers (less than 1 hole per formula unit) on the ladders is responsible for a pronounced change in resistivity from semiconducting (for $x=0$) to metallic like (for $x=11.5$). For $x = 11.5$, the temperature dependence of the inverse Hall angle (the ratio of resistivity and Hall coefficient) is similar to that of high Tc copper-oxide superconductors despite strong anisotropy. The study of underdoped 1D cuprates $(\text{La},\text{Y})_y(\text{Sr},\text{Ca})_{14-y}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ (dc electrical conductivity anisotropy and dielectric relaxation anisotropy) performed with the aim to determine the phase boundary between underdoped and fully doped systems is closed and the paper is published (cooperation with O.Milat, Institut za fiziku and M.Dressel and B.Gorshunov, University of Stuttgart). Next, the study of strongly correlated system BaVS (dc electrical conductivity, non-linear dc conductivity and dielectric relaxation) performed in order to determine the nature of low temperature phase excitations is closed and the paper is published (cooperation with L.Forro and A.Akrap, EPFL, Lausanne). Finally, we have undertaken the study of quasi-2D organic strongly correlated system with charge order $\alpha\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{I}_3$ (dc electrical conductivity anisotropy and dielectric relaxation anisotropy in the temperature range 4 K – 300 K). Preliminary results showed the existence of two dielectric modes. Further experiments will be done with the aim to find out whether

the polarization depends on the electric field orientation and if there is any non-linear response in the strong dc electric fields. In addition, T.Ivek spent two months at the University of Stuttgart in order to perform optical experiments in the infrared and THz range (cooperation with O.Milat, Institut za fiziku and M.Dressel, University of Stuttgart).

Soft condensed matter research. The study of highly flexible Na-salt of hyaluronic acid (measurements of dc electric conductivity and dielectric relaxation) as a function of the concentration in order to determine relevant fundamental length scales and screening. The results in semidilute pure water solutions demonstrated two dielectric modes which corresponded to diffuse counterion motion along length scales describing the solution structure and the structure of a single chain. Scaling laws describing these length scales correspond rather closely to the ones theoretically predicted for the highly flexible polymers whose persistence length is smaller than the solution correlation length. Next, we have undertaken the analysis of dc electrical conductivity data in the framework of Manning-Rubinstein model for pure water solutions of diverse biopolymers (cooperation with R.Podgornik, University of Ljubljani and Institut J.Stefan and F.Livolant, Laboratoire de Physique des Solides, Orsay). We have continued our studies of ordered dense phases, phases which contain a high volume proportion of biomacromolecules (>10%, living cells function in these conditions) and where charge correlations have an important role. Our work focuses on RecA protein, which complexes with DNA and forms helical nucleoprotein filaments that are structurally similar to DNA. We explored how RecA+DNA (146 bp DNA, 50 nm in length) complexes self-organize under controlled ionic conditions, and what is the nature of the formed liquid crystalline phases. For RecA concentrated solutions (above 100 g/L) we identified nematic, cholesteric and hexagonally packed phases, occurring consecutively upon the increase in concentration. Similar phases were observed also for nominally monodisperse system containing rodlike RecA+DNA nucleoprotein filaments (75 nm in length, 10nm diameter), also above 100 g/L. Whether this system is really monodisperse, or a linear or lateral aggregation of rodlike complexes is present remains to be resolved. (cooperation with F.Livolant, LPS, Orsay).

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. E. Tafra, B. Korin-Hamzić, M. Basletić, A. Hamzić, M. Dressel and J. Akimitsu
Influence of doping on the Hall coefficient in $Sr_{14-x}Ca_xCu_{24}O_{41}$
Phys. Rev. B **78**, 155122 (2008).
2. T. Ivek, T. Vuletić, B. Korin-Hamzić, O. Milat, S. Tomić, B. Gorshunov, M. Dressel, J. Akimitsu, Y. Sugiyama, C. Hess and B. Büchner
Crossover in charge transport from one-dimensional copper-oxygen chains to two-dimensional ladders in $(La, Y)_y(Sr, Ca)_{14-y}Cu_{24}O_{41}$
Phys. Rev. B **78**, 205105 (2008).
3. S.Tomić, S.Dolanski Babić, T.Ivek, T. Vuletić, S. Krča, F.Livolant and R. Podgornik
Short-fragment Na-DNA dilute aqueous solutions: fundamental length scales and screening,
Europhys.Letters **81**, 68003 (2008).

4. T. Ivek, T. Vuletić, S. Tomić, A. Akrap, H. Berger and L. Forro
Collective charge excitations below the metal-to-insulator transition in BaVS₃
Phys.Rev.B **78**, 035110 (2008).

Radovi u zbornicima skupova

5. O. Milat, K. Salamon, S. Tomić, T. Vuletić and T. Ivek
Diffraction analysis of incommensurate modulation in „chain-ladder“ composite crystal (Sr/Ca/La)₁₄Cu₂₄O₄₁
14th European Microscopy Congress, Aache, Germany, M. Luysberg, K. Tillmann, T. Weirich (ur.). Heidelberg : Springer-Verlag Berlin, 209-210 (2008).

Ostali radovi (diplomski, disertacije, stručni, popularni i sl.)

6. Z. Gregurić
Dielektrična relaksacija vodenih otopina hijaluronske kiseline
diplomski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 11. srpnja 2008.
(voditelj: dr. sc. S. Tomić; suvoditelj: T. Vuletić).
7. S. Dolanski Babić
Električna i dielektrična svojstva vodenih otopina genomske deoksiribonukleinske kiseline
doktorski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 16. listopada 2008.
(voditelj: dr. sc. S. Tomić).
8. D. Grgičin
Dielektrična relaksacija vodenih otopina hijaluronske kiseline
seminarski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, lipanj 2008
(voditelji: T. Vuletić i S. Tomić).

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. S. Tomić, S. Dolanski Babić, T. Ivek, T. Vuletic, S. Krca, L. Griparić, F. Livolant and R. Podgornik
Fundamental Length Scales and Screening in Dilute and Semidilute Biopolyelectrolytes International Conference “From Solid State to Biophysics”, Cavtat, Hrvatska (6. - 13. lipnja, 2008.)
(predavanje)
2. T. Ivek, T. Vuletić, S. Tomić, A. Akrap, H. Berger, L. Forró
Collective Charge Excitations below the Metal-to-Insulator Transition in BaVS₃
The International Workshop on Electronic Crystals ECRYS 2008, Cargèse, Corsica, Francuska (25 - 30. kolovoza 2008.)
(predavanje)
3. E. Tafra, B. Korin-Hamzić, M. Basletić, A. Hamzić, M. Dressel, J. Akimitsu
Hall effect in Sr_{14-x}Cu_xCu₂₄O₄₁
The International Workshop on Electronic Crystals ECRYS 2008, Cargèse, Corsica, Francuska (25 - 30. kolovoza 2008.)
(predavanje)

4. B.Korin-Hamzić, E.Tafra, M.Basletić, A.Hamzić
Magnetotransport properties of quasi-1D organic and inorganic conductors
3rd IUPAP conference on women in physics CWIP2008, Seoul, J.Koreja (7-10.listopada 2008.)
(poster)
5. T. Ivek, T.Vuletić, S. Tomić, A. Akrap, H. Berger, L. Forró
Collective Charge Excitations below the Metal-to-Insulator Transition in BaVS₃
XIII Training Course in the Physics of Strongly Correlated Systems, Vietri sul Mare (Salerno), Italija (6 - 17.listopada 2008.)
(predavanje)
6. S.Dolanski Babić, T.Vuletić and S.Tomić
Electrical conductivity in some biopolyelectrolytes
3rd Christmas Biophysics Workshop, Donja Stubica, Hrvatska (15. - 16. prosinca 2008.)
(predavanje)
7. T.Vuletić, F. Livolant, M. Renouard, E. Raspaud and J. Rädler
Ordered phases of helical DNA+RecA complexes
3rd Christmas Biophysics Workshop, Donja Stubica, Hrvatska (15. - 16. prosinca 2008.)
(predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. *Frequency-Dependent Conductivity of Charge Ordering Phases of Two-Dimensional Organic Metals: Search for the Anisotropic Dispersion and Collective Excitations*
Prof.M.Dressel (1. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart) i dr.sc.S.Tomić (Institut za fiziku, Zagreb).
2. *Protein assisted DNA monolayer assembly*
Dr.sc.A.Smith (Universität Stuttgart) i dr.sc.T.Vuletić i dr.sc.T.Ban (Institut za fiziku, Zagreb).

Neposredna suradnja

3. Istraživanja kvazi-1D organskih materijala, prof.K.Maki (University of Southern California, Los Angeles, California) i dr.sc. B.Hamzić (Institut za fiziku, Zagreb).
4. Istraživanja kvazi-1D kuprata, prof. M.Dressel (1.Physikalisches Institut, Universität Stuttgart) i dr.sc. B.Hamzić i dr.sc.S.Tomić (Institut za fiziku, Zagreb).
5. Istraživanja vala gustoće naboja u BaVS₃, prof. L.Forro (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne) i dr.sc.S.Tomić (Institut za fiziku, Zagreb).
6. Istraživanja dinamike biopolielektrolita, prof.R.Podgornik (Sveučilište u Ljubljani i Institut J.Stefan) i dr.sc.S.Tomić i dr.sc. T.Vuletić (Institut za fiziku, Zagreb).

7. Istraživanja uređenih faza helikoidalnih RecA+DNA kompleksa, prof. F.Livolant (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud XI, Orsay) i dr.sc.T.Vuletić (Institut za fiziku, Zagreb).

Domaća znanstvena suradnja

Neposredna suradnja

8. Istraživanja kvazi-1D kuprata i kvazi-1D organskih materijala u jakim magnetskim poljima, prof.A.Hamzić, dipl.inž.E.Tafra i dr.sc.M.Basletić (Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu) i dr.sc. B.Hamzić (Institut za fiziku, Zagreb).

Predavanja i seminari

1. S.Tomić, *Fundamental Length Scales and Screening in Biopolyelectrolytes*, Physics Department, University of Ljubljana (travanj 2008).

Ostalo

- B. Hamzić: članica "Stručnog povjerenstva za školske udžbenike" MZOŠ-a
- B.Hamzić: predsjednica ZV-a
- B. Hamzić : voditeljica radne grupe HFD-a „Žene u fizici“
- B.Hamzić, T.Vuletić i S.Tomić: recenzenti (APS, EPS i ostali međunarodni časopisi)
- S.Tomić: predsjednica HFD-a
- S.Tomić: članica Study Committee Doktorskog studija iz biofizike Sveučilišta u Splitu
- T.Vuletić: organizacija 3rd Christmas Biophysics Workshop, Bled, Slovenia (15.-16. prosinca 2008), sa sudjelovanjem 25 znanstvenika većinom iz Slovenije i Hrvatske, te također iz Austrije i Francuske, kao i 12 studenata PMF-a.

MODELIRANJE FIZIKALNIH SVOJSTAVA MATERIJALA S IZRAŽENOM FRUSTRACIJOM ILI NEREDOM (035-0352826-2847)

Glavni istraživač: dr. sc. Eduard Tutiš, viši znanstveni suradnik
Suradnici: dipl. inž. Ivan Jurić, znanstveni novak
Vanjski suradnici: prof. dr. Ivo Batistić, PMF, Zagreb, izvanredni profesor
prof. dr. sci. Ante Bilušić, PMF, Split, izvanredni profesor

Opis istraživanja

U proučavanju fizikalnih procesa u uređajima zasnovanim na neuređenim organskim uređajima nastavili smo rad u više smjerova: modelirali smo rekombinaciju u blizini granica različitih organskih slojeva; unaprijedili smo razumijevanje električnog transporta u tim materijalima; razvili smo novu generaciju računalnog modela za višeslojne uređaje; poboljšali smo i prezentirali prvi analitički model za organske memorije zasnovane na nanočesticama metala utopljenim u organsku matricu, te smo proučili utjecaj interakcije tipletnih ekscitona na njihovu difuziju.

U proučavanju anorganskih slojastih materijala s izraženim elektron-elektron i elektron-fonon međudjelovanjima izložena je i matematički potkrijepljena slika faznih prijelaza između supravodljive faze, Mottove faze i (semi)metalne faze. Proučavana su dva spoja iz porodice dihalcogenida prijelaznih metala, 1T-TaS₂ i 1T-TiSe.

U području kompleksnih metalnih slitina proučavana su električna i toplinska transportna svojstva, u kombinaciji eksperimentalnog mjerenja u okviru istraživačkog programa i teorijskog modeliranja transportnih koeficijenata.

Modeling the physical properties of materials with marked frustration or disorder

The investigations of the physical processes in devices based on disordered organics were continued in several directions: we modeled the recombination and other processes at organic-organic heterojunctions; advanced the understanding of the electronic transport in these materials; developed the new generation of computer model for multilayer devices; improved and presented the first analytic model for the organic memories based on metallic nanoparticles immersed into organic layer; and investigated the influence of the interaction between triplet excitons on their diffusion.

Within the research in inorganic layered materials with pronounced electron-electron and electron-phonon interaction we proposed and mathematically substantiated the picture of the phase transitions between superconducting phase, Mott phase and (semi)metallic phase. Two compounds that were especially addressed belong to the family of transition metal dichalcogenides, 1T-TaS₂ i 1T-TiSe.

Within the field of complex metallic alloys we were investigating the electric and thermal transport, combining the experimental measurements within the research program and the theoretical modeling of the transport coefficients.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. Jurić, I. Batistić, E. Tutiš
Recombination at heterojunctions in disordered organic media: Modeling and numerical simulations
Phys. Rev. B, **77** (2008) 165304
2. B. Sipos, A. Kusmartseva, A. Akrap, H. Berger, L. Forró, E. Tutiš
From Mott state to superconductivity in 1T-TaS
Nature Materials **7** (2008) 960-965
3. Smontara, A.; Smiljanić, I.; Bilušić, A.; Grushko, B.; Balanetsky, S.; Jagličić, Z.; Vrtnik, S.; Dolinšek, J.
Complex epsilon-phases in the Al-Pd-transition-metal systems: towards a combination of an electrical conductor with a thermal insulator
Journal of Alloys and Compounds **450** (2008) 92-102
4. Smiljanić, Igor; Smontara, Ana; Bilušić, Ante; Lukatela, Jagoda; Stanić, Denis; Barišić, Neven; Dolinšek, J.; Feuerbacher, M.; Grushko, B.
Thermal and electrical conductivities in Al-based complex metallic alloys
Philosophical Magazine **78** (2008) 2155-2162

Radovi u ostalim časopisima

5. Stanić, Denis; Smiljanić, Igor; Barišić, Neven; Dolinšek, J.; Bilušić, Ante; Lukatela, Jagoda; Leontić, Boran; Smontara, Ana
Low temperature transport properties of the epsilon-phase Al-Pd-(Mn, Fe, Co, Rh...)
Materials and Technology **42** (2008) 105-110.

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. Tutiš, Eduard; Houili, Hocine; Batistić, Ivo.
Analytic model for organic memory-resistive devices
The 7th International Conference on Electroluminescence of Molecular Materials and Related Phenomena, Dresden, Njemačka, 2-6 rujna 2008.
(predavanje)
2. Jurić, Ivan; Tutiš, Eduard; Batistić, Ivo
Charge dynamics and recombination at organic heterojunctions in OLEDs
The 7th International Conference on Electroluminescence of Molecular Materials and Related Phenomena, Dresden, Njemačka, 2-6.rujna .2008.
(poster)
3. Bilušić, Ante
Heat Conduction in complex Metallic Alloys
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb
(pozvano predavanje)

4. Batistić, Ivo; Stanić, Denis; Smiljanić, Igor; Tutiš, Eduard
Modeling the transport properties of Taylor-phase and decagonal Al₃(Mn, Fe) complex intermetallics
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (pozvano predavanje).
5. Smontara, Ana; Smiljanić, Igor; Bilušić, Ante; Dolinšek, J.; Gille, P.
Anisotropic thermal conductivity of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster)
6. Smiljanić, Igor; Barišić, Neven; Bilušić, Ante; Smontara, Ana
High pressure study of transport properties of CMA
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster)

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. *Thermal and magnetic properties of highly frustrated magnets*
Prof. L. Forro (EPFL, Lausanne) , Dr. sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)
projekt Švicarsko-Hrvatske znanstvene suradnje SNF/SCOPE: IB/320-111044
2. *Highly frustrated magnetism*
projekt European Science Fondation (2005-2010)
hrvatski koordinator Dr. sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)
3. *Complex metallic alloys (CMA)*
mreža izvrsnosti EU-a (No. NMPT3-CT2005-5000140)
hrvatski koordinator Dr. sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)

Neformalna

4. *Organske fotovoltaične ćelije i slični uređaji*
Dr. Frank Nueesch, EMPA, Dubendorf, Švicarska
5. *Fizikalni procesi u višeslojnim organskim uređajima*
M.-C. Castex, S. Chénais, S. Forget
Laboratoire de Physique des Lasers, Institut Galilée, Université Paris 13,

Domaća znanstvena suradnja

6. Domaća znanstvena suradnja odvija se unutar programa istraživanja pri MZOS HR «*Fizikalni procesi u materijalima s novim vrstama atomskog i magnetskog uređenja*» (035-0352826) u suradnji s učesnicima svih projekata na tom programu.

Sudjelovanje u nastavi

Dodiplomska nastava

1. Ivan Jurić
Vježbe iz kolegija *Uvod u statističku fiziku* (predavač Prof. dr. sc. Ivo Batistić),
dodiplomski studij za profesorske smjerove PMF, Zagreb

Poslijediplomska nastava

2. Eduard Tutiš,
Fizika poluvodiča
(Poslijediplomski studij prirodnih znanosti, Fizika, PMF, Zagreb)

Ostalo

Članovi projekta i istraživačkog programa radili su na organizaciji radionice *Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08*, (CMA European Network of Excellence) koja je s uspjehom održana na Institutu za fiziku od 1. do 4. listopada 2008. godine.

TRANSPORT TOPLINE I NABOJA U JAKO FRUSTRIRANIM MAGNETIMA I SRODNYM MATERIJALIMA (035-0352826-2848)

- Glavni istraživač:** dr. sc. Ana Smontara, znanstveni savjetnik
- Suradnici:** dr. sc. Jovica Ivkov, viši znanstveni suradnik
dipl. inž. Petar Popčević, znanstveni novak
dipl. inž. Igor Smiljanić, znanstveni novak (do 29. 2. 2008.)
- Vanjski suradnici:** prof. dr. sc. Boran Leontić, profesor emeritus u mirovini
dr. sc. Jagoda Lukatela, znanstveni savjetnik u mirovini
dr. sc. Neven Barišić, Universität Stuttgart, Njemačka
dr. sc. Željko Bihar, ADMOVEO, Zagreb
dipl. inž. Denis Stanić, znanstveni novak (od 12.05.2008.)
Sveučilište J. J. Strossmayer, Osijek

Opis istraživanja

Istraživanja tijekom 2008. godine u okviru projekta i međunarodnih projekata nastavljena su u području fizike kvazikristala i kompleksnih metalnih spojeva, te frustriranih magneta i srodnih materijala. Istraživanja sistema čija su transportna svojstva ispitivana u našem laboratoriju, proširena su u okviru međunarodnih suradnji na istraživanja komplementarnih fizikalnih svojstva (strukturna, magnetska, ...). Rezultati su u suradnji s teorijskim fizičarima (O. S. Barišić, M. Komelj, ...) analizirani i objavljeni u CC časopisima (2 Phys. Rev. B., 2 Phil. Mag., 1 J. Alloys Compds, 1 IEEE). Pored toga, sa suradnicima programa MZOS-a *Fizikalni procesi u materijalima s novim vrstama atomskog i magnetskog uređenja* (035-0352826) organizirali smo na Institutu za fiziku pod pokroviteljstvom HAZU međunarodni znanstveni skup „Frontiers in complex metallic alloys“. Prigodnom sekcijom na skupu „Leontić Anniversary“ obilježili smo 80-tu obljetnicu rođenja Borana Leontića, profesora emeritusa na PMF-a u Zagrebu i dugogodišnjeg ravnatelja Instituta za fiziku Sveučilišta, danas vanjskog suradnika.

Navodimo sažeto dio rezultata naših istraživanja koji su objavljeni:

- a) Rezultati istraživanja fizikalnih svojstava (magnetske susceptibilnosti, električnog otpora, termostruje, Hallovo efekta i toplinske vodljivosti) dekahonalnog aproksimanta Y-Al-Ni-Co pokazuju vrlo dobru analogiju između anizotropnih fizikalnih svojstava kvaziperiodičnog *d*-Al-Ni-Co kvazikristala s jedne strane te periodičnih Y-Al-Ni-Co i Al₄(Cr,Fe) dekahonalnih aproksimanta s druge strane. To sugerira da kvaziperiodična struktura na velikoj skali ne utječe na anizotropiju što je uzrokovana kompleksnošću lokalnog atomskog uređenja na skakali najbližih susjeda (rad 1.).
- b) Živin spoj HgBa₂CuO_{4+delta} (Hg1201) koji ima jednostavnu tetragonalnu kristalnu strukturu i najviši temperaturu supravodljivog prijelaza T_c među kupratnim visokotemperaturnim supravodičima, s T_c=97 K kod optimalnog dopiranja. Rezultati opsežnih istraživanja ukazuju da je moguće odrediti pogodne uvjete termičkog tretiranja kod kojih se sistematski i jednoliko podešava koncentracija šupljina Hg1201 kristala u širokom području koncentracija, od jako poddopirane (T_c=47 K, koncentracija šupljina

$p=0.08$) do predopirane ($T_c=64$ K, koncentracija šupljina $p=0.22$) strane. Mjerenja magnetske susceptibilnosti i dc otpornosti sugeriraju da se radi o uzorcima vrlo visoke kakvoće, te da se Hg1201 sistem može uzeti kao posebno čisti, modelni primjer kupratnog visoko temperaturnog supravodiča (rad 2.).

c) Rezultati naših istraživanja utjecaja grebanja površine feromagnetske amorfne trake VITROVAC 6025Z na histerezu i njene parametre podupiru fenomenološki model utjecaja površinskih domena na zapinjanje domenskih zidova mekih feromagnetskih traka (rad 3.)

Da bi se mogla realizirati istraživanja predviđena planom projekta za razdoblje do 5 godina, koncem ove, druge godine trajanja projekta, nabavljen je sredstvima MZOS-a osnovni elektronički instrumentarij za realizaciju mjerenja transportnih svojstava u magnetskom polju.

Thermal and charge transport in highly-frustrated magnets and related materials

In 2008 we continued our investigation of physical properties of quasicrystals, complex metallic alloys as well as frustrated magnets and related materials in the framework of the present Project and fourth international projects. We investigated transport properties of these materials in our laboratories while measurements of some compatible physical properties (structure, magnetic) were done abroad through our international cooperation. The results were analyzed in collaboration with theoreticians (O. S. Barišić, M. Komelj) and published in CC journals (2 Phys. Rev. B., 2 Phil. Mag., 1 J. Alloys Compds, 1 IEEE).

With other collaborators of the MZOS program *Physical processes in materials with novel types of atomic and magnetic orders* (035-0352826) we have organised, at the Institute of physics and under the sponsorship of the Croatian Academy of Science and Art, the international scientific workshop „Frontiers in complex metallic alloys“. A special section of the workshop „Leontić Anniversary“ was dedicated to the celebration of the 80th birthday of Boran Leontić, professor emeritus at the Faculty of Science, Zagreb, a one-time director of the Institute of Physics of the University, (external) scientific advisor at present.

Below, we describe part of our investigations which were published.

a) Results of the anisotropic physical properties (magnetic susceptibility, electrical resistivity, thermoelectric power, Hall coefficient, and thermal conductivity) of Y-Al-Ni-Co decagonal approximant show good analogy between the anisotropic physical properties of the quasiperiodic *d*-Al-Ni-Co quasicrystal on one hand and the periodic Y-Al-Ni-Co and Al₄(Cr,Fe) decagonal approximants on the other hand. This suggests that long-range quasiperiodicity of the structure is of marginal importance for the anisotropy, which originates from the complex local atomic order on the scale of nearest-neighbour atoms (paper 1)

b) The compound HgBa₂CuO_{4+delta} (Hg1201) exhibits a simple tetragonal crystal structure and the highest superconducting transition temperature T_c among all single Cu-O layer cuprates, with $T_c=97$ K at optimal doping. We demonstrate that it is possible to identify suitable heat treatment conditions to systematically and uniformly tune the hole concentration of Hg1201 crystals over a wide range, from very underdoped ($T_c=47$ K and

hole concentration $p=0.08$) to overdoped ($T_c=64$ K and hole concentration $p=0.22$). The quantitative magnetic susceptibility and dc charge transport measurements reveal very high-quality nature of studied crystals and these characterization measurements demonstrate that Hg1201 should be viewed as a model high-temperature superconductor (paper 2)

c) The results of our investigations of the influence of oblique surface field H_p (generated by core current) on the hysteresis curves of magnetization and their parameters for abraded and unbranded VITROVAC 6025Z ribbons lends strong support to the phenomenological model for the influence of surface domains on the domain wall pinning in very soft magnetic ribbons (paper 3).

In the second half of 2008. we bought the electronic equipment with the funds made available to us through the MZOS. The electronics is necessary for the realization of the proposed investigation of transport properties in magnetic field within the present project.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. Smontara, Ana; Smiljanić, Igor; Ivkov, Jovica; Stanić, Denis; Barišić, Osor-Slaven; Jagličić, Z.; Gille, P.; Komelj, M.; Jeglič, P.; Dolinšek, J.
Anisotropic magnetic, electrical and thermal transport properties of Y-Al-Ni-Co decagonal approximant
Physical Review B **78** (2008) 104204(13).
2. Barišić, Neven; Li, Yuan; Zhao, Xudong; Cho, Yong-Chan; Chabot-Couture, Guillaume; Yu, Guichuan; Greven, Martin
Demonstrating the model nature of the high-temperature superconductor $HgBa_2CuO_{4+\delta}$
Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics **78** (2008) 054518(7).
3. Popčević, Petar, E. Babić, S. Sabolek
Effects of Surface Abrasion on Magnetization of VITROVAC 6025Z Ribbons
IEEE Trans. Magn. **44** (2008) 2095-2099.
4. Dolinšek, J.; Vrtnik, S.; Smontara, A.; M. Jagodič, M.; Jagličić, Z.; Bauer, B.; Gille P.
Anisotropic electrical, magnetic and thermal transport properties of the $Al_{80}Cr_{15}Fe_5$ decagonal approximant
Philosophical Magazine **78** (2008) 2145-2153.
5. Smiljanić, Igor; Smontara, Ana; Bilušić, Ante; Lukatela, Jagoda; Stanić, Denis; Barišić, Neven; Dolinšek, J.; Feuerbacher, M.; Grushko, B.
Thermal and electrical conductivities in Al-based complex metallic alloys
Philosophical Magazine **78** (2008) 2155-2162.
6. Smontara, Ana; Smiljanić, Igor; Bilušić, Ante; Grushko, B.; Balanetsky, S.; Jagličić, Z.; Vrtnik, S.; Dolinšek, J.
Complex epsilon-phases in the Al-Pd-transition-metal systems: towards a combination of an electrical conductor with a thermal insulator
Journal of Alloys and Compounds **450** (2008) 92-102.

Konferencijski rad u međunarodnom časopisu

7. Stanić, Denis; Smiljanić, Igor; Barišić, Neven; Dolinšek, J.; Bilušić, Ante; Lukatela, Jagoda; Leontić, Boran; Smontara, Ana
Low temperature transport properties of the epsilon-phase Al-Pd-(Mn, Fe, Co, Rh...)
Materials and Technology **42** (2008) 105-110.

Uredničke knjige

8. *Frontiers in complex metallic alloys "CMA-Zagreb '08"*
Knjiga sažetaka (ur. A. Smontara), Institut za fiziku: tiskana verzija 71 stranica

Ostale vrste radova

9. Smontara, Ana
Gajo Alaga
Matematičko-fizički list LIX 1/233 (2008.-2009.) 66.
10. Smontara, Ana
Prirodoslovac Ferdinand Konščak
Prirodoslovlje 8 (2008).

Organizacije znanstvenih skupova

Frontiers in complex metallic Alloys

Međunarodni znanstveni skup Europske mreže izvrsnosti "Complex metallic Alloys", 1. do 4. listopada 2008., Institut za fiziku, Zagreb

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. Stanić, Denis
Transport properties of Al-Mn-(Fe,Pd) complex metallic Alloys
3rd European School in Material Sciences, 26.-31. svibnja 2008., Ljubljana, Slovenija (poster)
2. Stanić, Denis; Ivkov, Jovica; Smontara, Ana.
Hallov efekt u T-fazama $Al_{73}Mn_{27-x}(Fe/Pd)_x$ ($x \leq 6$)
15. Međunarodni sastanak "Vakuumska znanost i tehnika", 4. lipnja 2008., Varaždin (predavanje)
3. Stanić, Denis; Ivkov, Jovica; Smontara, Ana.
Anizotropija transportnih svojstava dekadonalnog aproksimanta $Y-Al_{76}Co_{22}Ni_2$
15. Međunarodni sastanak "Vakuumska znanost i tehnika", 4. lipnja 2008., Varaždin (poster)
4. Bilušić, Ante, Smontara, Ana; Stanić, Denis, Pajić, Josip
Mjerene toplinske vodljivosti uzoraka milimetarskih dimenzija
15. Međunarodni sastanak "Vakuumska znanost i tehnika", 4. lipnja 2008., Varaždin (poster)
5. Smontara, Ana; Stanić, Denis; Ivkov, Jovica; Barišić, Osor, S.; Gille, P.; Dolinšek, J.
Transport properties of the $T-Al_3(Mn,Pd)$ quasicrystalline approximant

- 10th International Conference on Quasicrystals, 6.-11. srpnja 2008., Zurich, Švicarska (poster).
6. Smontara, Ana; Stanić, Denis; Ivkov, Jovica; Barišić, Osor, S.; Gille, P.; Dolinšek, J. *Transport properties of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant*
10th International Conference on Quasicrystals, 6.-11. srpnja 2008., Zurich, Švicarska (poster)
 7. Batistić, Ivo; Stanić, Denis; Smiljanić, Igor; Tutiš, Eduard
Modeling the transport properties of Taylor-phase and decagonal Al₃(Mn, Fe) complex intermetallics
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (pozvano predavanje).
 8. Popčević, Petar; Smiljanić, I.; Smontara, A.; Dolinšek, J.; Gottlieb-Schönmeyerc, S.
Transport properties of a YbCu_{4.5} metallic alloy compound
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster).
 9. Stanić, Denis; Ivkov, Jovica; Smontara, Ana; Dolinšek, J.; Gille, P.
Hall coefficient of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster).
 10. Ivkov, Jovica; Stanić, Denis; Smontara, Ana; Jagličić, Z.; Dolinšek, J.; Heggen, M.; Feuerbacher, M.
Hall effect of the triclinic Al₇₃Mn₂₇ and T-Al₇₃Mn_{27-x}Pd_x (0 ≤ x ≤ 6) complex metallic alloys
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster)
 11. Lukatela, Jagoda; Stanića, Denis; Ivkov, Jovica; Smontara, Ana; Dolinšek, Gille, P.
Anisotropic transport properties of the orthorhombic complex metallic alloy phase Al₁₃Co₄
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster)
 12. Smiljanić, Igor; Barišić, Neven; Bilušić, Ante; Smontara, Ana
High pressure study of transport properties of CMA
Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster)
 13. Smontara, Ana; Smiljanić, Igor; Bilušić, Ante; Dolinšek, J.; Gille, P.
Anisotropic thermal conductivity of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant Frontiers in Complex Metallic Alloys CMA-Zagreb'08, 1.- 4. listopada 2008., Zagreb (poster)
 14. Smontara, Ana
Prirodoslovac Ferdinand Konščak
Hrvatski prirodoslovci 17 - Povijest prirodoslovlja Varaždinske županije , 17. listopada 2008. g., Varaždin (pozvano predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. *Kompleksni metalni spojevi*
Bilateralni HR-SLO projekt. Voditelji: prof. dr. J. Dolišek (Slovenija, Ljubljana) i dr.sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)
2. *Thermal-transport and magnetic properties of highly frustrated magnets*
Projekt Švicarsko-Hrvatske znanstvene suradnje SNF/SCOPES: IB/320-111044
Voditelji: prof. dr. Laszlo Forro (Institut de la Physique de la Matiere Complexe, EPFL, Lausanne) i dr. sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)
3. *Complex metallic alloys (CMA)*
Mreža izvrsnosti EU-a (No. NMPT3-CT2005-5000140)
Voditelji: J.-M. Dubois (Institut Jean Lamour, Ecole des Mines de Nancy, Nancy,) i dr.sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)
4. *Highly frustrated magnetism (HFM)*
Mreža suradnje Europske znanstvene fondacije (ESF-a)
Voditelji: Prof. dr. P. Mendels (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay Cedex) i dr.sc. A. Smontara (Institut za fiziku, Zagreb)

Neformalna

5. Magnetizam u kompleksnim sistemima
Zvonko Jagličić, Center for *Magnetic measurements*, IMFM, Ljubljana, Slovenija
6. *Ab-initio* računi elektronske strukture
Martin Komelj, Department for nanostructured materials, Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenija
7. Sinteza Taylorovih faza kompleksnih metalnih sistema
Michael Feuerbacher i Marc Heggen, Institut of Solid State Research at the Research, Centre Juelich, Juelich, Njemačka
8. Sinteza monokristala degagonalnih kvazikristala
Peter Gille, Ludwig-Maximilians-Universität München, Department of Earth and Environmental Sciences, Crystallography Section, München, Njemačka

Domaća znanstvena suradnja

Neformalna

9. *Modeliranje transportnih svojstava novih materijala*
Ivo Batistić (PMF, Zagreb)
10. *Transport topline u sistemima s različitim stupnjevima uređenja*
Ante Bilušić (PMF, Split)
11. *Amorfne magnetske i nemagnetske slitine*
Emil Babić (PMF, Zagreb)

Ostalo

- Barišić, N. , Ivkov J., Lukatela J., Popčević, P. i Stanić D. članovi lokalnog organizacionog odbora znanstvenog skupa *Frontiers in complex metallic alloys* , od 1. do 4. listopada 2008. god. Institutut za fiziku, Zagreb

Smontara A.

- predsjedateljica međunarodnog znanstvenog skupa *Frontiers in Complex Metallic Alloys*, od 1. do 4. listopada 2008. god. Institutut za fiziku, Zagreb
- mentorica doktorskog rada ipl. inž. Denisa Stanića, znanstvenog novaka projekta i asistenta na Odjelu za fiziku Sveučilišta u Osijeku *Transport naboja i topline kompleksnih metalnih spojeva $Al_{73}Mn_{27-x}(Pd, Fe)_x$* (rad predan na ocjenu u prosincu 2008.g.)
- članica organizacijskog odbora međunarodne škole 3rd European School in Material Science *Complex Metallic Alloys: Surfaces and Coatings* (Ljubljana (Slovenija), 26. - 31. svibnja 2008.) i predsjedateljica naprednih lekcija (Advanced tutorials)
- predsjedateljica sekcije 5. *Properties and applications II* na 10th *International Conference on Quasicrystals ICQ10*, 6.-11. srpnja 2008., Zurich, Švicarska
- članica upravnog odbora (Steering comittee) ESF projekta *Highly frustrated magnetism*
- članica savjetodavnog odbora (Advisory board) EU projekta *Strengthening the SOLid-state research capacities in Zagreb by the introduction of Nuclear Magnetic Resonance method*
- Članica uredništva *Matematičko-fizičkog lista*

Gostovanja vanjskih suradnika i posjetitelja na projektu

1. Prof. dr. Philippe Mendels
Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay Cedex, France
(seminar: *Novel states in frustrated antiferromagnet*, 14. 2. 2008.)
2. Prof. dr. Zvonko Jagličić
Centar za magnetska mjerenja, Institut za matematiku, fiziku i mehaniku, Sveučilište u Ljubljani (ožujak 2008.g.)
3. Prof. dr. Janez Dolinšek
Institut Jozef Stefan, Ljubljana (više kraćih posjeta tijekom 2008. g.)
4. Prof. dr. Ante Bilušić
Prirodoslovno matematički fakultet , Split (više kraćih posjeta tijekom 2008. g.)
5. Dipl. inž. Stanislav Vrtnik
Institut Jozef Stefan, Ljubljana (studeni 2008. g.)

MATERIJALI SA ELEKTRONSKOM STRUKTUROM MODELIRANOM MODERNIM TEHNIKAMA PRIPRAVE (035-0352827-2841)

- Glavni istraživač:** dr. sc. Miroslav Očko, viši znanstveni suradnik
- Suradnici:** dr. sc. Ivica Aviani, znanstveni suradnik
- Vanjski suradnici:** dr. sc. Mirko Stubičar, izvanredni profesor u mirovini
dr. sc. Nada Stubičar, izvanredni profesor u mirovini
dipl. inž. Sanja Žonja, FER, Zagreb, asistent

Opis istraživanja

Rezultati mjerenja transportnih svojstava jako dopiranih Si:B tankih filmova, koji se proizvode na IRB, publicirana su u dva rada [1, 3, III3]. Jako dopirani polisilicijski uzorci dobiveni su pomoću horizontalne nisko tlačne kemijske depozicije (LPCVD) na 750°C u trajanju od 1 sat, te su zatim anelirani na 1200°C u trajanju isto od 1 sat. Na taj način dobivaju se tanki Si:B filmovi malog slojnog otpora do 8.9 Ω/sq ili 1.87 $\text{m}\Omega\text{cm}$. Koncentracije bora određene su slojnim otporom na sobnoj temperaturi i iznose do $8.1 \cdot 10^{19} \text{cm}^{-3}$. Prema našoj spoznaji, to su prva niskotemperaturna mjerenja otpora tankih filmova dobivenih LPCVD metodom. U cijelom mjerenom području od 4 do 320 K naši uzorci pokazuju metalni karakter. Ponašanje električnog otpora Si:B tankih filmova manjih koncentracija opisuje se sa: $\sigma = a + bT^{1/2} + cT^{p/2}$, gdje je drugi član uzrokovan elektron-elektron (odnosno u slučaju Si:B: šuplina-šuplina) interakcijom, b je u našem slučaju negativan zbog, kako teorija predviđa, raspršenja na zasijenjenim primjesama. Zanimljivo je da u našem slučaju, kod najkoncentriranijih filmova, samo sa prva dva člana možemo opisati vodljivost čak do 50 K. Treći član, koji predstavlja defaziranje lokalizacijskih procesa je zanemariv u našim uzorcima. Iznad otprilike 100 K otpornost se može opisati sa $\sim T^{3/2}$. Teorija jako dopiranih poluvodiča predviđa takvu ovisnost u slučaju elektron-fonon raspršenja. Zanimljivo je da je takva ovisnost električnog otpora opažena i kod amorfni feromagneta. Započeto je i niskotemperaturno mjerenje Si:P tankih filmova.

Tokom godine završeno je pisanje niza (4) članaka od kojih su neki već prihvaćeni i bit će publicirani u 2009. Naznačit ćemo samo neke bitne i zanimljive činjenice vezane uz te radove. Izmjerena je termostruja valentno fluktuirajućeg sistema YbAl_3 za kojeg se predviđa da bi dopiran mogao imati dobra termoelektrična svojstva [III1]. Ta termostruja razlikuje se od prije poznatih rezultata na niskim temperaturama, $< 100 \text{ K}$. Mi pokazujemo da je ona u skladu sa mjerenjima ostalih fizikalnih veličina: specifična toplina, magnetska susceptibilnost, hallov efekt, električni otpor, optička vodljivost itd.

Rezultati istraživanja CePt intermetalnog spoja, za koji se smatra da je tipski primjer *Kondo feromagneta*, nisu u skladu s očekivanjima. Izvršena su mjerenja električnog otpora, termoelektrične struje, ac i dc susceptibilnosti u temperaturnom intervalu od 2 K do 320 K u sistemima slitina $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Pt}$. Naši rezultati mjerenja transportnih svojstava ne pokazuju jasne značajke postojanja Kondo interakcije. Međutim spretnim oduzimanjem nemagnetskog doprinosa pokazuju nedvojbeno da na visokim temperaturama postoji Kondo interakcija. Na niskim temperaturama izgleda da je Kondo interakcija spriječena feromagnetskom interakcijom.

Prihvaćen je i jedan rad u kojemu je dominantna tema ultrabrzo kaljenje pomoću „mlina za ultrabrzo kaljenje“, za kojeg je ideju dao prof. Boran Leontić oko 1970 g, a po kojemu je Institut za fiziku postao poznat ne samo u znanstvenim krugovima[III6].

Proučavali smo karakteristične energije relevantne za valentni fazni prijelaz u YbInCu_4 [III4]. Rezultati mjerenja termodinamičkih i električnih svojstava na leguri razrijeđenoj itrijem ukazuju na zanemarivu Kondo interakciju u visokotemperaturnoj fazi. Ovaj rezultat važan je za modeliranje valentnog prijelaza. Nastavljen je rad na mjerenju transportnih svojstava CeGe pod tlakom. Pokazalo se da temperatura magnetskog prijelaza slabo ovisi o tlaku. Posebno je zanimljivo nesumjerljivo antiferomagnetsko stanje u kojem se formira magnetski procijep, zbog čega dolazi do porasta električnog otpora.

Materials with the electronic structure tailored by advanced processing techniques

The results of the measurements of the transport properties of *the heavily doped Si:B thin films*, which are produced at IRB, are published in two papers [1, 2, III3]. Heavily boron δ -doped polysilicon samples were prepared by the horizontal low-pressure chemical vapour deposition (LPCVD) at 750 °C for 1hr and were annealed at 1200 °C for 1 hr. In this way, the samples with low sheet resistance down to 8.9 Ω/sq or 1.87 $\text{m}\Omega\text{cm.}$, were obtained. The boron concentration was determined from the room temperature sheet resistance and the highest one is $8.1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. As far as we know, these are the first low temperature measurements of the LPCVD samples. In the whole temperature region measured, from 4 to 320 K, the resistivities show metallic behaviour. Temperature behaviour of the resistivity of the lower concentrated Si:B thin films can be described by: $\sigma = a + bT^{1/2} + c T^{p/2}$, where the second term in our case is negative. According to Altshuler's theory of electron-electron (or in the Si:B case: hole-hole) scattering, the negative sign comes out from electron scattering by screened impurities. In our case, the third term arising from dephasing of localization processes is negligible. Therefore, only by two terms, we can fit our results even to 50 K for the most concentrated sample. Above roughly 100 K, the resistivity can be described by $\sim T^{3/2}$. The theory of heavily doped semiconductors just gives such dependence in the case of electronic scattering by phonons. It is interesting that such temperature dependence was obtained in the case of amorphous ferromagnets. Last year we began to measure the low temperature properties of the Si:P thin films.

At the end of the year, we prepared few (4) papers, which, some of them, are already accepted and will appear in 2009 in various journals. In what follows, some interesting points of these subjects are presented. Thermopower of *the YbAl_3 valence fluctuating compound*, which is supposed to be a promising thermoelectric material by available doping, was measured [III]. This thermopower differs essentially from earlier known data at lower temperatures, $< 100 \text{ K}$. We show that it is consistent with the measurements of other physical quantities done on the same kind of the samples like for example: specific heat, magnetic susceptibility, Hall constant, electrical resistivity, optical conductivity etc.

The results of the investigations of *the CePt intermetallic*, which one consider as a typical example of so called *Kondo ferromagnet*, at first glance, are not in the accordance with the expectations. The performed measurements of electrical resistivity, thermopower, ac and dc susceptibility in the range of 2 to 320 K of the $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Pt}$ alloy system did not show directly any clear characteristics of the existence of Kondo interaction. However, by a special way of subtracting of the normal contribution from the measured resistivity, we

showed undoubtedly that Kondo interaction is present at higher temperatures. At lower temperatures, as we argue, Kondo interaction is attenuated by ferromagnetic interaction.

In an accepted work as a dominant subject is ultra-rapid quenching by “*the mill for the ultra-rapid quenching*” [III6]. The device was based on the idea of prof. Boran Leontić around 1970 and it was a device which was known and the Institute was therewith known not only in scientific world.

We think that with the last work on *the YbInCu₄ valence compound* we are very close to the final understanding of intriguing valence transitions in this valence fluctuating compound [III4]. The results of the measurements of thermodynamic and electrical properties performed on an alloy dissolved by Y indicate that Kondo interaction is negligible in the high temperature phase of YbInCu₄. This result is important for theoretical modeling of the valence transition in YbInCu₄.

We resume the measurements of the transport properties of *CeGe* under pressure. It came out that the temperature of the magnetic phase did not depend on pressure considerably. In the noncommensurable antiferromagnetic phase, a gap is formed and produces an increase in the resistivity at the phase transition.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima (I)

1. S. Žonja, M. Očko, M. Ivanda, P. Biljanović
Low temperature resistivity of the heavily boron doped LPVCD polysilicon thin films
Journal Physic D: Applied Physics **41** (2008) 162002

Radovi u zbornicima skupova (II)

2. S. Žonja, M. Ivanda, M. Očko, P. Biljanović, K. Furić
Low pressure chemical vapour deposition of heavily boron doped polycrystalline silicon on thin films
Proc. MIPRO 2008 / Biljanović, P.; Skala, K. (ur.). Rijeka : Denona, 2008, 38-42

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima (III)

1. M. Očko, S. Žonja, E.D. Bauer, J.L. Sarrao
On the energy scales of YbAl₃ from thermopower data: the effects of coherence on thermopower
Conference on Concepts in Electron Correlation, September 24 - 30, 2008. Hvar (poster)
2. M. Očko, S. Žonja, L. Yu
Transport Properties of the Ta_xN thin films.
ARW Workshop on Correlated Thermoelectrics, September 20 - 26, 2008. Hvar (poster)
3. S. Žonja, M. Očko, M. Ivanda, P. Biljanović
Thermoelectric properties of the LPCVD obtained Si:B thin films

ARW Workshop on Correlated Thermoelectrics, September 20 - 26, 2008. Hvar (poster)

4. I. Aviani, M. Očko, D. Starešinić, K. Biljaković, J. Hemberger, A. Loidl, J.L. Sarrao
Understanding the energy scales relevant for the valence transition in YbInCu₄,
Conference on Concepts in Electron Correlation, September 24 - 30, 2008. Hvar (poster)
5. J.I. Espeso, J.C. Gómez Sal, N. Marcano, G.M. Kalvius, D.R. Noakes, A. Amato, V. Zlatić, I. Aviani, M. Očko, S. Haines, R. Smith, S.S. Saxena
When simple alloys turn into complicated
ARW Workshop on Correlated Thermoelectrics, September 20 - 26, 2008. Hvar (predavanje)
6. Miroslav Očko
Preferred orientation in Zn and the Zn-based alloys obtained by the mill for the Ultra-rapid quenching
Frontiers in Complex Metallic Alloys, Institute of Physics, October 1-4, 2008. (predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

Neformalna

1. M. Amara, *Université "Joseph Fourier", Grenoble, Francuska*
2. R. M. Galéra, CNRS - Laboratoire "Louis Néel", Grenoble, Francuska
3. J. L. Sarrao, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA
4. James K. Freericks, Department of Physics, Georgetown University, 37th and O Sts. NW, Washington, DC, 20057, USA
5. Nate Newman, Chemical and Materials Engineering Department and Electrical Engineering Department, Arizona State University, Tempe, Arizona 85287

Domaća znanstvena suradnja

Projekt 035-0352827-2841 je u okviru kolaborativnog projekta: *Korelacije u kompleksnim sustavima: od fizike do biotehnologije* pod vodstvom Dr. K. Biljaković.

Neformalna

6. M. Ivanda
Istraživanja polisilicijskih tankih filmova
IRB, Zagreb

Predavanja i seminari

1. I. Aviani
Nove energije
Otvoreni dan Instituta, 11. travnja 2008.

2. I. Aviani
Energija za budućnost
Festival znanosti, Zagreb 24. travnja 2008.
3. I. Aviani
Kapljice fakiri
Ljetna škola mladih fizičara, Mali Lošinj, 22. -28. lipnja 2008

Ostalo

Miroslav Očko:

- recenzirao je tokom godine desetak članaka za časopise iz sustava IOP electronic journals.

Ivica Aviani:

- Voditelj projekta Eškola FIZIKA HFD-a, program financiran od MZOŠ-a.
- Član komiteta za menadžment akcije P16 COST-a: Emergent Behaviour in Correlated Matter
- Član Upravnog odbora Hrvatskog fizikalnog društva

Nastupi u medijima

Ivica Aviani:

1. Koliko energije ima u pojedinim tvarima *Veliki odmor*, HTV 2, 21.01.2008.
2. Obnovljivi izvori energije *Veliki odmor*, HTV 2, 11.02.2008. .
3. Gorive ćelije, *Veliki odmor*, HTV 2, 10.03.2008.
4. Natječaj „Moj pokus“, *Veliki odmor*, HTV 2, 28. 4. 2008.
5. Je li mobitel opasan, emisija *Kratki spoj*, HTV 2, 6.10.2008.

KOMPLEKSNI MODULIRANI SISTEMI: NOVA OSNOVNA STANJA, DEFEKTI I MAGNETSKI EFEKTI (0352827-2842)

Glavni istraživač: dr. sc. Katica Biljaković, znanstveni savjetnik

Suradnici: dr. sc. Damir Starešinić, viši znanstveni suradnik
dipl. inž. Damir Dominko, znanstveni novak

Opis istraživanja

U okviru projekta MZOŠ 0352827-2842 nastavljen je rad na istraživanju svojstava anorganskih i organskih sistemima s valovima gustoće naboja i spina (VGN/S). Nastavljeno je istraživanje uzoraka VGN sistema o-TaS₃ ozračenih protonima u širokom rasponu gustoće defekata od preko 3 reda veličine (suradnja s grupom dr. M. Jakšića, IRB). Pokazano je da međuovisnost temperature prijelaza u staklo VGNa i gustoće defekata slijedi aktivaciono ponašanje vodljivosti, čime je izravno potvrđen naš kriterij prijelaza u staklo – *na temperaturi staklastog prijelaza T_g u domeni korelirane VGN faze postoji još samo jedan slobodni nosilac naboja* (graničnik zasjenjenja). Taj rezultat ukazuje na vezu između temperature prijelaza u staklo i stupnja nereda u sistemu, što do sad praktički nije razmatrano u području stakala. Ispitivanje visokofrekventnog dielektričkog odziva ozračenih uzoraka pokazao je povećanje frekvencije zapinjanja VGNa s gustoćom defekata, što upotpunjuje kompletnu analogiju VGN stakla i podhlađenih tekućina i za tzv. Bozonski vršak.

Dielektrički odziv VGS sistema (TMTSF)₂PF₆ mjereno je u magnetskom polju na temperaturama ispod 1 K te je praćeno nestajanje magnetokapacitivnog efekta ispod temperature smrzavanja primarnog relaksacijskog procesa. Mjerenja linearne i nelinearne vodljivosti VGN sistema K_{0,3}MoO₃ pokazala su postojanje novog niskotemperaturnog stanja koje je moguće postići samo prijelazom u nelinearni režim. Započeta su mjerenja toplinskog kapaciteta VGN sistema s kontroliranim udjelom defekata na nosaču kojim možemo mjeriti uzorke relativno malih dimenzija i masa od nekoliko mg. U Grenoblu smo nastavili mjerenja termodinamička svojstva dihalogenida 1T-TaS₂ u diluciji u magnetskom polju. Nastavljen je rad na proizvodnji i karakterizaciji tankih filmova VGN sistema Rb_{0,3}MoO₃ u okviru šire međunarodne suradnje (Slovenija, Francuska i Rumunjska).

Interdisciplinarni aktivnosti smo nastavili u suradnji s projektima koji su već uključeni u Program MZOŠa 0352827 *Korelacije u kompleksnim sistemima: od fizike do biotehnologije*. Nastavljena je suradnja s kolegama sa Šumarskog fakulteta. Osim prostorne statistike na tri reprezentativna jadranska otoka, što je objavljeno ili je u toku objavljivanja, napravljena je kao prostorna, tako i vremenska statistika (perioda između pojava požara određenih opsega) za bazu podataka za cijelu RH u posljednjih 10 godina. Dobivene su log-normalne raspodjele čiji se parametri mogu povezati s nekoliko faktora, tipom vegetacije, klime, naseljenošću i ponajviše s tradicijom. Jedan zajednički članak je objavljen, a jedan je u tisku u Šumarskom listu. Još jedan članak je na recenziji u Journal of Applied Ecology.

Završene su aktivnosti u okviru Radne cjeline 710 - "Modul za predikciju požara" u sklopu tehnologijskog projekta TP-06/0007-01 "Multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša" i organizirana radionica za vatrogasne zapovjednike o radu na simulatoru širenja požara raslinja.

Critical phenomena and modeling in complex systems

We have continued the investigation of the properties of the inorganic and organic systems with charge and spin density waves (C/SDW) within the scope of the MSES project 0352827-2842. In particular, we have continued the investigation of the samples of CDW system o-TaS₃ irradiated with protons in a wide range of defect concentrations spanning over 3 orders of magnitude (collaboration with dr. M. Jakšić group at IRB). We have demonstrated that the dependence of the CDW glass transition temperature on the defect concentration follows the activated dependence of the conductivity, which proves directly the criterion of the CDW glass transition – *at the glass transition temperature there remains on average only one free charge carrier per domain of the correlated CDW phase (screening threshold)*. This result points to the relation between the glass transition temperature and the degree of the disorder in the system which has not been considered so far in the field of glasses. The investigation of the high frequency dielectric response of the irradiated samples has shown the increase of the CDW pinning frequency with the defect concentration which completes the analogy of the CDW glass and supercooled liquids for the so-called Boson peak as well.

The measurements of the linear and nonlinear conductivity of CDW system K_{0.3}MoO₃ have demonstrated the existence of the new low temperature state which can be reached only after entering the nonlinear conductivity regime. We have started the heat capacity measurements of the CDW systems with controlled defect concentrations on the sample holder which can measure the samples with mass of few mg. We have continued with the production and characterization of the thin films of CDW system Rb_{0.3}MoO₃ within a broader international collaboration (Slovenia, France and Romania).

The dielectric response of SDW system (TMTSF)₂PF₆ has been measured in the magnetic field at temperatures below 1 K and we have observed the disappearance of the magnetocapacitive effect below the temperature at which the primary relaxation process freezes. We have continued the measurements of the thermodynamic properties of 1T-TaS₂ in dilution and in magnetic field.

The interdisciplinary activities have been continued in collaboration with the projects included in the MSES program 0352827 *Correlations in complex systems: from physics to biotechnology*. With the colleagues from the Faculty of forestry we have analyzed the burned area statistics of forest fires on three representative Adriatic islands. One paper is published, another is in press and the third is under consideration in the Journal of Applied Ecology. We have also analyzed the spatial and temporal statistics (the period between the fires of given area) of the fires in the entire Republic of Croatia in the last 10 years. We have obtained the log-normal distributions the parameters of which can be related to several factors such as vegetation type, climate, population density and firefighting tradition.

We have finished our activities within the Work package 710 - "Module for the prediction of vegetation fires" within the technology project TP-06/0007-01 " System for the multisensor airborne reconnaissance and surveillance in the crisis situations and the protection of environment" and we have organized the workshop on the vegetation fire spread simulator for the firefighting commanders.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. D. Starešinić, S. V. Zaitsev-Zotov, N. I. Baklanov, K. Biljaković
Freezing of low energy excitations in charge density wave glasses
J. Chem. Phys. **128**, (2008) 094501-5
2. Ž. Španjol, K. Biljaković, R. Rosavec, D. Dominko, D. Barčić, D. Starešinić
Forest fires and physical models
Šumarski list **132**, (2008) 259-267
3. D. Starešinić, D. Dominko, P. Lunkenheimer, A. Loidl
Thermal hysteresis in the dielectric response of charge density wave system $o\text{-TaS}_3$
J. Phys.: Condens. Matter **20**, (2008) 445231-1-9

Radovi u zbornicima skupova

4. D. Dominko, D. Starešinić, K. Biljaković, K. Salamon, O. Milat, A. Tomelj, D. Mihailović, J. Demšar, G. Socol, C. Ristoscu, I. N. Mihailescu, J. Marcus
Growing thin films of charge density wave system $Rb_0.3MoO_3$ by pulsed laser deposition
Functionalized Nanoscale Materials, Devices, & Systems, NATO ASI Functionalized nanoscale materials, devices, and systems for chem.-bio sensors, photonics, and energy generation and storage, editori A. Vaseashta i I. N. Mihailescu, Springer Science + Business Media B.V., Sinaia, Romania, **5-6** (2008) 399-402 (predavanje)

Poglavlje u knjizi

5. P. Monceau, J.-C. Lasjaunias, K. Biljaković, F. Nađ
Energy and Dielectric Relaxations in Bechgaard-Fabre Salts
The Physics of Organic Superconductors and Conductors (A.G. Lebed - Ed.) 5-6
(2008) 399-402

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. K. Biljaković
Exploring low-energy landscape of organic conductors by heat relaxation and magnetic field
ICSM 2008, Porto de Galinhas Pernambuco, Brazil, 6. – 11. lipnja 2008.
(pozvano predavanje)

2. a) K. Biljaković: „*Charge density glass: from fictions to facts*”
 b) D. Starešinić : „*Magnetocapacitive effect in SDW system (TMTSF)₂AsF₆*“ ECRYS 2008, Cargese, Francuska, 24. – 30. kolovoza 2008.
 (pozvano predavanje)
3. Damir Dominko
Irradiation effects on charge density wave system TaS₃
 ECRYS 2008, Cargese, Francuska, 24. – 30. kolovoza 2008
 (poster)
4. a) Damir Starešinić
Validation and calibration of Farsite fire simulator on several Adriatic islands
 (predavanje)
5. b) Katica Biljaković
Some factors influencing wildland fire statistics for three representative adriatic islands: Rab, Brač and Korčula
 (poster)
 International Conference on Disaster Management and Emergency Response in the Mediterranean Region, Zadar, 22. – 24. rujna 2008.

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. „*Elektro-optička ispitivanja vodiča s valovima gustoće naboja*“
 hrvatsko-američki bilateralni projekt (NSF)
 Institut za fiziku: dr. K. Biljaković
 Sveučilište Kentucky, Lexington KY; prof. J. Brill
2. MZOŠ- „ruska inicijativa “ (Rusija)
 Institut za fiziku: dr. K. Biljaković (koordinator)
 Institut za radioinženjerstvo i elektroniku Ruske akademije znanosti, Moskva
3. „*Utjecaj magnetskog polja na modulirana osnovna stanja niskodimenzionalnih vodiča – u potrazi za solitonima*“ (Cogito projekt)
 Institut za fiziku: dr. D. Starešinić
 Institut za fiziku, Institut Neel, Grenoble: dr. G. Remenyi

Neformalna

4. „*Istraživanje stakala elektronskih kristala*“ (nastavak DAAD projekta)
 Institut za fiziku, dr. D. Starešinić
 Institut za fiziku, Sveučilište u Augsburgu, Njemačka: dr. P. Lunkenheimer
5. „*Proizvodnja i karakterizacija tankih filmova VGN sistema Rb_{0,3}MoO₃*“
 Institut za fiziku, dr. K. Biljaković, dr. O. Milat
 Institut Ruđer Bošković, dr. V. Svetličić
 Nacionalni institut za lasere, plazmu i zračenja, Bukurešt, Rumunjska, dr. I. Mihailescu
 Institut Jozef Štefan, Ljubljana, Slovenija, dr. J. Demšar

Domaća znanstvena suradnja - neformalna

6. Utjecaj defekata na svojstva VGN sistema
Institut za fiziku, dr. D. Starešinić
Institut Ruđer Bošković, dr. M. Jakšić

Sudjelovanje u nastavi

Diplomski studij

1. Katica Biljaković
Fizika šumskih požara (predavanja)
diplomski studij Fizika okoliša, PMF, Split
2. Damir Starešinić
Fizika šumskih požara (vježbe)
diplomski studij Fizika okoliša, PMF, Split

Predavanja i seminari

1. Katica Biljaković
On low-energy excitations in density wave glasses
National High Magnetic Field Laboratory, Florida, Tallahhassi, 15. srpanj 2008.
2. Katica Biljaković
Charge density glass: from fictions to fascinating facts
Kentucky University, Department of Physics and Astronomy, Laxington, 18. srpanj 2008.
3. Katica Biljaković
On low-energy excitations in density wave glasses
Kentucky University, Department of Physics and Astronomy, Laxington, 23. srpanj 2008.

Ostalo

K. Biljaković:

- recenzent Phys. Rev. Lett. , Eur. Phys. J B, ESF, NSF, MZOŠ
- suurednik Fizike A (do kraja svibnja 2008.)
- član UV Instituta (do travnja 2008.)
- član natječajne komisije Nacionalnog programa stipendiranja "Za žene u znanosti" L'Oreal i Unesco

D. Starešinić:

- recenzent Phys. Rev. E, Phys. Rev. B, J. Phys.: Condens. Matter
- sindikalni povjerenik na Institutu za fiziku

ENERGETSKOM KOMPETICIJOM UVJETOVANI OBLICI I STRUKTURE NANOMETARSKIH SUSTAVA (035-0352828-2837)

Glavni istraživač: dr. sc. Antonio Šiber, viši znanstveni suradnik
Suradnici: dr.sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik
Vanjski suradnici: dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš, University of Cambridge, UK

Opis istraživanja

Nastavljeno je istraživanje energetike virusa te uvjeta koji vode do njihovog samosastavljanja. Od posebnog interesa bile su interakcije virusnog genoma (DNA ili RNA molekule) i proteinskog omotača. Tako je za modelni bakteriofag (virus koji napada bakterije) ispunjen dvovrpčanom DNA molekulom načinjen proračun količine (dužine) DNA koju je u virus moguće pospremiti ovisno o vanjskom osmotskom tlaku [1]. Za dužine DNA od oko 16 mikrometara, tlakovi koji se postižu unutar virusa su oko 50 atmosfera. Po prvi put je konzistentno tretirana energetika svijanja DNA molekule unutar ograničenog prostora zatvorenog proteinskom ljuskom što je omogućilo proračun prostorne distribucije molekule DNA. Premda proračuni predviđaju uski cilindrični prostor osiromašene gustoće DNA, njegov radijus je premali da bi se mogao eksperimentalno opaziti, te manji od prijašnjih teorijskih predviđanja.

Istraživana je i energetika virusa sačinjenog od fleksibilnog jednovrpčanog RNA genoma [2]. Fizikalna pozadina interakcija u ovakvim virusima je uglavnom elektrostatske naravi (elektrodinamičke interakcije (van der Waals) doprinose privlačnom međudjelovanju proteina u virusnom omotaču), a od termodinamičke važnosti je i entropija polielektrolita (DNA ili RNA molekule) u ograničenom prostoru unutrašnjosti. Zaključeno je da nabojne interakcije zasjenjene ionima soli bitno ograničavaju dužinu RNA molekule koju je moguće pospremiti unutar proteinskog omotača, a da (samo)sastavljanje i dalje bude spontano te da prazni omotači i slobodna RNA molekula ne budu termodinamički optimalno stanje sustava.

Provedena su i istraživanja vremenske ovisnosti propagacije elektrona na površinama te njihovog raspršenja na neuređenim strukturama adsorbata, ovisno o koncentraciji [4]. Istraživani su i rezonantni procesi posredovani fononima u raspršenju atoma termalnih energija na površinama [3].

Shapes and structures of nanoscale systems dictated by competition of energies

Research on the energetics of viruses and the conditions that lead to their self-assembly has been continued. Of special interest were the interactions of the viral genome (DNA or RNA molecule) with the protein coating (capsid). We have performed calculations regarding the length of the DNA that can be encapsidated in a model bacteriophage virus, depending on the external osmotic pressure [1]. For DNA lengths of about 16 micrometers, the pressures that are acting in the interior of a capsid are of the order of 50 atmospheres. We have for the first time consistently treated the energetics of DNA bending within the restricted space of the capsid which has enabled a calculation of the spatial distribution of

the DNA molecule. Although the calculations do predict a narrow cylindrical channel void of DNA, its radius is much too small to be experimentally observed, and much smaller from the values previously predicted.

We have also worked on the energetics of viruses made of flexible, single-stranded RNA genome [2]. The physical background of the interactions in such viruses is mostly electrostatic (electrodynamic interactions (van der Waals) contribute to the attractive interaction between the proteins in a capsid), but the entropy of confined polyelectrolyte (RNA) is also of thermodynamical importance. We have concluded that the charge interactions screened by salt ions importantly restrict the length of the RNA molecule that can be packed within the capsid, so that the assembly is still spontaneous and that the empty capsids and free RNA molecule are not the thermodynamically optimal state of the system.

We have also worked on the time dependence of electron propagation on surfaces of metals and its scattering on the disordered adsorbate structures, depending on the concentration of adsorbates [4]. We have also investigated the resonant processes mediated by phonons in the scattering of thermal energy atoms from surfaces [3].

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. Šiber, Antonio; Dragar, Miran; Parsegian, V. Adrian; Podgornik, Rudolf
Packing nanomechanics of viral genomes
European Physical Journal E **26** (2008); 317-325
2. Šiber, Antonio; Podgornik, Rudolf
Nonspecific interactions in spontaneous assembly of empty versus functional single-stranded RNA viruses
Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics **78** (2008); 051915-1-051915-9
3. Šiber, Antonio; Gumhalter, Branko
Phonon-mediated bound state resonances in inelastic atom– surface scattering
Journal of Physics: Condensed Matter **20** (2008); 224002-1-224002-10
4. Gumhalter, Branko; Šiber, Antonio; Buljan, Hrvoje; Fauster, Thomas
Nonadiabatic dynamics of electron scattering from adsorbates in surface bands
Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics **78** (2008); 155410-1-155410-15

Radovi u ostalim časopisima

5. Šiber, Antonio; Dragar, Miran; Parsegian, V. Adrian; Podgornik, Rudolf
From bulk to encapsidated DNA: energetics and density of DNA packed in bacteriophage capsids
Europhysics news 39 (2008) , 4; 22-22

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. Šiber, Antonio; Majdandžić, Antonio
Influence of energetics of protein contacts on polydispersity of assembled empty virus capsids in thermodynamical equilibrium
3rd Christmas Biophysics Workshop: Organized Molecular Systems, Donja Stubica, Hrvatska, 2008.
(predavanje)
7. Šiber, Antonio
Elasticity of viral capsids
International Conference and BiPhysics Summer School From Solid State to Biophysics IV, Dubrovnik, Hrvatska, 2008.
(predavanje)

Predavanja i seminari

1. Antonio Šiber
Arena stvarnosti, Priče za veliku djecu, tribina povodom puštanja u rad LHC-a
knjižara RiBook, Rijeka, listopad 2008. godine
2. Antonio Šiber
Stereo vid i 3D slika i film
Trash film festival, Varaždin, rujan 2008. godine
3. Antonio Šiber
Stereo vid i 3D slika – Zašto imamo DVA oka?
Zvezdarnica, Zagreb, travanj 2008. godine
4. Antonio Šiber
Stereo vid i 3D slika – Zašto imamo DVA oka?
Institut za fiziku, Zagreb, travanj 2008. godine

KVANTNA STANJA, ULTRABRZA DINAMIKA I DEKOHERENCIJA U NANOSTRUKTURIRANIM SISTEMIMA (035-0352828-2839)

Glavni istraživač: dr. sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik
Suradnici: dr. sc. Antonio Šiber, viši znanstveni suradnik
Vanjski suradnici: dr. sc. Ante Bilić, Institute of High Performance Computing,
Singapore

Opis istraživanja

Istraživački rad na projektu 035-0352828-2839 u njegovoj drugoj godini izvedbe bio je koncentriran na teorijsko proučavanje, interpretiranje i modeliranje strukturnih, dinamičkih i elektronskih svojstava površina odnosno granica (interfaces) kondenzirane i plinovite faze ili vakuuma (gas-solid interface), te granice kondenzirane faze i kvazi-dvodimenzionalnih struktura (solid-monolayer interface). Posebna pažnja posvećena je sistemima u kojima se barem jedna od dimenzija mjeri na nanoskali (nanostructures & nanosystems).

Različitim teorijskim metodama i algoritmima, od kojih su neki posebno razvijeni u okviru tekućeg i prethodnog projekta, interpretirani su eksperimentalni rezultati ne-elastičnog raspršenja atoma sa metalnih površina i adsorbiranih slojeva, apsorpcije elektromagnetskog zračenja u površinskim elektronskim vrpčama, te ultrabrza dinamika elektronskih pobuđenja u površinskim elektronskim vrpčama. Znanstvene informacije proizašle iz ovih istraživanja doprinose područjima nanoznanosti (nanoscience) i ultrabrzih fenomena i procesa (ultrafast processes) koja se izrazito brzo razvijaju u zadnjih desetak godina zbog potencijalno važnih tehnoloških primjena.

Istraživački rad na projektu rezultirao je objavljivanjem znanstvenih radovima u CC časopisima s visokim "impact" faktorom i njihovim prezentacijama na znanstvenim skupovima kao pozvana i pregledna predavanja te na seminarima održanim na znanstveno-istraživačkim institucijama u nekoliko zemalja.

Quantum states, ultrafast dynamics and decoherence in nanostructured systems

The work in the second year of duration of the project was focused on theoretical investigation, interpretation and modelling of the structural dynamical and electronic properties of surfaces and interfaces (gas-solid and solid-monolayer). Special attention has been paid to the systems confined to nanoscale in at least one dimension.

Employing various theoretical methods and algorithms, of which some were developed within the work on the former and current project, we have succeeded to interpret various aspects of the experimental results of inelastic scattering of inert atoms from surfaces and adlayers, absorption of electromagnetic radiation and ultrafast dynamics of electronic excitations in surface bands. Thereby we have made several important contributions to the rapidly developing fields of nanoscience and ultrafast phenomena at surfaces.

The results of these investigations were published in the internationally refereed journals and presented at international conferences and in seminars given at renown research institutions.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. A. Šiber, B. Gumhalter
Phonon-mediated bound state resonances in inelastic atom-surface scattering
J. Phys.: Condens. Matter, **20** (2008) 224002.
2. B. Gumhalter, A. Šiber, H. Buljan, Th. Fauster
Nonadiabatic dynamics of electron scattering from adsorbates in surface bands
Phys. Rev. B **78** (2008) 155410.

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. B. Gumhalter
Ultrafast electron dynamics in surface bands
UltraFast2008, San Sebastian, Spain, May 7-8, 2008.
(pozvano predavanje)
2. B. Gumhalter, A. Šiber, H. Buljan, Th. Fauster
Nonadiabatic dynamics of electron scattering from adsorbates in surface bands
Ultrafast Surface Dynamics 6, Kloster Banz, Germany, July 20-25, 2008).
(predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

Neformalna

1. Ultrafast electron dynamics at surfaces
(E.V. Chulkov, V. Silkin, P.M. Echenique, DIPC; Th. Fauster, Uni. Erlangen-Nuernberg; P. Lazić, IRB-Zgb, H. Buljan, PMF-Zgb)

Poslijediplomska nastava

1. B. Gumhalter
Lokalizirani i dinamički procesi na površinama
PMF Zagreb

Predavanja i seminari

1. B. Gumhalter
Energy dissipation during desorption of reaction products: the role of substrate phonons
Univ. Bonn, 03.03.2008.

2. B. Gumhalter
Ultrafast electron dynamics in surface bands,
FZ Juelich, 05.03.2008.
3. B. Gumhalter
*Energy dissipation during desorption of reaction products:
the role of substrate phonons*
Univ. Duisburg-Essen, 07.03.2008.
4. Ante Bilić
*Chemisorption of molecular hydrogen on carbon nanotubes:
a route to the effective hydrogen storage ?*
Institut za fiziku, Zagreb, 16.04.2008.

Ostalo

B. Gumhalter:

- Član Hrvatskog fizikalnog društva,
- Član Hrvatskog vakuumskog društva,
- Member of the IOP (Great Britain),
- Stalni recenzent u časopisima: Physical Review, Physical Review Letters, Surface Science, J. Phys.: Condens. Matter.
- Member of the Board of the Surfaces and Interfaces Section of the EPS.
- Član Područnog znanstvenog vijeća za prirodne znanosti

ELEKTRONSKA I KRISTALNA STRUKTURA PODUPRTIH SAMOORGANIZIRANIH NANO-SISTEMA

(035-0352828-2840)

- Glavni istraživač:** dr. sc. Petar Pervan, znanstveni savjetnik
- Suradnici:** dr. sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik
dr. sc. Marko Kralj, znanstveni suradnik
dipl. inž. Ivo Pletikosić, znanstveni novak
prof. Sanja Krajinović, znanstveni novak
- Vanjski suradnici:** dr. sc. Tonica Valla, BNL, Brookhaven, SAD
dr. sc. Vesna Mikšić Trontl, FER, Zagreb, viši asistent

Opis istraživanja

U okviru projekta „Elektronska i kristalna struktura poduprtih samoorganiziranih nano-sistema“ u laboratoriju u Zagrebu detaljno smo istraživali elektronska svojstva grafena na Ir(111) metodom kutnorazlučive fotoelektronske spektroskopije. Istražili smo disperziju vrpce grafena u blizini K točke (Diracova točka). U ovim eksperimentima su se po prvi puta eksperimentalno istraživala svojstva periodički moduliranog grafenskog sloja. Grafen je pripreman metodom kemijske dekompozicije etilena na iridijevoj (111) površini. Kemijsko vezanje grafenskog sloja na iridiju je slabo (van der Waalsovskog karaktera) i elektronska struktura π -vrpce u okolini Fermijevog nivoa usporediva je sa grafenom koji nije u međudjelovanju s podlogom. Moiré superstruktura grafena (periodičnosti 2.5 nm) nastala malom razlikom u konstantama rešetki grafena i iridijeve površine, odražava se kroz pojavu dugovalnog, superperiodičnog elektronskog potencijala koji vodi na otvaranje malog procjepa širine 0.1-0.2 eV u π -vrpce grafena. Makroskopska strukturalna savršenost grafena na iridiju ključna je za mogućnost opažanja efekta superperiodičnosti. Jednostavnost ovog sistema i poželjna strukturalna i elektronska svojstva čine ovaj sistem interesantnim za daljnja fundamentalna istraživanja i za izradu kontakata u potencijalnim primjenama grafena u elektronici. Rezultati ovih mjerenja su sumirani u članku „Dirac cones and minigaps for graphene on Ir(111)“, koji je objavljen u časopisu *Phy. Rev. Letters* (2009). Istražili smo također valentnu vrpcu Ir(111) u smjeru Γ -K-M te ustanovili da u okolini kritične točke K postoji veliki energetski procijep koji je barem dijelom uzrok slabog vezanja grafena na iridijevu površinu. Jasno su opažena površinska stanja koja obrubljuju energetski procjep. U laboratoriju u Zagrebu smo započeli i preliminarna mjerenja utjecaja interkalacije natrija na strukturu valentne vrpce grafena. Istraživanje elektronske strukture grafena, grafena interkaliranog alkalijskim metalima nastavili smo na sinkrotronu Elettra, Trst, u suradnji s grupom prof. T. Michelyja. Istraživanje elektronskih svojstava čistog i dopiranog grafena proveli smo i u širem kontekstu s Tonicom Vallom u drugom mjerenju na Elettra-i, gdje smo istraživali svojstva grafena na izolatorskim podlogama: silicij-karbidu (SiC(0001), na kojem je grafen također epitaksijalno narašten), te na amorfnom silicij-dioksidu (na kojem je dvosloj grafena dobiven mehaničkim kalanjem iz grafita).

Na sinkrotronu NSLS - Brookhaven National Laboratory nastavili smo, u suradnji s Tonicom Vallom, istraživanje stanja kvantnih jama na sistemu 1ML i 2ML Ag/Cu(111).

Nastavljen je rad metodom pretražnog tunelskog mikroskopa (STM) na istraživanju stepenaste (vicinalne) površine zlata Au(887) za različite uvjete pripreme s ciljem određivanja optimalne procedure pripreme površine.

Electronic and crystal structure of supported self-organized nano-systems

Within the project we have investigated electronic properties of graphene on Ir(111) by means of angle resolved photoemission spectroscopy (ARPES), particularly the dispersion of graphene bands around the K-critical point (Dirac point). In these experiments for the first time properties of periodically modulated graphene layer were studied. Graphene was prepared by chemical vapour decomposition of ethylene on an Ir(111) surface. Chemical bonding of graphene overlayer is relatively weak (van der Waals character) and the π -band in the vicinity of the Fermi level is compatible with graphene which is not interacting with the substrate. So called moiré superstructure of graphene (periodicity of 2.5 nm) is a consequence of a small mismatch of graphene and iridium lattices. This structural modulation reflects itself through long-range super-periodic electronic potential that opens a mini-gap (0.1-0.2 eV) in the π -band of graphene. Macroscopic structural perfection of graphene on iridium was crucial for the possibility to clearly observe the effects of superperiodicity. The simplicity of the system and its desirable electronic properties make graphene on iridium suitable for further fundamental investigations and potential application for contacts in graphene-based electronics. The results of these studies were summarised in the paper „Dirac cones and minigaps for graphene on Ir(111)“, published in Phys. Rev. Letters (2009). We have also studied valence band of Ir(111) along the Γ -K-M high symmetry line. A large bulk band was found in the vicinity of the K-point and several surface states associated with it. In our laboratory we have started with preliminary investigation of the potassium intercalation of graphene layer on Ir(111). This study was continued at the Elettra synchrotron in Trieste in collaboration with the group of Prof. T. Michely. In collaboration with T. Valla we have investigated valence band of pristine and doped graphene on SiC(0001) and amorphous silicon-oxide at at the Elettra synchrotron in Trieste.

Also, in collaboration with T. Valla we have studied quantum well states in 1 ML i 2 ML Ag/Cu(111) at the NSLS synchrotron in Brookhaven National Laboratory.

We continued our investigation of vicinal Ag(887) surface by means of STM with the aim to establish optimal procedure for the surface preparation.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. I. Pletikosić, V.M. Trontl, M. Milun, R. Brako, D. Šokčević, P. Pervan
d-band quantum well states in Ag(111) monolayer films; substrate-induced shifts
Journal of Physics-C **20** (2008) Article Number: 355004
2. M. Kralj, T. Pertram, A. Krupski, C. Becker, K. Wandelt, N. Seriani, and F. Mittendorfer
The Pd(110) surface oxide structures investigated by STM and DFT
Surf. Science **602** (2008) 3706–3713

Ostali radovi u CC časopisima

3. M. Moors, A. Krupski, S. Degen, M. Kralj, C. Becker, and K. Wandelt
Scanning tunneling microscopy and spectroscopy investigations of copper phthalocyanine adsorbed on Al₂O₃/Ni₃Al(111)
Appl. Surf. Sci. **254**(14) (2008) 4251-4257

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. Petar Pervan, Ivo Pletikosić, Marko Kralj
Electronic structure of graphene on Ir(111)
ECOSS-25, Liverpool, UK, 27.07-01.08.2008
(predavanje)
2. Petar Pervan
Photoemission from supported 2D metallic systems
CMA-Zagreb'08, Frontiers in Complex Metallic Alloys, Zagreb, 1-4. 10. 2008.
(pozvano predavanje)
3. Marko Kralj, Ivo Pletikosić, Petar Pervan
Electronic properties of a graphene monolayer on Ir(111)
Graphene Week '08 - Electronic Properties of Graphene-Based Nanostructures, Trst, Italija, 25-29.8.2008. (poster)
4. Sanja Krajinović, Marko Kralj, Milorad Milun, Petar Pervan
Preparation and topography of the Au (887) surface
Joint Vacuum Conference, Balatonmadi, Mađarska, 22-26.09. 2008. (poster)
5. Marko Kralj
Scanning probe microscopy for well defined templates
3rd Christmas Biophysics Workshop: Organized Molecular Systems, D. Stubica, 15-16.12. 2008.
(predavanje)
6. Vesna Mikšić Trontl, Petar Pervan and Milorad Milun
STM and HRARPES study of extremely thin silver films on Ni(111)
7th Conference of Macedonian Physical Society, Ohrid, Makedonija, rujan 2008
(predavanje)
7. Sanja Krajinović, Marko Kralj, Milorad Milun, Petar Pervan
Priprava i topografija Au (887)
15. međunarodni sastanak "Vakuumska znanost i tehnika", Varaždin, 04. 06. 2008.
(poster)

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. *Production process for industrial fabrication of low price amorphous-microcrystalline silicon solar cells LPAMS*
FP6 Specific targeted research project, voditelj na Institutu za fiziku dr.sc. M. Milun

Neformalna

2. Thomas Michely
Universität zu Köln, II. Physikalisches Institut, Germany
3. Tonica Valla and Peter Johnson
Brookhaven national laboratory, USA
4. Monika Jenko
Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Slovenia
5. Klaus Wandelt
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, Universität Bonn
6. Richard M. Osgood
Columbia University, Applied Physics and Electrical Engineering Department, USA

Domaća znanstvena suradnja

Program MZOŠ-a

7. Struktura i dinamika samoorganiziranih nanoskopskih sistema
Voditelji: Dr. sc. Petar Pervan (Institut za fiziku, Zagreb).

Sudjelovanje u nastavi

Dodiplomska nastava

1. Milorad Milun, Petar Pervan
Kemija i fizika površina i nanostruktura
Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
2. Ivo Pletikosić
Vježbe iz opće fizike (I-IV) za istraživački smjer
Fizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb

Poslijediplomska nastava

3. Milorad Milun
Kemijska i fizikalna svojstva površina i nanostruktura
Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
4. Milorad Milun
Nanotehnologije
Kemijski odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb

Predavanja i seminari

1. Marko Kralj
Epitaksijalni grafen: izazov za fundamentalna istraživanja i primjenu
Fizičkom odsjeku Sveučilišta u Zagrebu, 2.12.2008.
2. Marko Kralj
Superlattice effects in graphene on Ir(111)
Center for Integrated Science & Engineering - Columbia University, New York, US
24.10.2008.

3. Marko Kralj
Nearly neutral graphene on Ir(111)
Condensed Matter Physics Department - BNL, Upton, US, 16.10.2008
4. Marko Kralj
Nanoskop – direktan pogled u fascinantni svijet atoma i molekula
Festival znanosti, Tehnički muzej, Zagreb, travanj 2008
5. Marko Kralj
Nanoskopski pristup nanoznanstvenim problemima
Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, Znanstvena tribina
6. Petar Pervan
Grafen – nova zvijezda na nebu fizike materijala
Društvo Matematičara i Fizičara, Rijeka, svibanj 2008
7. Petar Pervan
Građa tvari
Državni seminar za učitelje i nastavnike fizike, Zadar, 25-28.03.2008 (predavanje i radionica)
8. Petar Pervan
Građa tvari
Županijska stručna vijeća u Varaždinu, Omišu, Karlovcu, Zagrebu, Vrbovcu (predavanje i radionica)
9. Petar Pervan
Fizičar u kuhinji
Otvoreni dan Instituta za fiziku

Ostalo

M. Milun

- Predstavnik RH u svojstvu eksperta u FP7 programskom komitetu za područje *Nanosciences, nanotechnologies, materials and new production* (NMP).
- Član povjerenstva RH za Euroatom
- Nacionalno vijeće za znanost, Zagreb, studeni 2008.
- Izlaganje o nanotehnologijama u FP7 – pokretanje Nacionalne inicijative za nanotehnologije

Petar Pervan

- Član programskog odbora Međunarodnog sastanka „Vakumska znanost i tehnika“, Varaždin 04.06.
- Član povjerenstva MZOŠ-a za „Sitnu, srednju i kapitalnu opremu“
- Član povjerenstva MZOŠ-a za „Praćenje okvirnih programa“
- Član Nadzornog odbora Hrvatskog vakuumskeg društva
- Član uredništva časopisa „Vacuum“ Elsevier

Marko Kralj

- Član Applied Surface Science Division (ASSD) Electroral college (2007-2010) IUVSTA-e
- Organizator Otvorenog dana Instituta za fiziku

VEZA STRUKTURNIH I FIZIKALNIH SVOJSTAVA MATERIJALA KONTROLIRANE DIMENZIONALNOSTI (035-0352843-2844)

Glavni istraživač: dr. sc. Ognjen Milat, znanstveni savjetnik
Suradnici: dr. sc. Nazif Demoli, znanstveni savjetnik
dipl. inž. Krešimir Salamon, znanstveni novak

Opis istraživanja

Kompleksnost strukture u relaciji s egzotičnim fizikalnim svojstvima istraživana je kod nekoliko tipova materijala reducirane dimenzionalnosti kao što su tanki filmovi na podlozi, i kompozitni kristali.

Pojava i morfologija Ge-izlučevina u germanosilikatnim višeslojnim naslagama (ML) istraživana je metodama rendgenske difrakcije (XRD) i raspršenja pod malim kutom (GISAXS). Nađeno je da kristalizacija započinje iznad temperature dozrijevanja od $T_a=600^\circ\text{C}$ te da se kod $T_a=700-800^\circ\text{C}$ formiranju pravilni nanokristali dominantno unutar slojeva.

Kod nesumjerljivo modulirane strukture kompozitnog $(\text{Sr}/\text{Ca})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ kristala recipročna rešetka istražena je metodama 4-dim kristalografije; nađeno da se refleksi opaženi rezonantnom rendgenskom difrakcijom (SXRS) mogu opisati pomoću četiri indeksa: $hklm$, kao regularni refleksi dviju kompozitnih podrešetki s nesumjerljivim parametrima ćelija duž c -smjera.

Kod CuTe_2O_5 materijala određena je kristalografska orijentacija i uočen dimerski strukturni motiv koji omogućuje objašnjenje opaženih promjena u magnetizmu ispod 20K, kod inače lančastog uređenju djelomično alternirajućih momenata; opažene su naglašeno velike rotacije magnetskih prema kristalnim osima, i mali ali izrazito anizotropan porast susceptibilnosti. Obje opažene pojave posljedica su kontinuirane promjene i loma simetrije osnovnog niskotemperaturnog magnetskog stanja Cu^{2+} iona.

Structure-properties relations in materials with either reduced or enhanced spatial dimensionality

Complexity of materials structure in relation with exotic physical properties was studied for a number of materials with reduced dimensionality such as thin films on substrates or composite crystals.

Formation and morphology of Ge-precipitation in germanosilicate ($\text{Ge}:\text{SiO}_2$) multilayer (ML) films under thermal treatment, were analyzed by combining the information obtained from the grazing incidence small angle x-ray scattering (GISAXS) and x-ray diffraction (XRD). It was found that precipitation of Ge-nanocrystallites starts at $T_a=600^\circ\text{C}$, while high degree of in plane confinement and lateral ordering of rather uniform precipitated particles is achieved at $T_a=700-800^\circ\text{C}$ range.

One-dimensional structure modulations at the scale of 10E0nm in composite crystals such as composite Strontium-Calcium-Lanthanum cuprate $(\text{Sr}/\text{Ca}/\text{La})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$, were studied in

terms of 4-dimensional crystallography. It was found that the observations of charge condensation (by Soft X-ray Resonance Scattering – SXRS) can be alternatively interpreted as due to the incommensurate structure modulation.

Crystallographic orientation in relation to magnetic ordering was studied in CuTe_2O_5 single crystals. It was found that the observed extraordinarily large magnetic versus crystallographic axis rotation below 20 K, and small nearly negligible but highly anisotropic, low temperature susceptibility upturn (which is thus of intrinsic nature) is a consequence of the changes due to symmetry breaking within the ground state d^9 orbital doublet, smoothly taking place below 20K.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. U.V. Desnica, K. Salamon, M. Buljan, P. Dubček, N. Radić, I.D. Desnica-Franković, Z. Siketić, I. Bogdanović-Radović, M. Ivanda, S. Bernstorff
Formation of Ge-nanocrystals in SiO_2 matrix by magnetron sputtering and post-deposition thermal treatment
Superlattices and Microstructures **44** (2008) 323-330
2. T. Ivek, T. Vuletić, B. Korin-Hamzić, O. Milat, S. Tomić, B. Gorshunov, M. Dressel, J. Akimitsu, Y. Sugiyama, C. Hess, B. Büchner
Crossover in charge transport from one-dimensional copper-oxygen chains to two-dimensional ladders in $(\text{La}, \text{Y})_y(\text{Sr}, \text{Ca})_{14-y}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$
Phys. Rev. **B78** (2008) 205105
3. M. Miljak, M. Herak, O. Milat, N. Tomasic, and H. Berger
Magnetic state of low dimensional CuTe_2O_5 compound below 20 K temperature
Journal Of Physics-Condensed Matter **20** (2008) 505210

Radovi u zbornicima skupova

4. O. Milat, K. Salamon, S. Tomić, T. Vuletić, and T. Ivek
Diffraction analysis of incommensurate modulation in “chain-ladder” composite crystal $(\text{Sr}/\text{Ca}/\text{La})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$
14th EMC 2008, eds: M. Luysberg, K. Tillmann, T. Weirich, vol.1 Instrumentations and Methods, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2008), 209-210

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. N. Krstulović, O. Milat i S. Milošević
Tretman površine titana dvopulsnom laserskom ablacijom
15. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Varaždin, 04. lipnja 2008.; (ur) N. Radić i I. Capan, Zagreb (2008) (poster)
2. K. Salamon, O. Milat, M. Buljan, U.V. Desnica, N. Radić, P. Dubček i S. Bernstorff
Kinetika i morfologija ge-nanokristala u $(\text{Ge}:\text{SiO}_2)$ višeslojnim i jednoslojnim tankim filmovima

15. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Varaždin, 04. lipnja 2008.; (ur) N. Radić i I. Capan, Zagreb (2008), (poster)
3. O.Milat, K. Salamon, S. Tomić, T. Vuletić, and T. Ivek
Diffraction analysis of incommensurate modulation in "chain-ladder" composite crystal (Sr/Ca/La)₁₄Cu₂₄O₄₁
14th European Microscopy Congress, Aachen, Germany, 1-5 Sept. 2008
(poster)
4. K. Salamon, O. Milat, M. Buljan, U.V. Desnica, N. Radić, P. Dubček, and S. Bernstorff
X-ray investigation of Ge-nanocrystals formation in SiO₂ matrix in multilayered films
9th Biennial Conference on High Resolution X-Ray Diffraction and Imaging, Linz Austria, 15-19 Sept. 2008.
(poster)

Sudjelovanje na stručnim skupovima

5. O.Milat
Istraživanje 4-dimenzionalnog recipročnog prostora kompozitnog kristala (Sr/Ca/La)₁₄Cu₂₄O₄₁
Hrvatsko mikroskopijsko društvo, Godišnji sastanak, Zagreb, 28.11.2008.
(poster)

Domaća znanstvena suradnja

Neformalna

1. Jako korelirani anorganski, organski i biomaterijali, Voditelj: Dr. Silvia Tomić IF;
2. Kompleksni modulirani sistemi: nova osnovna stanja, defekti i magnetski efekti, Voditelj: Dr. sc. Katica Biljaković IF;
3. Defekti i interakcije izmjene u nižedimenzionalnim (D<3) magnetskim sistemima, Voditelj: Dr. sc. Marko Miljak IF;
4. Laserska spektroskopija hladne plazme za obradu materijala, Voditelj: Dr. sc. Slobodan Milošević IF;
5. Novi amorfn i nanostrukturirani tankoslojni materijali (098-0982886-2895), Voditelj: Nikola Radić, Institut "Ruđer Bošković", Zagreb
6. Temeljna svojstva nanostruktura i defekata u poluvodičima i dielektricima (098-0982886-2866), Voditelj: Branko Pivac, Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

Predavanja i seminari

1. Ognjen Milat
Istraživanje recipročnog prostora kompozitnog kristala (Sr/Ca/La)₁₄Cu₂₄O₄₁
Zagreb, HMD, 9.9.2008.

KVANTNI MAGNETI: OSNOVNA STANJA U KOMPETICIJI (035-0352843-2845)

Glavni istraživač: dr. sc. Mladen Prester, znanstveni savjetnik
Suradnici: dr. sc. Đuro Drobac, viši znanstveni suradnik
dr. sc. Željko Marohnić, viši znanstveni suradnik
dr. sc. Ivica Živković, znanstveni suradnik

Opis istraživanja

Tehnikom ac susceptibilnosti, a dijelom i elastičnog i neelastičnog raspršenja neutrona (suradnja sa PSI, Villigen, Švicarska), istraživana su problemi osnovnog stanja nekoliko važnih magnetskih sistema: pod-dopiranog ne-supravodljivog $\text{La}(2-x)\text{Ba}(\text{Sr})_x\text{CuO}_4$ ($x=0.02$, $x=0.03$, $x=0.04$), novog oxo-halida $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$ i bakar-telurata $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$ ($\text{X}=\text{Cl}$, Br). Ti su sistemi zbog svoje važnosti i složenosti predmet višegodišnjeg interesa znanstvenog projekta P910.

Tokom 2008.g poduzeta je nova serija sistematskih mjerenja ac susceptibilnosti na $\text{La}(2-x)\text{Ba}(\text{Sr})_x\text{CuO}_4$ ($x=0.3$) monokristalu jer su metodološka poboljšanja našeg mjernog uređaja (mogućnost kompenzacija realne a sada i imaginarne komponente off-set signala) omogućila povećanje osjetljivosti u zadanim uvjetima mjerenja. Dobiveni rezultati nedvojbeno ukazuju na frekventnu ovisnost položaja niskotemperaturnog ($T_c \approx 8$ K) maksimuma realne susceptibilnosti. Važan novi element je uočavanje formiranog maksimuma i u imaginarnoj komponenti susceptibilnosti. Time je konačno dokazano da faza spinskog stakla doista predstavlja osnovno stanje pod-dopiranog visokotemperaturnog supravodiča LSCO.

Oxo-halid $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$ je predmet širokog multidisciplinarnog istraživanja (IF-Zagreb, PMF-Zagreb, EPFL-Lausanne, PSI/ETH-Villigen, HMI-Berlin). Tokom prošle godine mjerena je anizotropija susceptibilnosti u paramagnetskoj i uređenoj fazi te je, u suradnji sa koautorima iz navedenih institucija, formuliran generalni model za složeni magnetizam tog sistema. Napisan je opsežan rad te poslan na recenziju u znanstveni časopis.

U istraživanju osnovnog stanja bakar-telurata $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$ ($\text{X}=\text{Cl}$, Br) surađujemo sa znanstvenicima iz više laboratorija (EPFL-Lausanne, PSI/ETH-Villigen, Niels Bohr Institute-Copenhagen, ILL-Grenoble). U protekloj godini sa koautorima smo radili na interpretaciji ranije sakupljenih podataka te u pisanju manuskripta o rezultatima istraživanja spektra spinskih eksitacija tog sistema. Manuskript je submitiran krajem 2008.

Metodološki progres učinjen je u razumijevanju rezultata mjerenja viših harmonika ac susceptibilnosti. Kao modelni sistem poslužio je fazni prijelaz u amorfnom feromagnetskom sustavu $\text{FexNi}(80-x)\text{B}18\text{Si}_2$. Napose su definirani uvjeti mjerenja koje je potrebno ostvariti da bi ti rezultati imali smislenu fizikalnu interpretaciju. Također je implementirana nova metoda kompenzacije rezidualnog off-set signala ac susceptometra.

Quantum Magnets: Competing Ground States

High resolution ac susceptibility technique and, in part, elastic and inelastic neutron scattering (cooperation with PSI, Villigen, Switzerland), was used in studies of ground states of several important magnetic systems: underdoped non-superconducting single-crystalline sample $\text{La}(2-x)\text{Ba}(\text{Sr})_x\text{CuO}_4$ ($x=0.03$), new oxo-halide system $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$ and copper telluride $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}$). These systems are, due to their importance and complexity, a subject permanent attention at this project.

Methodological improvements, implemented in 2008 into our ac susceptibility systems (compensation of both real and imaginary off-set signal), enabled measurements with improved sensitivity on $\text{La}(2-x)\text{Ba}(\text{Sr})_x\text{CuO}_4$ ($x=0.03$). An important new element obtained is a peak observed now in imaginary susceptibility as well. Series of measurements show undoubtedly that there is a frequency dependence in the position of low-temperature peak ($T_c \approx 8$ K), proving that the spin glass phase represents indeed a ground state of underdoped high- T_c Superconductor $\text{LS}(\text{B})\text{CO}$.

Oxo-halide $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$ is a subject of comprehensive multidisciplinary research taking place at (IF-Zagreb, PMF-Zagreb, EPFL-Lausanne, PSI/ETH-Villigen, HMI-Berlin). In the course of 2008 we measured susceptibility anisotropy in paramagnetic and magnetically ordered phase and formulated a general model for complex magnetism of this system. Comprehensive manuscript has been composed and submitted to a scientific journal.

In research of copper telluride $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}$) we collaborate with scientist from EPFL-Lausanne, PSI/ETH-Villigen, Niels Bohr Institute-Copenhagen, ILL-Grenoble. Last year we participated in interpretation of the results of inelastic neutron scattering and in composing of a manuscript built upon these results. The latter manuscript was submitted at the end of 2008.

Work on methodological improvements of ac susceptibility techniques was particularly focusing in 2008 the true meaning of higher harmonic analysis in ac susceptibility studies and the conditions to be satisfied in order for the respective results to have physical interpretation. In these studies amorphous ferromagnet $\text{Fe}_x\text{Ni}(80-x)\text{B}_{18}\text{Si}_2$ has been chosen as a model system.

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. Ivica Živković
Magnetic Ordering in a New Quasi-2D Compound $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$
Conference on Low Temperature Physics, Amsterdam, 6.8.- 13.8.2008.
(poster)
2. Ivica Živković
Magnetic Ordering in a New Quasi-2D Compound $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}_6$
Joint European Magnetic Symposia, Dublin, 14.9. - 19.9.2008.
(poster)

Međunarodna znanstvena suradnja

Formalna suradnja

1. SCOPES Project No. IB7320-111105 *Sparsely connected antiferromagnets: Ground states, clusters and domains*
Koordinator na hrvatskoj strani: dr. Mladen Prester
Partner u inozemstvu: dr. Oksana Zaharko, Paul Scherrer Institute i ETH, Švicarska

Međunarodna znanstvena suradnja

Neformalna suradnja

2. Helmut Berger, *Institut de la Physique de la Matiere Complexe, PH - FSB, Ecublens, EPFL CH-1015 Lausanne, Švicarska*
3. Mats Johansson, *Department of Inorganic Chemistry, Stockholm University*
Ivica Bradarić, *Laboratory for Theoretical and Condensed Matter Physics, The "Vinča" Institute of Nuclear Sciences, P.O.Box 522, 11001 Beograd, Srbija*
4. Christos Panagopoulos, *The Shoenberg Laboratory for Quantum Matter, Cavendish Laboratory, JJ Thomson Avenue, Cambridge CB3 0HE, UK*

Sudjelovanje u nastavi

Diplomska nastava

Đuro Drobac sudjeluje u izvedbi dijelu kolegija *Eksperimentalne metode fizike (magnetizam)*.

Studijski boravci

Do kraja 2008. Dr.sc. Ivica Živković na post-doktorskom studiju na EPFL, Lausanne, Švicarska (Professor Henrik Ronnow)

Ostalo

- Do kraja 2008. Dr.sc. Ivica Živković na post-doktorskom studiju na EPFL, Lausanne, Švicarska (Professor Henrik Ronnow)
- Aktivnosti na popularizaciji fizike:
- Predavanje dr.Đure Drobca u Labinu o statičkom električnom i magnetskom polju Zemlje te njihovom mogućem utjecaju na ljudski život (predavanje u povodu dana planeta Zemlje).
- Željko Marohnić: Od 21. do 28. 5. 2008. boravio na 21. Međunarodnom turniru mladih fizičara, Trogir. (21th IYPT 2008). Na Turniru sudjelovao kao mentor natjecateljskog tima.
- *Aplikativni projekti*
U suradnji sa poduzećem CryoBIND/Sistemprojekt razvijaju se nove opcije i poboljšavaju mjeriteljske performanse CryoBIND sistema za mjerenje ac susceptibilnosti.

DEFEKTI I INTERAKCIJE IZMJENE U NISKODIMENZIONALNIM (D<3) MAGNETSKIM SISTEMIMA (035-0352843-2846)

Glavni istraživač: dr. sc. Marko Miljak, znanstveni savjetnik

Suradnici: dr. sc. Đuro Drobac, viši znanstveni suradnik
dipl. inž. Mirta Herak, znanstveni novak

Opis istraživanja

Mjerenja magnetske susceptibilnosti i magnetskog zakretnog momenta vodljivog strukturno niskodimenzionalnog BaVSe₃ materijala, rezultirala su objavom radova 1 i 3. Na visokim temperaturama BaVSe₃ je paramagnet a uređuje se feromagnetski na 43K, izuzetno uniaksialno (duž V-lanca) . Feromagnetskom uređenju prethodi međutim paramagnetska nestabilnost u samo jednoj kristalnoj magnetskoj osi koja se oštro manifestira na 62K (u paramagnetskom stanju materijala).

U izolatorskom jenodimenzionalnom materijalu CuTe₂O₅ kvantitativno je utvđen nivo dimerizacije od 0.56 te u skladu s tim magnetska svojstva na visokim temperaturama, iznad 20K, gotovo idealno su opisana svojstvima spin-gap modela. Međutim, ispod 20K utvrđena je velika i temperaturno glatka reorientacija magnetskih osi (do 60°) te mali intrinzični porast susceptibilnosti (upturn) ispod 4.2K što je u radu 2 pokazano da se ispod 20K počinju događati odgovarajuće promjene u d^{ρ} dubletnom stanju spina $\frac{1}{2}$ bakrenog iona u oktaedarskom (distordiranom !) okruženju kisika.

Za opis antiferomagnetskog stanja ispod 44K 3-dim. materijala Bi₂CuO₄ proširen je fenomenološki pristup energiji anizotropije, baziran na primjeru spin-flop situacije, na slučaj lake ravnine u slaganju sa eksperimentalnim rezultatima (dio dokorske disertacije M. Herak).

Defects and interaction in low dimensional (D<3) magnetic systems

Measurements of magnetic susceptibility and torque of metallic structurally low dimensional material, BaVSe₃, resulted in publication of papers 1. and 3. At high temperatures BaVSe₃ is a paramagnet and it orders ferromagnetically (FM) at 43K. The symmetry of FM state is uniaxial (spins are along the V chains). At temperature above FM transition the instability is detected which manifests itself very sharply along only one of the magnetic axes at 62K (in the paramagnetic state of the material).

In insulating low dimensional material CuTe₂O₅ we quantitatively determined the level of dimerisation of 0.56 and showed that, accordingly, magnetic properties of the system at high temperatures above 20K are almost ideally described by spin gap model. However, below 20K we measured large and temperature dependent reorientation of magnetic axes (up to 60°) and small intrinsic upturn of susceptibility below 4.2K. We interpreted this in paper 2. as a consequence of changes in doublet d^{ρ} state of copper ion Cu²⁺ spin 1/2 in distorted octahedral oxygen surrounding.

For description of antiferromagnetic state of 3D material Bi_2CuO_4 below $T_N = 44\text{K}$, the phenomenological theory of magnetic anisotropy based on the description of spin flop phenomenon in uniaxial antiferromagnets has been modeled for easy plane anisotropy. Obtained results are in very good agreement with measured torque curves (this is a part of doctoral theseis of M. Herak).

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. Mirta Herak, Marko Miljak, Ana Akrap, Laszlo Forro, and Helmuth Berger
Magnetic Anisotropy of Paramagnetic and Ferromagnetically Ordered State of Single Crystal BaVSe_3
Journal of the Physical Society of Japan **77**, str. 093701 (2008)
2. Marko Miljak, Mirta Herak, Ognjen Milat, Nenad Tomašić i Helmuth Berger
The magnetic state of the low dimensional CuTe_2O_5 compound below 20 K
Journal of Physics: Condensed Matter **20**, str. 505210 (2008)
3. Ana Akrap, Vladan Stojanović, Mirta Herak, Marko Miljak, Neven Barišić, Helmuth Berger and Laszlo Forro
Transport and magnetic properties of BaVSe_3
Physical Review B **78**, str. 235111 (2008)

Učešće na međunarodnim radionicama

XIII Training Course in the Physics of Correlated Electron Systems u Vietri sul Mare (Salerno) u Italiji od 6. – 17. listopada 2008.

Sudjelovanje u nastavi

Dodiplomska nastava

Novakinja Mirta Herak održala dva termina vježbi na PMF-u (fizički odsjek) iz dodiplomskog kolegija za studente druge godine smjera dipl. inž. kemije Praktikum iz fizike za kemičare (voditelj dr. sc. I. Kokanović) u ljetnom semestru školske godine 2007./08.

Međunarodna znanstvena suradnja

Sudjelovanje na projektima

SCOPES Projekt No. IB7320-111105 *Sparsely connected antiferromagnets: Ground states, clusters and domains*

Voditelj Dr. Mladen Prester

Partener u inozemstvu: Dr. Oksana Zaharko, Paul Scherrer Institute i ETH, Švicarska

TRANSPORT I TERMODINAMIKA NOVIH MATERIJALA S ELEKTRONSKIM KORELACIJAMA (00352843-284)

Glavni istraživač: dr. sc. Veljko Zlatić, znanstveni savjetnik

Suradnici: dr. sc. Ivica Aviani, znanstveni suradnik

Opis istraživanja

Metodom dinamičkog srednjeg polja analizirali smo transportne koeficijente Andersonovog modela sa $SU(N)$ simetrijom i pokazali da za beskonačno jaku korelaciju između f elektrona model pokazuje, na dovoljno niskim temperaturama, svojstva fermi tekućina. Naš račun pokazuje da transportni koeficijenti zadovoljavaju zakone 'jednostavnih potencija', a konačno vrijeme života kvazičestica, uzrokovano neelastičnim elektronskim sudarima, dovodi do reduciranog Lorentzovog broja i odstupanja od Wiedemann-Franz zakona. Naši računi također pokazuju da renormalizacija termičke vodljivosti i Seebeckovog koeficijenta može dovesti do znatnog povećanja 'termo-električnog koeficijenta iskoristivost' (figure-of-merit ZT). Naši teorijski rezultati objašnjavaju anomalno ponašanje većine cerijevih i iterbijevih spojeva, kojih primjena hidrostatskog tlaka može izazvati prijelaz iz 'spinske tekućine' u 'Fermi tekućinu'. Rezultati ovih istraživanja detaljno smo opisali i u radu 1.

U prošloj godini, također smo analizirali utjecaj oblika gustoće stanja vodljivih elektrona na Kondo temperaturu i efektivnu Fermi temperaturu cerijevih i iterbijevih spojeva. Pokazali smo da omjer tih temperatura drastično ovisi o ponašanju oko Fermi energije. Taj omjer može biti puno veći od jedinice za gustoću stanja koja ima maksimum na Fermi nivou, odnosno puno manji od jedinice za gustoću stanja koja ima minimum na Fermi energiji. Objasnili smo razloge takvog ponašanja, detaljno diskutirali utjecaj oblika gustoće stanja na korelativne funkcije, te objasnili anomalije koje se opažaju kod nekih cerijevih i iterbijevih spojeva. Rezultati istraživanja detaljno smo opisali u radu 2.

I ove smo godine posvetili veliku pažnju radu sa srednjoškolskim učenicima i nastavnicima.

Uspostavljena je suradnja s Agencijom za odgoj i obrazovanje preko koje su, prvo na Državnom seminaru u Zadru, a zatim na županijskim vijećima nastavnika fizike, kroz tridesetak predavanja i radionica, organizirani susreti znanstvenika i učitelja u Hrvatskoj. Cilj je osvježavanje i osuvremenjivanje nastave fizike u našim školama usavršavanjem nastavnika i stvaranjem novih obrazovnih sadržaja. Naglasak svih predavanja je na najnovijim znanstvenim dostignućima i konceptima. U toj aktivnosti, koju je organizirao I. Aviani u okviru našeg projekta, sudjelovalo je sedam znanstvenika, a predavanja su objavljena na web stranicama E-škole FIZIKA (<http://eskola.hfd.hr/susreti/>).

Transport and thermodynamics of new materials with strong electron correlations.

We studied the low-temperature transport coefficients of the degenerate periodic $SU(N)$ Anderson model in the limit of infinite correlation between f electrons, using the dynamical mean-field theory. We establish the Fermi-liquid FL laws, taking into account

the quasiparticle damping. The latter yields a reduced value of the Lorenz number in the Wiedemann-Franz law. Our results indicate that the renormalization of the thermal conductivity and of the Seebeck coefficient can lead to a substantial enhancement of the electronic thermoelectric figure of merit at low temperature. Using the FL laws, we discuss the low-temperature anomalies that show up in the electrical resistance of the intermetallic compounds with cerium and ytterbium ions when studied as a function of pressure. (For details see Ref.1)

We studied also the thermodynamic and transport properties of intermetallic compounds with Ce, Eu, and Yb ions using the periodic Anderson model with an infinite correlation between f electrons. At high temperatures, these systems exhibit typical features that can be understood in terms of a single impurity Anderson or Kondo model with Kondo scale TK. At low temperatures one often finds a normal state governed by the Fermi liquid (FL) laws with characteristic energy scale T0. Using the slave boson solution of the periodic model we show that T0 and TK depend not only on the degeneracy and the splitting of the f states, the number of c and f electrons and their coupling, but also on the shape of the conduction electrons density of states (c-DOS) in the vicinity of the Fermi energy (EF). The c-DOS with a peak at EF gives $TK/T0 \gg 1$, while the c-DOS with a minimum or a pseudogap at EF gives $TK/T0 \ll 1$. We used these result to explain the anomalous behavior of some Ce and Yb intermetallic compounds. (For details see Ref.2)

The outreach activities, targeting the high-school students and physics teachers, were continued throughout the 2nd project year.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. V. Zlatić, R. Monnier, and J. K. Freericks
Enhancement of thermal transport in the degenerate Anderson Model
Physical Review B **78** 045113 (2008)

Poglavlje u knjizi

2. V. Zlatić
Correlated Thermoelectrics
Lectures on the Physics of Strongly Correlated Systems XII, pp. 198-247
(A. Avella and F. Mancini, editors; New York : American Institute of Physics, 2008).

Radovi u zbornicima skupova

3. B. Coqblin, B. Chevalier, and V. Zlatić,
Effect of pressure and hydrogenation on the thermopower of cerium compounds
6. European Conference on Thermoelectrics, 4 str., July 2 - 4, 2008, Paris, Francuska

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. V. Zlatić
Thermoelectric properties of Cerium and Ytterbium intermetallic compounds
Međunarodna konferencija: *From solid state to biophysics*, Cavtat, lipanj, 2008
(pozvano predavanje)

2. V. Zlatić
Enhanced thermal transport of strongly correlated electrons
Međunarodna radionica COST ACTION P16, Santander, Španjolska, srpanj, 2008
(pozvano predavanje)
3. V. Zlatić
Correlation effects in cerium and ytterbium intermetallic compounds.
International conference on magnetism, Poznan, Poljska, lipanj 2008
(pozvano predavanje)
4. V. Zlatić
Effect of pressure and hydrogenation on the thermopower of cerium compounds.
6. European Conference on Thermoelectrics, July 2 - 4, 2008, Paris, France
(pozvano predavanje)
5. V. Zlatić
Heat and charge transport in strongly correlated multilayers
NATO Advanced Research Workshop on Thermoelectric Materials, Hvar, rujna, 2008
(pozvano predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

1. *Modeliranje jako koreliranih nano-struktura za primjenu u termoelektričnim uređajima*
Projekt National Science Foundation, USA, i MZT RH (2007-20010)
Kordinator na hrvatskoj strani: Dr. V. Zlatić, Partner u inozemstvu: Prof. J. Freericks, Georgetown University, Washington D.C., USA
2. *Nove pojave u koreliranoj materiji* (2005-2009)
COST/ECOM P16 projekt ("European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research") o fizici novih materijala. Detaljni opis može se naći na web-stranici Europske zaklade za znanost (European Science Foundation)
Član "Management committee": Dr V. Zlatić
3. *Strongly correlated thermoelectrics* (2008-2009)
Bilateralna suradnja s Bečkim sveučilištem, Prof. Peter Rogl.
4. *Interdisciplinary approaches to functional electronic and biological materials*
INTELBIO-MAT, Projekt Europske zaklade za znanost (European Science Foundation)
Kordinator za Hrvatsku i član "Steering committee": Dr V. Zlatić

Ostalo

Prošle godine smo organizirali međunarodnu radionicu i međunarodnu konferenciju o novim materijalima s jakim medju-elektronskim korelacijama, te nastavili desetgodišnju tradiciju održavanja takvih znanstvenih skupova na Hvaru. Svi detalji o oba skupa mogu se naći na web stranicama <http://hvar08.ifs.hr/>

1. Radionicu smo organizirali od 25. do 30. rujna 2008. Naslov skupa:
NATO Advanced Research Workshop on Thermoelectric Materials.
2. Konferenciju smo organizirali od 25. do 30. rujna 2008. Naslov skupa:
4th International Conference on Concepts in Electron Correlations

Sudjelovanje na stručnim skupovima

1. I. Aviani
Energija, nove mogućnosti
Državni seminar za učitelje i nastavnike fizike u osnovnim i srednjim školama, Zadar, 25. – 28. ožujka 2008.
2. I. Aviani
Communicating the beauty of science
British Council seminar, Edinburg 25-30 March 2008.

Sudjelovanje u dodiplomskoj nastavi

I. Aviani
Nositelj kolegija *Računalo u pokusu*, Fizički odsjek, PMF, Zagreb

Sudjelovanje u obrazovanju nastavnika

1. I. Aviani
Energija, nove mogućnosti
Stručno vijeće učitelja fizike OŠ grada Zagreba istok, OŠ Rapska, 10. travnja 2008. (predavanje)
2. I. Aviani
Magnetizam tvari
Županijsko stručno vijeće kemije i fizike za srednjoškolske nastavnike, Gimnazija Sisak, 17. travnja 2008. (predavanje)
3. I. Aviani
Energija, nove mogućnosti
Županijsko stručno vijeće za osnovne i srednje škole Krapinsko-zagorske županije, SŠ Bedekovčina, 9. listopada 2008. (predavanje)
4. I. Aviani
Tajne Magnetizma
Županijsko vijeće nastavnika fizike Dubrovačko-Neretvanske županije, SŠ. fra Andrije Kačića Miošića, Ploče 7. studenog 2008. (predavanje)
5. I. Aviani
Energija, nove mogućnosti
Županijsko stručno vijeće nastavnika fizike karlovačke županije, Karlovac, 26.06.2008.
6. Aviani
Energija, nove mogućnosti, Stručno vijeće učitelja fizike OŠ grada Zagreba zapad, OŠ grofa Janka Draškovića, 9. prosinac 2008. (predavanje)

Mentorstvo

I Aviani
Marija Došlić, učenica, V. gimnazija Zagreb, prva nagrada na natjecanju Vip Eureka 2008.

SPEKTROSKOPIJA RYDBERGOVIH ATOMA I MOLEKULA

(035-0352851-2853)

- Glavni istraživač:** dr. sc. Čedomil Vadla, znanstveni savjetnik
Suradnici: dr.sc. Vlasta Horvatić, viši znanstveni suradnik
Vanjski suradnici: prof. dr.sc. Damir Veža, PMF, Zagreb, izvanredni profesor

Opis istraživanja

Opis istraživanja u referenci [1] dan je u prethodnom godišnjem izvjestaju. Projektnim planom bilo je predviđeno istraživanje satelitskih struktura Cs i Rb linija koje nastaju u apsorpcijskim prijelazima sa prvog pobuđenog P stanja na visoko pobuđena S, D i F Rydbergova stanja. U tu svrhu prvenstveno je potrebno postići što višu koncentraciju u 6P i 5P stanjima Cs odnosno Rb, što se u načelu postiže snažnim laserskim pumpanjem rezonantnih linija pri što višim atomskim gustoćama. Ustanovljeno je da, uz konstantnu gustoću snage laserskog snopa (tipično: 10 Wcm^{-2}) koncentracija atoma u prvom pobuđenom stanju naglo opada kod atomskih gustoća viših od 10^{16} cm^{-3} . Simultano, u ekscitacijskom volumenu dolazi do značajne ionizacije. Pomoću mjerenih relativnih intenziteta spektralnih linija (u području od 500 do 900 nm) kao i parametara njihovog širenja, utvrđeno je da se pri koncentracijama atoma od oko 10^{17} cm^{-3} uspostavlja plazma koja se nalazi u lokalnoj termodinamičkoj ravnoteži na oko 2500 K. Iako su dobro poznati razni procesi koji dovode do ionizacije u laserski pobuđenim plinovima, nastajanje LTE plazme tim načinom nije još do sada bilo zabilježeno. Provedena je sustavna analiza iz koje proizlazi da OSNOVNI MEHANIZAM nastanka takve LTE plazme predstavljaju EGZOTERMNI SUDARI pobuđenih atoma s atomima u osnovnom stanju. Ekscitacijska energija se učinkovito pretvara u kinetičku energiju atoma tako da se javlja dovoljan statistički broj atoma s energijama višim od energije ionizacije.

Nedavno objavljeni rezultati [2] o širenju i pomacima spektralnih linija olova (induciranim sudarima s Ar i He), koje se javljaju u prijelazima između $6p^2 \ ^3P_0$, $6p^2 \ ^3P_1$ and $7s \ ^3P_1^0$ stanja, analizirani su u okviru adijabatske udarne teorije s ciljem određivanja odgovarajućih Pb-plemeniti plin dugodosežnih diferentnih potencijala međudjelovanja.

U suradnji s kolegama na ISAS-Institute for Analytical Sciences u Dortmundu, dovršen je dio istraživanja vezanih za pronalaženje pouzdanih spektroskopsko-analitičkih metoda za određivanje sastava nanočestica. Istraženi su lokalni efekti koje atomizacija kapljica uzorka proizvodi u induktivno vezanoj plazmi (ICP). Monodisperzne ($d \approx 50 \mu\text{m}$) kapljice vodene otopine uzorka (Si kemijski spoj) uvedene su u ICP frekvencijom od 1-10 Hz. Efekti desolvacije i atomizacije proučavani su metodom optičke emisijske spektroskopije s vremenskim razlučivanjem, koristeći tri baždarena monokromatora opremljena fotomultiplikatorima brzog odziva. Početak desolvacije i atomizacije uzorka te iznimno brza difuzija vodika u ICP-u analizirani su pomoću istovremeno mjerenih spektralnih linija vodika, silicija i argona. Rezultati su pokazali da atomizacija uzorka značajno utječe na uvjete u plazmi, pri čemu opaženo lokalno sniženje temperature raste proporcionalno masi uzorka. Vremenska ovisnost temperature plazme pokazuje da se nakon vremena t_0 (ovisnog o protoku Ar) od uvođenja uzorka u ICP, plazma vraća u početno ravnotežno

stanje. Tek u vremenima $t > t_0$ omjeri mjerenih intenziteta linija postaju konstantni što odražava činjenicu da je ispitivani uzorak u potpunosti atomiziran.

Spectroscopy of rydberg atoms and molecules

The description of the investigation presented in Ref. [1] was given in the Annual Report for the preceding year. By the project plan, the investigations of the satellite structures in the Cs and Rb spectral lines occurring in the absorption transitions from first excited P state to the highly excited S, D and F Rydberg states, were scheduled for the year 2008. To enable such investigations, primarily it was necessary to produce as high as possible population in the 6P and 5P states of Cs and Rb, respectively. This is usually attained by strong laser pumping of the resonance lines in the conditions of the high ground state number densities. However, it was found out that with the constant laser power density applied (typically: 10 Wcm^{-2}) the population in the first excited state abruptly decreases for the ground state densities higher than 10^{16} cm^{-3} . Simultaneously, the excitation volume becomes appreciably ionized. By the analysis of the measured relative intensities of the spectral lines in the region from 500 to 900 nm, and the use of their broadening parameters, it was found that in the conditions of the ground state atom number densities of about 10^{17} cm^{-3} the plasma being in local thermodynamic equilibrium (LTE) at about 2500 K, is formed in the system. Although the various processes leading to the ionization in the laser excited gases have been well known so far, the formation of LTE plasma in the way described here has not yet been observed. The systematic analysis of the experimental results was conducted which led to the conclusion that the EXOTHERMIC COLLISIONS between the excited and ground state atoms constitute the KEY MECHANISM for the formation of such LTE plasma. In such collisions, excitation energy is converted in the kinetic energy of atoms. It was found out that these processes are so efficient that statistically sufficient number of atoms capable of producing ionization, i.e. having the energies higher than the ionization energy, is created.

Recently published results [2] on broadening and shift of the Pb spectral lines occurring in the transitions among $6p^2 \ ^3P_0$, $6p^2 \ ^3P_1$ and $7s \ ^3P_0^o$ states of lead, induced by the collisions with Ar and He, were analyzed within the frame of the adiabatic impact theory to the end of determining the corresponding Pb-noble gas long-range difference interaction potentials.

In collaboration with the colleagues at ISAS-Institute for Analytical Sciences in Dortmund, the part of the investigation, aimed on developing the reliable spectroscopic-analytic methods for the determination of the composition of nanoparticles, was completed. The local effects which atomization of the analyte droplets produces on the parameters of inductively coupled plasma (ICP) were investigated. Monodisperse droplets ($d \approx 50 \text{ }\mu\text{m}$) from aqueous analyte solutions were introduced into ICP with frequencies 1-10 Hz. The effect of desolvation and atomization in the ICP was studied end-on by optical emission spectroscopy employing simultaneously up to three calibrated monochromators with fast photomultipliers. The onsets of desolvation and analyte atomization and the extremely fast diffusion of hydrogen in the ICP and its effect on the plasma are studied by simultaneous measurements of hydrogen, analyte and Ar lines. It was found that the atomization of the analyte significantly influences the plasma conditions, and that the observed substantial decrease of the local plasma temperature is proportional to the analyte mass. Time

evolution of the plasma excitation temperature has shown that subsequent to droplet introduction in ICP, the excitation temperature was recovered to initial steady-state condition after the time t_0 (dependent on the Ar flow). Only for $t > t_0$ the ratios of the measured analyte spectral line intensities become constant, which reflects the fact the process of atomization of the analyte was completed.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. V. Horvatic, D. Veza, K. Niemax, C. Vadla
Determination of the Rb atomic number density in dense rubidium vapors by absorption measurements of Rb-2 triplet bands
Spectrochimica Acta part B **63** (2008) 210-216
2. V. Horvatic, D. Veza, M. Movre, K. Niemax, C. Vadla
Foreign gas broadening and shift of the strongly "forbidden" lead line at 1278.9 nm
Spectrochimica Acta Part B **63** (2008) 652-656
3. C. C. Garcia, H. Lindner, A. von Bohlen, C. Vadla, K. Niemax
Elemental fractionation and stoichiometric sampling in femtosecond laser ablation
J. Anal. At. Spectrom. **23** (2008) 470-478

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. *Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Alkali-Rydberg-Atomen in Quantenzuständen $n_{eff} \geq 8$ mit Alkali-grundzustandatomem*
Deutsch kroatisches Kooperationsprojekt (DFG 436 KRO 113/9/0-1), prof. dr. K. Niemax (ISAS, Dortmund) i dr. Č. Vadla (IF, Zagreb).

Neformalna

2. Plasma-Analyte Interaction Working Group (PAIWG)
Trilateralni projekt institucija: University of Florida (Gainesville, FL, SAD), Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung (Berlin, Njemačka) i ISAS (Dortmund, Njemačka), zajednički financiran od National Science Foundation i Deutsche Forschungsgemeinschaft.
Suradnja na problemima interakcije plazme i analizirane tvari sa prof. dr N. Omenettom (UF, Gainesville, FL, SAD), prof. dr. D. Hahn (UF, Gainesville, FL, SAD) i prof. dr. K. Niemaxom (ISAS, Dortmund, Njemačka).

Ostalo

Č. Vadla:

- član Upravnog vijeća Instituta za fiziku,
- recenzent časopisa: Spectrochimica Acta Part B, Optics Communications, JQSRT

V. Horvatić:

- tajnica Hrvatskog fizikalnog društva,
- administrator web stranica Hrvatskog fizikalnog društva,
- recenzent časopisa Spectrochimica Acta Part B.

RAZVOJ DIGITALNIH POSTUPAKA U HOLOGRAFIJI I INTERFEROMETRIJI (035-0352851-2854)

Glavni istraživač: dr. sc. Nazif Demoli, znanstveni savjetnik

Suradnici: dipl. inž. Kristina Šariri, znanstveni novak

Vanjski suradnici: mr. sc. Ivica Sović, PMF, Zagreb, asistent

Opis istraživanja

U okviru rada na problemu osjetljivosti holografskih postupaka eksperimentalno su ustanovljene vrijednosti prosječnih fluktuacija interferencijskih pruga. Analiziran je općenit utjecaj laboratorijskih uvjeta te predložen numerički postupak za povećanje osjetljivosti bez istovremenog povećanja šuma. Tretiran je problem poduzorkovanja u digitalnoj holografiji u suradnji s Louis Pasteur sveučilištem u Strasbourgu. Najviša prostorna frekvencija, definirana kutem između referentnog i objektnog snopa i objektnom frekvencijom, koju je moguće ispravno zabilježiti ograničena je rezolucijom matričnog foto-detektora i opisana Nyquistovim teoremom uzorkovanja. Načinjena je teorijska analiza te niz eksperimenata iz kojih proizlaze uvjeti za zapis holograma bez gubitka informacije, a u uvjetima poduzorkovanja. Vremenski usrednjena digitalna holografska interferometrija primijenjena je na analizu utjecaja raznih tipova učvršćivanja podbradnika violine na vibracijska stanja rezonatora. Pretpostavljeno je da svako odstupanje od vibracijskih stanja slobodnog rezonatora predstavlja degradaciju zvučnog polja koje emitira violina. Ustanovljeni su nivoi utjecaja i shodno tome rezultati eksperimentalnih mjerenja statistički obrađeni.

U okviru suradnje sa Stomatološkim fakultetom nastavljen je rad na analizi polimerizacijskog skupljanja smolastih kompozita primjenom laserske interferometrije. Mjereno je skupljanje na novijim materijalima uz upotrebu LED svjetlosnih izvora različitih karakteristika. Nastavljen je rad na usavršavanju vakuumske komora za kontrolirano grijanje i hlađenje s ciljem izvođenja interferometrijskih mjerenja na uzorcima različitih materijala.

Rad na raspoznavanju uzoraka analizom momenata slike u fazi je izrade profesionalnog programa za računanje raznih tipova momenata i pripadnih invarijanata. Postupak je primijenjen na raspoznavanje slova u Times New Roman fontu, različitih veličina i rotacija, kao i rukom pisanih slova. Ulazi su klasificirani prema najmanjoj euklidskoj udaljenosti svojih Huovih i afinih invarijanata u odnosu prema vrijednostima istih parametara za predstavnike klase.

Pored niže izlistanih publikacija, istraživački rad na projektu rezultirao je također: (i) prihvatom jednog rada za publiciranje u CC časopisu, (ii) slanjem jednog rada u CC časopis te (iii) pripremom (u završnoj fazi) jednog rada za slanje u CC časopis.

Development of digital procedures in holography and interferometry

Within the problem of sensitivity of the holographic procedures, the values of average fluctuations of the interferometric fringes are experimentally determined. We have

analyzed the overall influence of the laboratory conditions and proposed a numerical procedure to increase sensitivity without simultaneous increase of noise. The problem of aliasing in digital holography is analyzed (collaboration with the Louis Pasteur University in Strasbourg). The highest spatial frequency, defined by the angle between the reference and object beams plus the object's frequency, which can be properly recorded is limited by the resolution of the array photo-detector and described by the Nyquist sampling theorem. We made a theoretical analysis as well as a series of experiments from which the conditions are derived for recording holograms with no loss of information in the undersampling conditions. Time-averaged digital holographic interferometry is applied to analyzing the influence of different types of the violin chin rest fastenings on vibrational behavior of the resonator. It is assumed that any deviation from the vibrational state of the free resonator represents degradation of the sound field emitted by the violin. The levels of influence are established and the results of experimental measurements statistically processed. We continued work on analyzing the polymerization shrinkage of resin composite materials using laser interferometry (collaboration with the Dental faculty in Zagreb). New materials are treated using various LED light sources. We also continued work on improving the vacuum chambers with controlled heating and cooling of various samples for interferometric measurements. Activity on pattern recognition problems is directed toward creating the professional program for calculating the various types of image moments and several invariants. In addition to the referenced publications, the research work on the project has also resulted in the following: (i) one paper is accepted for publication in a CC journal, (ii) one paper is sent for consideration in a CC journal, and (iii) one paper is in the final stage of preparation for sending it in a CC journal.

Objavljeni radovi

Radovi u zbornicima skupova

1. N. Demoli, K. Šariri, I. Sović, M. Torzynski, H. Halaq, D. Vukičević
Sensitivity increase in digital holographic interferometry
Optical Micro- and Nanometrology in Microsystems Technology II, C. Gorecki, A. K. Asundi, W. Osten (ur.), Proc. SPIE Vol. 6995, Strasbourg, 2008, 699502 1-11
2. H. Halaq, N. Demoli, I. Sović, K. Šariri, M. Torzynski, D. Vukičević
Undersampled digital holographic interferometry
Optical Micro- and Nanometrology in Microsystems Technology II, C. Gorecki, A. K. Asundi, W. Osten (ur.), Proc. SPIE Vol. 6995, Strasbourg, 2008, 699504 1-5
3. K. Šariri, N. Demoli
Invariant approach to the character classification
Optical and Digital Image Processing, P. Schelkens, T. Ebrahimi, G. Cristobal, F. Truchetet (ur.), Proc. SPIE Vol. 7000, Strasbourg, 2008, 70001J 1-7
4. N. Demoli
Time-averaged digital holographic interferometry: properties, applications, and perspectives
Proc. International Symposium to Commemorate the 60th Anniversary of the Invention of Holography, R. J. Pryputniewicz (ur.), Springfield, Massachusetts, 2008, 238-246

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. N. Demoli, K. Šariri, I. Sović, M. Torzynski, H. Halaq, D. Vukičević
Sensitivity increase in digital holographic interferometry
Optical Micro- and Nanometrology in Microsystems Technology II, Strasbourg, 08-10. travnja 2008.
(pozvano predavanje)
2. H. Halaq, N. Demoli, I. Sović, K. Šariri, M. Torzynski, D. Vukičević
Undersampled digital holographic interferometry
Optical Micro- and Nanometrology in Microsystems Technology II, Strasbourg, 08-10. travnja 2008.
(predavanje)
3. K. Šariri, N. Demoli
Invariant approach to the character classification
Optical and Digital Image Processing, Strasbourg, 07-09. travnja 2008.
(poster)
4. N. Demoli
Time-averaged digital holographic interferometry: properties, applications, and perspectives
International Symposium to Commemorate the 60th Anniversary of the Invention of Holography, Springfield, Massachusetts, 27-29. listopada 2008.
(pozvano predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

Neformalna

1. Digitalna holografija: razvoj postupaka i primjene
prof. D. Vukičević, Louis Pasteur sveučilište, Strasbourg

Domaća znanstvena suradnja

Neformalna

2. Mjerenje polimerizacijskog skupljanja kompozitnih materijala laseerskom interferometrijom
dr. Z. Tarle, Stomatološki fakultet, Zagreb.

Sudjelovanje u nastavi

Poslijediplomska nastava

1. N. Demoli
Optika i holografija (310), PMF

Ostalo

- N. Demoli, voditelj projekta e-škole: *Koherentna optika*
- N. Demoli, recenzent časopisa: *Optics Express*, *Optics Letters*, *Applied Optics*, *Optics Communications*, *Optical Engineering*

LASERSKA SPEKTROSKOPIJA HLADNE PLAZME ZA OBRADU MATERIJALA (035-0352851-2856)

Glavni istraživač: dr. sc. Slobodan Milošević, znanstveni savjetnik
Suradnici: dr. sc. Irena Labazan, znanstveni suradnik (do 15.01.2008.)
dipl. inž. Nikša Krstulović, znanstveni novak
dipl. inž. Zlatko Kregar, znanstveni novak (od 10.09.2008.)

Opis istraživanja

Hladne plazme (elektronska temperatura oko 1 eV, ionska blizu sobne) zanimljive su kako za fundamentalna istraživanja tako i različite tehnološke primjene. 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. Koristimo dvije vrste hladne plazme: induciranu laserima u procesu laserske ablacije i u radio-frekventnom induktivno vezanom izboju. Istraživanje je fokusirano prema procesima stvaranja različitih molekula koje bi mogle biti prekursori za stvaranje nanostrukture te prema različitim radikalima koji nastaju u kisikovim i vodikovim ili vodenim RF plazmama. Za karakterizaciju plazme koristimo i unaprijeđujemo laserske spektroskopske metode: lasersku spektroskopiju pomoću optičkog rezonatora (CRDS), laserom induciranu breakdown spektroskopiju (LIBS), optičku emisijsku spektroskopiju (OES) i masenu spektroskopiju na temelju vremena proleta (LA-TOF-MS). Simultana upotreba tih komplementarnih metoda omogućava nam napredak u karakterizaciji plazme.

U radu [1] detaljno je prikazana dijagnostika laserom inducirane plazme pomoću CRDS metode. U radovima [2-4], objavljenim u posebnom broju IEEE časopisa pokazana je uloga fotografije u istraživanjima plazme.

U narednim istraživanjima pažnja će biti posvećena proučavanju laserski inducirane plazme i još nedovoljno razjašnjenom procesu s dva usklađena laserska pulsa koji rezultira značajnim povećanjem proizvodnje čestica. U karakterizaciji kisikove plazme OES metoda će se razvijati u pravcu bolje prostorne i vremenske razlučivosti. Kod RF plazme najveći napredak se očekuje u primjeni CRDS metode u dodatku standardne optičke emisijske spektroskopije, čiji je razvoj započet. Također proučavat ćemo kombiniranje dviju plazmi što će, očekujemo, omogućiti nove optimizirane izvore molekula (nanostrukture) i lasersku kontrolu RF-plazme. U protekloj godini započet je i razvoj atmosferskih izvora plazme koje će biti karakterizirane OES i CRDS metodama.

Očekuju se nove primjene istraživanja plazme u stomatologiji, i obradi različitih materijala.

Dva rada su poslata u štampu i još nekoliko ih je u završnoj fazi pripreme. Pored toga, u sklopu dodiplomske nastave, napravljen je jedan diplomski rad i drugi započet.

Laser spectroscopy of cold plasma for treatment of materials

Cold plasmas are of interest both in fundamental research and for various technological applications. They are rich of radicals which gives contribution to their chemical activity and makes them as valuable sources of new molecular species and nano-particles and effective for surface treatment of various materials. To fully understand and control occurring plasma processes there is a need to characterize the plasma content. We study two types of cold plasmas: one induced by lasers through the process of Laser Ablation (LA) and the other by making the Radio-Frequency Inductively Coupled (RF-IC) discharge. We focus our research towards formation processes of polar molecules which are candidates for preparation as cold molecules, and various radicals formed in oxygen, hydrogen and water RF-plasmas. Simultaneous use of complementary laser techniques such as Cavity Ring-Down Spectroscopy, Laser Induced Breakdown Spectroscopy, optical emission spectroscopy (OES) and Laser Ablation Time of Flight Mass Spectrometry provide advances in Plasma characterization.

Reference 1 describes in details application of CRDS method for characterization of laser induced plasma. Journal papers [2-4] published in special issue of IEEE journal show the importance of imaging in studies of plasma.

In forthcoming studies we shall pay attention to laser induced plasma and still not fully understood problem of dual pulse ablation which results with few order of magnitude increase of signals. In order to characterize oxygen plasma OES method will be developed with better spatial and temporal resolution. With RF plasmas best advancement is expected in application of CRDS method as comparable to OES. In addition we plan to study combined laser induced plasma and RF plasma in order to enhance molecular production. We have also started to develop atmospheric plasma sources which will be characterized by CRDS and OES methods. We expect new application in dentistry and treatment of various materials, by both RF and laser induced plasma.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. N. Krstulović, N. Čutić, S. Milošević
Spatial and temporal probing of laser induced plasma plume by cavity ring-down spectroscopy
Spectrochimica Acta B **63** (2008) 1233-1239.

Radovi u posebnim brojevima CC časopisa

2. M. Mozetič, U. Cvelbar, A. Vesel, N. Krstulović and S. Milošević
Interaction of oxygen plasma with aluminium substrates
IEEE Transactions on Plasma Science, **36** (2008) 868-869.
3. N. Krstulović, N. Čutić and S. Milošević
Modeling of cavity ring-down spectroscopy characterization of laser induced plasma plume
IEEE Transactions on Plasma Science, **36** (2008) 1130-1131.

4. Z. Kregar, N. Krstulović, S. Milošević, K. Kenda, U. Cvelbar and M. Mozetič
Inductively coupled rf oxygen plasma studied by spatially resolved optical emission spectroscopy
IEEE Transactions on Plasma Science, **36** (2008) 1368-1369.

Radovi u zbornicima skupova

5. N. Glavan, N. Krstulović, Z. Kregar, S. Milošević
Low-pressure inductively coupled oxygen plasma loaded with acetone vapours studied by optical emission spectroscopy,
MIDEM Conference 2008 Proceedings, p. 235-238
6. Z. Kregar, N. Glavan, N. Krstulović, and S. Milošević
Spatial and Temporal OES Characterization of RF Inductively Coupled Plasma,
MIDEM Conference 2008 Proceedings, p. 219-222
7. N. Krstulović, S. Milošević
Characterization of Laser-Induced Plasma for Treatment of Materials,
MIDEM Conference 2008 Proceedings. p. 223-226

Ostali radovi

8. Z. Kregar,
Spektroskopska karakterizacija hladne plazme, diplomski rad
Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb 20.02.2008. 69 str., mentor S. Milošević
9. S. Milošević,
Plazma, svjetlost i spektroskopija
Zbornik Državni seminar za nastavnike i učitelje OŠ i SŠ, Zadar, 25-28.03.2008. 16 str., http://eskola.hfd.hr/susreti/Plazma_svjatlost_spektroskopija.pdf

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. Kregar, Zlatko; Glavan, Nataša; Krstulović, Nikša; Milošević, Slobodan
Spektroskopija radio-frekventne induktivno vezane plazme vode
15. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Zagreb, 2008.
(poster)
2. Kregar, Zlatko; Krstulović, Nikša; Milošević, Slobodan
Optical emission spectroscopy of inductively coupled RF hydrogen plasma,
Brijuni conference, Zagreb : Institut Ruđer Bošković, 2008.
(poster)
3. Krstulović, Nikša; Milat, Ognjen; Milošević, Slobodan
Tretman površine titana dvopulsnom laserskom ablacijom,
15. Međunarodni sastanak vakuumska znanost i tehnika, Zagreb, 2008.
(poster)
4. Krstulović, Nikša; Milošević, Slobodan
Cavity ring-down spectroscopy for atomic hydrogen beam characterization
Brijuni Conference, Zagreb: Institut Ruđer Bošković, 2008.

(poster)

5. Milošević, Slobodan; Kregar, Zlatko; Krstulović, Nikša; Kenda, Klemen, Cvelbar, Uroš; Mozetič, Miran
Space Resolved Optical Emission Spectroscopy of Inductively Coupled RF Water Plasma
19th ESCAMPIG, Madrid : European Physical Society, 2008.

(poster)

6. Dubček, Pavo; Pivac, Branko; Milošević, Slobodan; Krstulović, Nikša; Kregar, Zlatko
Pulsed laser ablation of GaAs using different pulse lengths
Debrecen : REXPO Kft., 2008.

(poster)

7. N. Krstulović, S. Milošević
Dual-pulse LIBS of Titanium
LIBS2008, Berlin, 5th International Conference on laser-induced Breakdown Spectroscopy, 22.-26. September 2008, Berlin, Adlershof, Germany.

(poster)

Sudjelovanje na stručnim skupovima

8. S. Milošević
Plazma, svjetlost i spektroskopija - radionica
Državni seminar za nastavnike i učitelje OŠ i SŠ, Zadar, 25-28.03.2008.

Međunarodna znanstvena suradnja

Projekti

1. Projekt razmjene: "Investigation of the electronic structure of diatomic molecules", prema protokolu HAZU i Poljske Akademije znanosti (2008-2010)

Neformalna suradnja

2. Tema: Karakterizacija plazme za obradu biokompatibilnih materijala Partner: Institut Jožef Stefan, Teslova 20, Ljubljana, Slovenija grupa M. Mozetiča,, nastavak hrvatsko-slovenskog projekta (2006-2007)

Sudjelovanje u nastavi

Poslijediplomska nastava

Slobodan Milošević,
Metode atomskih i molekularnih snopova (314), PMF, Zagreb

Predavanja i seminari

1. Slobodan Milošević
Plasma spectroscopy –atomic and molecular spectra, IJS, Ljubljana 13.03.2008.

2. Slobodan Milošević
Space and time resolved optical emission spectroscopy of inductively coupled RF water plasma,
IJS, Ljubljana 13.03.2008.
3. Slobodan Milošević
OES characterization of CF₄ plasma
IJS, Ljubljana 28.10.2008.

Ostalo

S. Milošević:

- *Vodena plazma*, predavanje na Festivalu znanosti, Tehnički muzej, Zagreb 24. travnja 2008.
- uređivanje web stranice e-škole Fizika: „Pročitali smo za vas“
- sudjelovanje u projektu AOO-a i e-škole „Znanstvenici u školama“ – 5 radionica „Plazma, svjetlost i spektroskopija“: OŠ grofa Janka Draškovića Vrapče, sekcija Istok, Zagreb, 23.09.2008, SŠ Vrbovec, 25.09.2008., OŠ Rapska, Zagreb 15.10.2008, 1. Tehnička škola Tesla 16.10.2008., XV. Gimnazija Zagreb 03.12.2008.
- TV emisija Veliki odmor 3.3.2008 (S.M. i P. Pervan, „Fizika sladoleda“, 15 min)
- dvije radio emisije o plazmi, Hrvatskog radija „Divni novi svijet“ na temu plazme i primjene, 06.10.2008. i 13.10.2008. (trideset minutne emisije).

S. Milošević, N. Krstulović. i Z. Kregar:

- Prva Sušačka Hrvatska Gimnazija u Rijeci (Plazma i spektroskopija,) – popularno predavanje i radionica, 19.11.2008.

FEMTOSEKUNDNA LASERSKA FIZIKA ATOMA I MOLEKULA (035-0352851-2857)

Glavni istraživač: dr. sc. Goran Pichler, znanstveni savjetnik

Suradnici: dr. sc. Hrvoje Skenderović, viši znanstveni suradnik
dr. sc. Ticijana Ban, viši znanstveni suradnik
dr. sc. Damir Aumiler, znanstveni suradnik (od 1.7.2008.)
dipl. inž. Silvije Vdović, znanstveni novak
dipl. inž. Nataša Vujičić, znanstveni novak
dipl. inž. Gordana Školnik, znanstveni novak (od 10.09.2008.)

Opis istraživanja

2008. godina obilježena je s nekoliko uspješnih eksperimenata i modeliranja fizikalnih problema. Objavili smo ukupno četiri rada, a nekoliko smo poslali u tisak. Započeli smo serijom mjerenja novom tehnikom FROG (Frequency Resolved Optical Gating), kojom se mjere efekti širenja femtosekundnih pulseva laserskog oscilatora kroz rezonantni i nerezonantni medij. U posljednje vrijeme promatrali smo interakciju frekventnog češlja dobivenog iz femtosekundnog fiber lasera s rubidijevim atomima.

Ticijana Ban je na UKF projektu (Unity through Knowledge Fund, My First Research Topic Grant (3A)) naslova "Proteassist: Protein Assisted DNA Monolayer Assembly" voditelj T. Vuletić, dobila važnu zadaću izgradnje i uspostavljanja nove tehnike na Institutu koja koristi femtosekundne lasere u svrhu istraživanja bio-molekula pomoću fluorescentne korelacione spektroskopije (FCS – fluorescence correlation spectroscopy).

Pored toga smo nastavili izgradnju magneto-optičke stupice, a budući da je odobren francusko-hrvatski projekt COGITO pod "Stvaranje ultrahladnih molekula femtosekundnim laserom" smatramo da je stvorena izvrsna podloga za budući rad.

D. Aumiler, T. Ban, N. Vujičić, S. Vdović, H. Skenderović, G. Pichler poslali su članak pod naslovom „*Simple method for the determination of the absolute frequencies of comb lines within the optical frequency comb spectrum*“. Silvije Vdović i Nataša Vujičić položili su sve ispite na doktorskom studiju, što će im omogućiti završavanje eksperimenata i pisanje doktorske disertacije.

Znanstvena aktivnost u 2008. g. obilježena je studijskim boravkom Damira Aumilera na *Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing, PR China*. U rujnu su Zagreb posjetili prof. A. Xia i prof. F. Kong, dok su s hrvatske strane Peking posjetili dr. T. Ban i dipl. inž. N. Vujičić koje su se u sklopu posjeta upoznale s tehnikom fluorescentne korelacijske spektroskopije (FCS). Iz ove suradnje potekao je zasada jedan znanstveni rad. Dr. Damir Aumiler je također poslao jedan rad, koji će uskoro izaći iz tiska: P. Lazić, D. Aumiler, B. Gumhalter: *Nonadiabatic quasiparticle dynamics in time resolved electron spectroscopies of surface bands*, Surface Science (Special Ertl Issue).

Osim toga T. Ban, D. Aumiler i G. Pichler napisali su pregledni rad pod naslovom: *Coherent accumulation effects in atoms excited by a train of femtosecond pulses*, što će biti poglavlje u knjizi *New Trends in Quantum Coherence and Nonlinear Optics*, Nova Science Publishers (2009). Dr. Hrvoje Skenderović je radio na četverovalnom miješanju

femtosekundnih laserskih snopova i o tome je izvjestio na internacionalnoj konferenciji u Beogradu, a potom je napisao znanstveni rad *Four Wave Mixing with femtosecond pulses*, koji je prihvaćen za tisak u *Physica Scripta* T.

Femtosecond laser physics of atoms and molecules 035-0352851-2857

The year 2008 was a working example of several useful experiments and models of physical problems in atomic and molecular physics. We published four scientific papers and several have been sent to publishers. We introduces FROG technique (Frequency Resolved Optical Gating), which enables the measurements in time and frequency of the femtosecond laser pulse propagation through the resonance medium, like rubidium vapor.

Ticijana Ban obtained within UKF project (Unity through Knowledge Fund, principal investigator T. Vuletić) a responsible task to build femtosecond laser method for the studies of bio-molecules by means of the fluorescence correlation spectroscopy (FCS).

Beside this we continued to construct magneto-optic trap (MOT), which goes well along with a new COGITO project (FR, D. Comparat-HR, T. Ban).

D. Aumiler, T. Ban, N. Vujičić, S. Vdović, H. Skenderović, G. Pichler sent a manuscript, „*Simple method for the determination of the absolute frequencies of comb lines within the optical frequency comb spectrum*“, which is now under the consideration. Silvije Vdović and Nataša Vujičić gave all their exams at the doctoral studies, which gave them important time to finish experiments and write the doctoral theses.

Damir Aumiler was most of the time in 2008 in the *Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing, PR China*. In September we had prof. A. Xia and prof. F. Kong, as visitors in Zagreb. Dr. T. Ban and dipl. inž. N. Vujičić visited Beijing and learned about fluorescence correlation spectroscopy (FCS). Dr. Damir Aumiler sent two manuscripts for publication, one with Beijing group and one with dr. B. Gumhalter.

T. Ban, D. Aumiler and G. Pichler wrote a review paper: Coherent accumulation effects in atoms excited by a train of femtosecond pulses, which is a chapter in a book, *New Trends in Quantum Coherence and Nonlinear Optics*, Nova Science Publishers (2009). Dr. Hrvoje Skenderović worked on four wave mixing of femtosecond laser beams and gave a talk at the international conference in Belgrade. The manuscript based on that talk, *Four Wave Mixing with Femtosecond Pulses*, has been accepted for publication in *Physica Scripta*.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. H. Skenderović, T. Ban, N. Vujičić, D. Aumiler, S. Vdović, and G. Pichler
Cone emission induced by femtosecond excitation in rubidium vapor
Phys. Rev. A **77**, 063816 (2008).
2. T. Varzhapetyan, A. Nersisyan, V. Babushkin, D. Sarkisyan, S. Vdović, G. Pichler
Study of atomic transition self-broadening and shift with the help of a nano-cell
J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **41**, 185004 (2008).

Ostali radovi

3. A. Knežević, Z. Tarle, G. Pichler, T. Ban, V. Negovetic Mandić

Temperature rise in Resin Composite Samples Polymerised with Different Curing Modes of LEDs

The Chinese Journal of Dental Research, **11**, 125 (2008).

4. A. Knežević, M. Ristić, Z. Tarle, G. Pichler, S. Musić
Degree of Conversion and Temperature Increase During Composite Polymerisation with LED Units of Different Intensity
Acta Stomatol Croat. **42**, 19 (2008).

Radovi u zbornicima skupova

5. S. Vdović, H. Skenderović, G. Školnik, T. Ban, N. Vujičić, D. Aumiler, G. Pichler
Near-resonant femtosecond laser induced cone emission from rubidium vapor
19th ICSSL p.360-362, AIP Conference Proceedings vol. 1058 American Institute of Physics (2008).
6. N. Vujičić, T. Ban, H. Skenderović, S. Vdović, G. Pichler
Two-Photon Frequency Comb Excitation of Rubidium Atoms in External Magnetic Field
19th ICSSL p. 181-183, AIP Conference Proceedings vol. 1058 American Institute of Physics (2008).

Diplomski radovi

7. Gordana Školnik
Koherentna spektroskopija femtosekundarnim frekventnim češljem
Voditelj: Ticijana Ban, Suvoditelj: Damir Veža, 2008.
8. Marina Marić
Fizika s laserskim pointerima: Michelsonov i Mach-Zehnderov interferometar
Voditelj: Goran Pichler, prosinac, 2008.

Popularno-znanstveni radovi

9. G. Pichler i I. Romštajn
Otkrivanje ekstrasolarnih planeta
Čovjek i Svemir, No. 2, 16-17, 2008.

Sudjelovanje na konferencijama

1. G. Pichler
Safirne kivete u laserskoj spektroskopiji
15. međunarodni sastanak "Vakuumska znanost i tehnika", Varaždin, 2008.
(predavanje)
2. G. Pichler
Spectroscopy of high pressure cesium discharge
39th Annual Meeting of the Division of Atomic, Molecular, and Optics Physics, Penn State, SAD, 2008.
(predavanje)
3. G. Pichler
Rubidium atomic hyperfine filter for amplitude manipulation of femtosecond frequency comb

- 39th Annual Meeting of the Division of Atomic, Molecular, and Optics Physics, Penn State, SAD, (2008).
(predavanje)
4. G. Pichler, Ein Gedi, Israel, Seminar on Ultrafast-Ultracold Processes, veljača, 2008.
(pozvano predavanje)
 5. G. Pichler
Modern Trends in Mathematics and Physics
Varna, Bugarska, rujan, 2008.
(pozvano predavanje)
 6. G. Školnik, N. Vujičić, T. Ban, S. Vdović and G. Pichler
Doppler-free spectroscopy of rubidium atoms placed in a magnetic field
EGAS, Graz, 02.07. - 05.07.2008.
(poster)
 7. D. Aumiler
The 3rd Annual Advanced Optical Methods Workshop, Shenzhen, Kina (2008)
(poster).
 8. N. Vujičić, T. Ban, H. Skenderović, S. Vdović, G. Pichler
Two-Photon Frequency Comb Excitation of Rubidium Atoms in External Magnetic Field
19th International Conference on Spectral Line Shapes, Valladolid, Španjolska 15.-20.6.2008.
(poster)
 9. S. Vdović, H. Skenderović, G. Školnik, T. Ban, N. Vujičić, D. Aumiler, G. Pichler
Near-resonant femtosecond laser induced cone emission from rubidium vapor
19th International Conference on Spectral Line Shapes, Valladolid, Španjolska 15.-20.6.2008.
(predavanje)
 10. T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderovic, S. Vdovic, N.Vujicic, G. Pichler
Cancellation of the coherent accumulation in rubidium atoms excited by a train of femtosecond pulses
Conference on Ultrafast Phenomena 2008, Stresa, Italy, (2008).
(poster)
 11. T. Ban
Nonlinear femtosecond laser microscopy
3rd Christmas Biophysics Workshop on Organized Molecular Systems, Donja Stubica, Croatia, 15.-16.12.2008.
(predavanje)
 12. H. Skenderović
Four Wave Mixing with femtosecond pulses
15th Central European Workshop on Quantum optics 2008, Belgrade, Serbia, (2008).
(pozvano predavanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

1. Suradnik na UKF projektu (Unity through Knowledge Fund, My First Research Topic Grant (3A)) naslova "Proteassist: Protein Assisted DNA Monolayer Assembly"

voditelj T. Vuletić, sa zadaćom izgradnje i uspostavljanja nove tehnike na Institutu koja koristi femtosekundne lasere u svrhu istraživanja bio-molekula (FCS – fluorescence correlation spectroscopy).

2. Prof. Dr. Theo Neger (Institute of Experimental Physics of Graz University of Technology) i Dr. Goran Pichler nositelji su Austrijsko-Hrvatskog bilateralnog projekta pod naslovom "Femtoseconds laser plasma diagnostics" na dvije godine, 2008-2009.

Neposredna suradnja

3. Prof. dr. sc. Zrinka Tarle, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Sudjelovanje u nastavi

1. Goran Pichler je izabran 18. studenog 2008. godine, u **naslovno nastavno zvanje profesora visoke škole**, Tehničko veleučilište u Zagrebu, za područje prirodnih znanosti, polje fizika, grana atomska i molekularna fizika, prema natječaju u Vjesniku, od 16. siječnja 2008. godine, a na temelju mišljenja Matičnog povjerenstva za područje tehničkih znanosti od 28. svibnja 2008. godine.
2. Nataša Vujičić je izabrana kao asistentica na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, kolegij *Optički senzori* (nositelj kolegija dr.sc. G. Pichler), gdje je održala i nastupno predavanje za zvanje asistenta, 21. veljače 2008. pod naslovom *Efekt sprezanja modova u femtosekundnim laserima na optička vlakna*.

Dodiplomska nastava

1. *Hrvoje Skenderović, Voditelj vježbi iz predmeta Fizika za inženjere biologije, ljetni semestar 2008, PMF Zagreb.*
2. Goran Pichler, Eksperimentalne metode atomske fizike (2467), IV godina fizike stručni smjer.
3. Goran Pichler, Seminar iz eksperimentalnih metode atomske fizike (2468), IV godina fizike stručni smjer.
4. Goran Pichler, Atomska fizika s optikom (2430), IV godina fizike nastavni smjer, PMF.
5. Nataša Vujičić, Elektrodinamika, vježbe III godina fizike, nastavni smjer, PMF.
6. Nataša Vujičić je asistentica na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, za kolegij *Optički senzori*.
7. Ticijana Ban, PMF, Fizički odsjek, Zagreb, Fizički praktikum za inženjere kemije, ljetni semestar 2007/2008., voditelj kolegija: prof. Kokanović.
8. Ticijana Ban, PMF, Fizički odsjek, Zagreb, Početni fizički praktikum I, zimski semestar 2008/2009, voditelj kolegija: prof. Požek.
9. Silvije Vdović, PMF, Fizički odsjek, Zagreb, Fizički praktikum I (profesorski smjerovi), ljetni semestar 2007/2008, voditelj kolegija: prof. G. Jerbić-Zorc.

Poslijediplomska nastava

10. G. Pichler, Atomska fizika i spektroskopija (303), PMF.

11. G. Pichler, Seminar iz atomske i molekularne fizike i astrofizike (305), PMF.
12. G. Pichler, Kvantna elektronika (ZFI04C1), FER.

Predavanja

1. H. Skenderović
DFWM and frequency comb spectroscopy
Graz, Technische Universität, svibanj 2008.
2. H. Skenderović
Mode locked laser interaction with rubidium atoms at room temperature
Trst, Elettra, srpanj 2008.
3. T. Ban
Femtosecond lasers: the passion for precision
Institute of Chemistry, The Chinese Academy of Sciences, Beijing, China,
23.12.2008.

Sudjelovanje u popularizaciji znanosti

1. Otvoreni dani Instituta za fiziku 2008., radionica „Fizika laserskih pokazivača“ (voditelji: Gordana Školnik i Goran Pichler).
2. N. Vujičić: Festival znanosti od 21. do 26. travnja 2008., s predavanjem „Što to laseri rade u biologiji“
3. H. Skenderović, Festival znanosti od 21. do 26. travnja 2008, Tehnički muzej, predavanje: „Kvantno računanje“.
4. T. Ban, Otvoreni dani Instituta za fiziku, predavanje pod naslovom “Kvantni kokteli“
5. T. Ban, Festival znanosti 21. do 26. travnja 2008, Tehnički muzej, radionica pod naslovom “Život jedne duge“.
6. T. Ban, Susreti nastavnika i znanstvenika, 25.-28. 03. 2008. Zadar, Hrvatska, radionica “Laseri u znanosti i tehnologiji“
7. T. Ban, znanstveno-popularna predavanja i radionice na temu izvora svjetlosti i lasera za profesore osnovnih i srednjih škola (Gimnazija Sisak, Tehnička Škola Karlovac, OŠ A.G. Matoš, Zagreb – simpozij za profesore osnovnih škola zagrebačkog područja, SŠ Tesla Zagreb – kolegij za profesore srednjih škola zagrebačkog područja, Institut za fiziku – kolegij za profesore osnovnih škola zagrebačkog ringa)

Ostalo

T. Ban:

- Voditelj velikog seminara na Institutu za fiziku.

G. Pichler:

- fellow of the American Physical Society
- Member of the Optical Society of America
- Deutsche Physikalische Gesellschaft, Mitglied
- Member of the Institute of Physics (IOP England)
- Member of IUPAP Commission C15 for Atomic and Molecular Physics

KRITIČNE POJAVE I SUSTAVI IZVAN RAVNOTEŽE (035-0000000-3187)

- Glavni istraživač:** dr. sc. Katarina Uzelac, znanstveni savjetnik
- Suradnici:** dr. sc. Ana Smontara, znanstveni savjetnik
dr. sc. Osor S. Barišić, znanstveni suradnik
dipl. inž. Ivan Balog, znanstveni novak
dipl. inž. Juraj Szavits-Nossan, znanstveni novak
- Vanjski suradnici:** dr. sc. Zvonko Glumac, Sveučilište *J. J. Strossmayer*, Osijek, docent

Opis istraživanja

Istraživanja su se odvijala u okviru nekoliko tema.

Neravnotežne pojave. U sklopu proučavanja faznih prijelaza u sustavima izvan ravnoteže, nastavljena je studija jednodimenzionalnog ASEP modela poopćenog na dugodosežne skokove. U radu [2] su numeričkim i hidrodinamičkim pristupom objašnjeni pripadni fazni dijagram i nova *scaling* svojstva, te je pokazano da dugodosežni efekti proširuju područje primjenljivosti aproksimacije srednjeg polja u ovom modelu. Studija je protegnuta na utjecaj jednog defekta unutar istog modela, koji može dovesti do separacije faza ovisno o parametru dugodosežnosti. Kao drugi tip neravnotežnog problema, proučavana relaksacija iz neuredjene faze na kritičnu točku kod ravnotežnog faznog prijelaza. U radu [1] su izvedena univerzalna *scaling* svojstva u ranim vremenima relaksacije za nekoliko slučajeva dugodosežnog Pottsovog modela, i dobiveni odgovarajući dinamički kritični eksponenti. Provedeni su i ekstenzivni računi u primjeni kratkovremenske dinamike na problem detekcije faznog prijelaza prvog reda u ovom modelu.

Nered, geometrijski aspekti faznih prijelaza. Korištenjem geometrijskih aspekata faznih prijelaza konstruiran je Monte Carlo algoritam za simulaciju faznog prijelaza koji pronalazi kritičnu točku na samoorganiziran način. Unatoč posebnoj dinamici on ispravno reproducira kanonsku raspodjelu, te može služiti i za račun kako magnetskih tako i temperaturnih kritičnih eksponenata. Preliminarna studija [3] proširena je detaljnom analizom preciznosti algoritma, posebice njegove dinamike i vremenskih autokorelacija (I. Balog, K. Uzelac). Algoritam je također primijenjen na problem zamrznutog nereda.

Nule particijske funkcije u kompleksnoj ravnini. Nule particijske funkcije u kompleksnoj ravnini varijable polja za Pottsov model cine znatno složenije konture od Yang-Leeovih kružnica u slučaju Isingovog modela. Proučavana je veza ovih nula i njihove gustoće sa singularnim ponašanjem Pottsovog modela na faznom prijelazu u 2. reda, te na kontinuiranom prijelazu u trikritičnoj točki u slučaju prijelaza prvog reda.

Niskodimenzionalni kvantni modeli. U suradnji s prof. Prelovšekom na Institutu Jožef Stefan istraživana su svojstva spinske i termalne vodljivosti za anizotropni Heisenbergov model lanca s jednom nečistoćom. Pokazano je kako za visoke temperature statična nečistoća dovodi do nekoherentnog transporta s dobro definiranim vremenom relaksacije, u suprotnosti s balističkim transportom za čisti sustav (O. S. Barišić, P. Prelovšek). U radu

[4] proučavana je priroda korelacija u metalnoj fazi kuprata vremenski ovisnim računom smetnje s pomoćnim česticama. Fononski učinci na termostruju [5] opisani su u sklopu širih istraživanja sustava Y-Al-Ni-Co koja se izvode u suradnji slovenskih i hrvatskih grupa, gdje je koordinator s hrvatske strane dr. sc. Ana Smontara.

Critical phenomena and systems out of equilibrium

Investigations included several topics. belonging both to statistical and condensed matter physics.

Nonequilibrium phenomena. We continued studies of phase transitions far from equilibrium, by investigating the the long-range generalisation of the one dimensional ASEP model. In ref. [2] we explain the corresponding phase diagram and the new scaling properties by combining numerical and hydrodynamic approach, and point out the vast regime of applicability of the mean-field approximation to this model [1]. We examined the effect of a single site impurity within the same model and found that a queuing transition sets on by varying the long-range parameter. As a different non equilibrium problem, we studied the relaxation from disordered phase to criticality in an equilibrium phase transition. In ref. [1] we derived universal scaling properties of the early time relaxation in several cases of the Potts model with long-range interactions. In extensive numerical studies we generalized this approach to detecting the onset of the first-order phase transition in this model.

Geometrical aspects of the phase transitions, disorder. Based on geometrical aspects of phase transitions, we proposed a Monte Carlo algorithm particularly useful in resolving self-averaging problems arising in numerical studies of phase transitions in quenched random systems. The algorithm locates the critical point through a self-organized process, but in spite of its peculiar dynamics it is capable to reproduce the correct canonical distribution and give both magnetic and temperature critical exponents with considerable precision. Preliminary study [3], was followed by a more detailed analysis of the algorithm, in particular of its precision, dynamics, related autocorrelation properties (I.Balog, K. Uzelać).

Partition function zeros. Partition function zeros in complex activity plane in the case of the Potts model form the contours that are more complicated than the Yang-Lee circles of the Ising model. We study the connection of these zeros and their density with various types of singularities occurring in this model.

Low dimensional quantum models. The collaboration with prof. Prelovšek at the Institute Jožef Stefan has been focused on properties of spin and energy transport in presence of a single impurity in the anisotropic Heisenberg chain (O. S. Barisic, P. Prelovsek). In particular, it has been found that in the high temperature limit a single static impurity induces an incoherent transport with a well defined current relaxation time, in contrast to the dissipationless transport in pure system. In collaboration with prof. Barišić in Zagreb [4], the time dependent perturbation theory with slave particles has been applied in order to identify the nature of correlations in the metallic phase of cuprates. The phonon-enhanced thermoelectric power has been studied [5] as a part of a broader investigation of Y-Al-Ni-Co by Slovenian and Croatian groups, the latter being coordinated by dr. sc. Ana Smontara.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. K. Uzelac, Z. Glumac, O.S. Barišić
Short-time dynamics in the 1D long-range Potts model
Eur. Phys. J. **B 63**, 101-108 (2008)
2. J. Szavits-Nossan, K. Uzelac
Scaling properties of the asymmetric exclusion process with long-range hopping
Phys. Rev. **E 77**, 051116 (2008)
3. I. Balog, K. Uzelac
Equilibrium-like extension of the Invaded Cluster algorithm
Phys. Rev. **E 77**, 050101(R) (2008)
4. O. S. Barišić, S. Barišić
Phase diagram of the Holstein polaron in one dimension
Eur. Phys. Jour. **B. 64**, 1-18 (2008)
5. Ana Smontara, I. Smiljanić, J. Ivkov, D. Stanić, O. S. Barišić, Z. Jagličić, P. Gille, M. Komelj, P. Jeglič, M. Bobnar, J. Dolinšek
Anisotropic magnetic, electrical, and thermal transport properties of the Y-Al-Ni-Co decagonal approximant
Phys. Rev. **B 78**, 104204 (2008)

Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

1. I. Balog, K. Uzelac
Equilibrium-like extension of the Invaded Cluster algorithm
MECO 33, 33rd Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics, Puchberg/Wels, Austria, 14 - 16 April 2008
(poster)
2. J. Szavits-Nossan, K. Uzelac
Scaling in the exclusion process with long-range hopping
MECO 33, 33rd Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics, Puchberg/Wels, Austria, 14 - 16 April 2008
(poster)
3. I. Balog
Equilibrium-like extension of the invaded cluster algorithm for the Potts model
"School on Stochastic Geometry, the Stochastic Loewner Evolution, and Non-Equilibrium Growth Processes", Trieste, Italy, 7-18 July 2008
(poster)
4. J. Szavits-Nossan
Scaling in the long-range ASEP model
Long-Range Interacting Systems, Summer School in Les Houches (France), 4-29 August 2008
(predavanje)

5. O. S. Barišić
A single impurity in a Heisenberg chain
NOMAG Meeting, Orsay, 11-12 December, 2008.
(predavanje)
6. O. S. Barišić
Workshop "Magnetic Heat transport", Dresden, 10 July 2008.
(sudjelovanje)

Međunarodna znanstvena suradnja

Neformalna

- 1 Niskodimenzionalni kvantni modeli
Prof. P. Prelovšek, Institut Jožef Stefan, dr. sc O. S. Barišić, Institut za fiziku.

Sudjelovanje u nastavi

Dodiplomska nastava

1. Katarina Uzelac
Napredna statistička fizika, 4.g. istraživački smjer, PMF Zagreb
2. Juraj Szavits-Nossan,
Vježbe iz kolegija Statistička fizika, 3.g. istraživački smjer, PMF Zagreb
3. Juraj Szavits-Nossan,
Vježbe iz kolegija Napredna statistička fizika, 4.g. istraživački studij, PMF Zagreb
4. Ivan Balog,
Vježbe kolegija osnove fizike čvrstog stanja, 4.g. profesorski studij, PMF Zagreb

Predavanja i seminari

1. O. S. Barišić
Low-frequency properties of Holstein polarons
Institut Jožef Stefan, Ljubljana, 10. ožujka 2008.
2. O. S. Barišić
Niskofrekventna svojstva Holsteinovih polarona i pripadajući fazni dijagram
Institut za fiziku, Zagreb, 30. listopada 2008.

Studijski boravci

1. O. S. Barišić
Poslijedoktorski boravak na Institutu Jozef Stefan, Odjel teorijske fizike, (od 1. travnja 2008. do 1. travnja 2009. godine).

Ostalo

Popularna predavanja

- Juraj Szavits-Nossan: Statistička fizika ljudskog ponašanja, JOtvoreni dani fizike, IFS, Zagreb
- Juraj Szavits-Nossan: Statistička fizika ljudskog ponašanja, Kolokvij društva matematičara i fizičara, Rijeka

Izgradnja računalnog grozda

- U 2008.g. na natječaju dobivena sredstva MZOS za obnovu računalne opreme omogućila su nabavu 6+1 dvoprosorskih HP servera od kojih je u okviru grupe konstruiran i stavljen u pogon novi računalni grozd kapaciteta 56 jezgri.

Katarina Uzelac

- Članstva: Societe Francaise de Physique, Americal Physical Society, HFD
- Recenzent: Physical Rreview Letters, Phys. Rev. E, Phys. Rev. B, J. Phys. A, Physics Letters, Physica A

Osor S. Barišić

- Recenzent: Phys. Rev. Lett., Phys. Rev. B

FIZIKA ATOMA I MOLEKULA U EKSTREMNIM UVJETIMA (035- 0352851-3213)

Glavni istraživač: dr. sc. Robert Beuc, znanstveni savjetnik
Suradnici: dr. sc. Mladen Movre, znanstveni savjetnik
dr. sc. Berislav Horvatić, znanstveni suradnik

Opis istraživanja

Detaljno je analizirana primjenjivost uniformnog asimptotskog pristupa na analitički rješivi Devdarianijev model koji poluklasično opisuje asimptotski zabranjene, sudarom inducirane kvazimolekulske optičke prijelaze. U tom modelu razlika kvazimolekulskih potencijalnih energija (“diferentni potencijal”) opisana je Morseovim potencijalom, a dipolni moment prijelaza eksponencijalnom funkcijom. Kritički su analizirani relevantni modeli poluklasične teorije spektra nastali u zadnjih četrdesetak godina. Posebna pažnja je posvećena slučaju “fold” katastrofe.

Analitički rješiv model koji poluklasično opisuje asimptotski zabranjene optičke prijelaze pretpostavlja ekponencijalnu ovisnost Rabijeve frekvencije, što omogućuje poopćenje fazne funkcije na kompleksne frekvencije. Istraženo je ponašanje Stokesovog diskontinuiteta vodećeg člana asimptotskog razvoja i usvojena je Berryjeva metoda za zaglađivanje tog diskontinuiteta. Analiziran je utjecaj najbliže stacionarne točke koja *ne leži* na putu integracije.

Aproksimativna metoda računanja profila spektralne linije, zasnovana na uniformnoj Airyjevoj aproksimaciji (R. Beuc & V. Horvatić 1992), izvorno je razvijena za asimptotski dozvoljene prijelaze, gdje se momenti prijelaza mogu barem donekle aproksimirati konstantnim vrijednostima. Pokazalo se da metoda daje vrlo dobre rezultate za konkretni analitički model, svuda osim u okolini središta spektralne linije koja je određena Weisskopfovom radijusom. Predložen je numerički vrlo efikasan poluklasični pristup računu spektara satelitskih duga. Navedena istraživanja također su rezultirala zaključkom da već koherentna kvazistatička aproksimacija ispravno opisuje veći dio spektra osim uskih područja u kojima postoje katastrofe. U slučaju „fold“ katastrofe problem je riješen uvođenjem funkcije korekcije zasnovane na Airy aproksimaciji karakterističnih integrala, a slučajevi „cusp“ katastrofe, te „fold“ katastrofe pri neadijabatskom miješanju molekulkih stanja, bit će predmetom budućih istraživanja.

Širenje i pomak spektralnih linija olova analizirani su u suradnji s projektom 035-0352851-2853. Konstante širenja i pomaka niza linija diskutirane su za različite teorijske i poluempirijske potencijale međudjelovanja atoma Pb i Ar/He: (i) van der Waals potencijal, $V(R) = - C_6 R^{-6}$; (ii) Lennard-Jones potencijal, $V(R) = C_{12}R^{-12} - C_6R^{-6}$; (iii) $V(R) = A\exp(-bR) - C_6R^{-6}$.

Udarno širenje rezonantnih linija alkalija pruža uvid u međuatomske međudjelovanje i teorijske modele atomskih sudara i izračunatih dalekodosežnih potencijala. Na primjeru $A^1\Sigma_u^+ Na_2$ potencijala pokazano je da se međudjelovanje spina i staze *ne može* zanemariti te da ga je potrebno uključiti u račun udarnih presjeka.

U suradnji sa dr. sc. Damirom Modrićem (Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu) nastavljena su istraživanja raspršenja svjetlosti u različitim vrstama papira. U tisku je rad: D. Modrić, S. Bolanča, and R. Beuc: *Monte Carlo modeling of light scattering in paper*, Journal of Imaging Science and Technology (IS&T), March/April 2009 issue.

Physics of atoms and molecules in extreme conditions

A detailed analysis was performed of the applicability of the uniform asymptotic approach to the analytically solvable Devdariani model which describes asymptotically forbidden but collisionally induced quasimolecular optical transitions in the framework of the semiclassical theory. In this model the difference of quasimolecular potential energies (“difference potential”) is described by the Morse potential and the transition dipole moment by an exponential. We undertook a critical analysis of the relevant models of the semiclassical spectral line shape theory that have emerged in the last four decades. Special attention was devoted to the fold catastrophe case.

The analytically solvable model that describes semiclassically the asymptotically forbidden optical transitions assumes the exponential dependence of the Rabi frequency, which enables the generalization of the phase function to include complex frequencies. We studied the behaviour of the Stokes discontinuity of the leading term of the asymptotic expansion and adopted Berry's method for smoothing this discontinuity. We analysed the influence of the closest stationary point lying *off* the integration path.

The approximate method for calculating spectral line profiles, based on the uniform Airy approximation (R. Beuc & V. Horvatić 1992), had been originally developed for asymptotically allowed transitions where the transition moments could be approximated by constant values to a certain degree. It turned out that the method yields very good results for the above analytical model as well, everywhere except in the neighbourhood of the line center determined by the Weisskopf radius. We proposed a numerically very efficient semiclassical approach for calculating satellite rainbow spectra. The studies also led to the conclusion that the coherent quasistatic approximation already gives a correct description of the spectrum but for the narrow regions containing catastrophes. In the case of a fold catastrophe the problem was solved by introducing the correction function based on the Airy approximation of the characteristic integrals, while the cases of the cusp catastrophe as well as of the fold catastrophe due to nonadiabatic mixing of molecular states will be the subject of further studies.

Broadening and shifts of spectral lines of lead were analysed in collaboration with the project 035-0352851-2853. The constants of line broadening and shifts of several lines were discussed for various model and semiempirical Pb-Ar and Pb-He interaction potentials: (i) van der Waals potential, $V(R) = -C_6 R^{-6}$; (ii) Lennard-Jones potential, $V(R) = C_{12} R^{-12} - C_6 R^{-6}$; (iii) $V(R) = A \exp(-bR) - C_6 R^{-6}$.

Impact broadening of the alkali resonant lines gives insight into interatomic interactions and theoretical models of atomic collisions and calculated long-range potentials. On the example of the $A^1\Sigma_u^+$ Na₂ potential we show that the spin-orbit interaction can *not* be neglected and should be included in the calculation of scattering cross sections.

In collaboration with dr. sc. Damir Modrić (Faculty of Graphic Arts, Univ. of Zagreb) we continued the study of light scattering in different kinds of paper. The following paper is in press: D. Modrić, S. Bolanča, and R. Beuc: *Monte Carlo modeling of light scattering in paper*, Journal of Imaging Science and Technology (IS&T), March/April 2009 issue.

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. V. Horvatić, D. Veža, M. Movre, K. Niemax and Č. Vadla
Foreign gas broadening and shift of the strongly "forbidden" lead line at 1278.9 nm
Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy **63** (2008) 652-656

Međunarodna znanstvena suradnja

Neformalna

1. Tema: *međuatomska međudjelovanja u alkalijskim dvoatomskim molekulama*
Dr. Olivier Dulieu, Orsay, Francuska

Domaća znanstvena suradnja

Neformalna

2. Tema: *raspršenje svjetla u papiru*
Dr.sc. Damir Modrić, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Sudjelovanje u nastavi

Dodiplomska nastava

1. Robert Beuc
Fizika, Studij fizioterapije, Zdravstveno veleučilište (ZVU)
2. Robert Beuc
Mentor diplomskog rada (ZVU); Tomislav Slukan, Primjena terapijskog ultrazvuka

Poslijediplomska nastava

3. Mladen Movre
Fizika hladnih sudara (PMF)
4. Robert Beuc
Teorija optičkih spektara dvoatomskih sustava (PMF)

Ostalo

Mladen Movre:

- Recenzija udžbenika i priručnika iz fizike za srednje škole.

ISTRAŽIVANJE OBLIKA I KINETIKE RASTA RAVNOTEŽNIH KRISTALA SUPERIONIJSKIH VODIČA (035-0352851-3215)

Glavni istraživač: dr. sc. Zlatko Vučić, znanstveni savjetnik

Suradnici: dr. sc. Davorin Lovrić, stručni savjetnik
dr. sc. Jadranko Gladić, stručni savjetnik

Opis istraživanja

Na facetiranim kristalima helija na mK temperaturama detektiran je novi način rasta nazvan eruptivnim. Koncept proboja energijske barijere za 2D nukleaciju na faceti osporen je temperaturnom ovisnosti probojnog kemijskog potencijala, koji, suprotno očekivanju, raste s povećanjem temperature. Iako je kristal u rastu klasični problem, objašnjenje anomalnog rasta kristala helija oslonjeno je na kvantne efekte. Pokazalo se nužnim naći drugi sustav koji se pri rastu ponaša eruptivno i to na temperaturama na kojima su kvantni efekti zanemarivi.

Kristali metal halkogenida, dakle i $\text{Cu}_{2-\delta}\text{Se}$, jedini su uz helijeve makroskopskih dimenzija (veći od mm) koji dovoljno brzo uravnotežuju perturbacije oblika. Zbog tog svojstva, pri neravnotežnom procesu kao što je rast, oblik kristala malo se razlikuje od ravnotežnog. Mi smo na bakar selenidu, superionskom vodiču, svojstava dovoljno sličnih kristalima helija, pri rastu na visokim temperaturama, pokušali opaziti eruptivni rast. Pratili smo kinetiku rasta faceta monokristala $\text{Cu}_{2-\delta}\text{Se}$ u uvjetima konstantnog dotoka Cu atoma, stalne temperature (~ 800 K) i stalnog tlaka para Se.

Pokazali smo da se tijekom rasta vremenska ovisnost visine facete (ili krutost površine) kao i veličine facete (ili energija stvaranja stepenice) interpretiraju preko eruptivnog mehanizma rasta (ref 1.). To je prvi puta da je pojava eruptivnog rasta opažena na nekom drugom kristalu osim helija. Još je intrigantnije da se on zbiva na visokim temperaturama, dakle bez kvantnih pojava. Potvrda da se radi o eruptivnom rastu uključuje *in situ* mjerenje izostanka rasta facete u trajanju od minute pa do preko sata, s rezolucijom boljom od nanometra. S tim ciljem usavršavamo metodu mjerenja napredovanja facete uporabom Michelsonovog interferometra u konceptu digitalne laserske interferometrije uz jaku računalnu podršku. Težimo postići dugovremensku (faznu) stabilnost 'nulte' interferometrijske slike. Poboljšanjem sustava nosača optičkih elemenata kao i veza među njima dosegnuta je zavidna stabilnost od 3 nm/h. Šum je idealno tipa $1/f$ s jasno izraženim i frekvencijski lokaliziranim doprinosom antivibracijskog stola ($f = 6$ Hz) koji je sveprisutan i lako otklonjiv filtriranjem. Kratkovremenski šum je subnanometarski reda 1 molekuskog sloja.

U nastavku razrade koncepta globalnog rasta kristalnih faceta izraženog pomoću nadkritično gušenog tjeranog harmoničkog oscilatora istražujemo mikroskopske mehanizme koji dominiraju disipacijom kinetičke energije facete odnosno koji su odgovorni za trenje.

U suradnji s kolegama s IMI-a implementirali smo osobni dozimetar radi mjerenja izloženosti operatora rendgenskom zračenju niskih doza pri interventnoj (angiografskoj) radiologiji (ref 2.).

Jedan od bogatih izvora znanja o rastu kristala jesu istraživanja kristala leda. Proučavanje eksperimentalnih i modelnih postignuća u tom području rezultiralo je preglednim tekstom koji je zbog svoje znanstvene aktualnosti i općekulturne zanimljivosti predstavljen na Festivalu znanosti u Rijeci (travanj) i 24. ljetnoj školi mladih fizičara u M. Lošnju (lipanj) kao i na IMI-u u Zagrebu (svibanj). Rad (30-tak stranica) objavljen je (za sada) u *on line* verziji i na stranicama E-škole i u Zborniku predavanja 24. ljetne škole mladih fizičara (ref 3.).

Shape and growth kinetics study of equilibrium crystals of superionic conductors

A new facet growth mode, burst-like mode, was detected on faceted helium crystals on mK temperatures. The concept of 2D nucleation energy barrier penetration on a facet is in contradiction with the found enhancement of the mean penetration potential with temperature. Although the growing crystal is a classical physics problem, quantum effects have been introduced in order to explain the anomalous helium crystals growth. It turned out that it is crucial to find another system which exhibits burst-like facet growth at temperatures on which the quantum effects are absent.

Metal chalcogenides crystals are the only ones, besides the helium crystals, of the macroscopic dimensions (larger than 1 mm) that equilibrate the perturbations of their shape fast enough. Owing to that property the crystal shape does not differ much from the equilibrium one during the nonequilibrium process such as crystal growth. We have tried to detect the burst-like growth mode on copper selenide crystals at high temperatures. This material, being a superionic conductor of the metal chalcogenides group has properties close enough to helium crystals. We have monitored the facet growth kinetics of the $\text{Cu}_2\text{-}\delta\text{Se}$ single crystals under the conditions of constant influx of Cu atoms, constant temperature (~ 800 K) and constant Se vapour pressure.

We have shown that the time dependence of the vertical facet growth (i.e. surface stiffness), as well as the facet area (i.e. step formation energy) may be interpreted in terms of the burst-like growth (ref 1.). This is the first detection of this phenomenon on a crystal other than helium. The fact that it happens at high temperatures, where the quantum effects are absent, is even more intriguing. The confirmation of the burst-like growth mode involves the *in situ* measurements of absence of facet advancement ranging from a minute to more than one hour with the resolution better than 1 nanometre. Therefore we improve the method of displacement detection by using the Michelson interferometer within the digital laser interferometry, with a strong computer support. We are seeking to achieve long lasting phase stability of the 'zero' interferometry image. By improving the system of optical elements holders, and their connections, we have achieved very high stability of 3 nm/h. The noise is of the 1/f type with pronounced and localised (in frequency) contribution of the antivibrational table ($f = 6$ Hz), which is always present and easy to filter out. The short term noise is of the subnanometre range of the order of 1 molecular layer.

In course of development of the concept of the global growth of crystal facets, expressed through the over damped driven harmonic oscillator we have investigated the microscopic mechanisms which dominate the dissipation of the facet kinetic energy, i.e. which govern the friction.

In collaboration with the colleagues from IMI, we have implemented the personal dosemeter for measuring the exposure of medical stuff to small, scattered X-ray radiation doses during the intervention (angiography) radiology procedures (ref 2.).

One of the rich sources of knowledge on crystal growth is the studies of the ice crystals. The study of experimental and model achievements in this area has resulted with a comprehensive review which has been presented, due to its scientific and general knowledge values, on Festival of Science in Rijeka (in April) and on the 24th Young Physicists Summer School in Mali Lošinj (in June), as well as on IMI in Zagreb (in May). This work (30 pages) has been published both online on the E-škola pages and in the Proceedings of the 24th Young Physicists Summer School (ref 3.).

Objavljeni radovi

Redovni radovi u CC časopisima

1. D. Lovrić, Z. Vučić, J. Gladić
Possible burst-like facet growth mode at high temperatures
Journal of Crystal Growth, **310** (2008) 3391-3397.
2. I. Prlić, M. Surić Mihić, Z. Vučić
Active electronic personal dosemeter in interventional radiology
Radiation Protection Dosimetry, Vol. **132**, No. 8 (2008) 308-312.

Ostali radovi

3. Z. Vučić
Fizika sniježnih kristala
pregledni rad 31 str., dostupan na internetskoj adresi u html verziji
http://eskola.hfd.hr/clanci/Fizika_snjeznih_kristala_Z_Vucic.pdf, kao i u Zborniku radova 24.ljetne škole mladih fizičara, Mali Lošinj lipanj 2008. (trenutno na internetskim stranicama Ljetne Škole HFDa, www.hfd.hr/ljskola), te u postupku tiskanja

Diplomski, magistarski i doktorski radovi

4. Z. Vučić
Suvoditelj inž. I. Prliću za izradu doktorske disertacije iz medicinske fizike pod naslovom: *'Istraživanje prostorno – vremenske raspodjele rendgenskog zračenja vrlo niskih doza pri dijagnostičkoj, terapijskoj i interventnoj radiologiji'*, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, Zagreb.

Znanstvena suradnja (domaća, formalna)

1. Z. Vučić
Suradnja s inž. I. Prlićem i M. Surić Mihić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, (022-0222882-2335) voditelj dr. sc. G. Marović, na razvoju profilometrijske metode za mjerenje 3D oblika te implementaciji osobnog dozimetra za mjerenje dinamike niskih doza rendgenskog ozračivanja profesionalnog osoblja pri interventnoj radiologiji.

Predavanja i seminari

1. Z. Vučić
Fizika snježnih kristala: Snježne pahuljice – ljepota; simetrija; kompleksnost
Festival znanosti 2008, Rijeka, 21 - 24. travnja 2008.
2. Z. Vučić
Fizika snježnih pahuljica
Kolokvij IMI-a pozvano predavanje, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb, 19. svibnja 2008
3. Z. Vučić
Fizika snježnih pahuljica
Predavanje na 24. ljetnoj školi mladih fizičara, Mali Lošinj, 27. lipnja 2008

Ostalo

- J. Gladić, službeno imenovana kontakt osoba na Institutu za fiziku za diseminaciju informacija o Okvirnim programima Europske unije za istraživanje i tehnološki razvoj. Sudjelovanje na *Radionici o natječaju Sedmog okvirnog programa za istraživanje i tehnološki razvoj FP7 radionici o Marie Curie Initial Training Network*, u organizaciji MZOŠa i Hrvatskog instituta za tehnologiju, održanoj 18. siječnja 2008. na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Ivana Lučića 5, Zagreb.
- D. Lovrić, u svojstvu službeno imenovanog urednika internetskih stranica (“web editora”) Instituta za fiziku radi na uređivanju tekstova.
- Z. Vučić, rad na razvoju autonomne, hidrografske i meteorološke sonde u okviru projekta e-škole HFD-a.
- Z. Vučić, član programskog odbora 1. radionice primijenjene i industrijske fizike pri Sekciji za PIF-a HFD-a, Zagreb, Institut za fiziku, 12. siječnja 2009.
- Z. Vučić, član UO HFD-a.

3. OSTALE AKTIVNOSTI

3.1 KNJIŽNICA

Bibliotekar: Marica Fučkar Marasović, prof., dipl. bibliotekar

Stručni suradnik: dr. sc. Vlasta Horvatić, viši znanstveni suradnik

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 tokom 2008. godine, nastavila svojom aktivnošću. Kompjutorska obrada monografskih publikacija u bazu LIBRI i periodike u bazu PERI u programu CDS/ISIS 3.7 provodi se dalje. Obraduje se tekuće godište i naknadno pronađene izgubljene publikacije. Obradeno je 3950 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.

Pretraživanje obiju baza svim je korisnicima dostupno putem mreže:

<http://www.ifs.hr/knjiznica/> i <http://knjiznice.szi.hr/?libid=19&task=nsi>

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 prošle godine dobio novoga sljednika 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. Obradena građa je poslana servisu koji obavlja implementiranje u Alef te se očekuje da bi sustav konačno proradio tokom 2009. godine.

Fond knjižnice

1. Knjige: 4658
2. Periodika (tekući naslovi): 83
3. Diplomatske radnje: 583
4. Magistarske radnje: 119
5. Disertacije: 100
6. Katalozi periodike: 24

Statistika izdanih informacija i posudba knjižnične građe

1. Posuđeni časopisi i knjige za izradu kopija: 192
2. Posuđene knjige: 55
3. Čitaonica - izdani časopisi: 320

4. Međuknjižnična posudba
 - a) zahtjevi putem pošte
 - primljenih zahtjeva: 32
 - upućenih zahtjeva 11
 - b) zahtjevi putem telefona ili osobno
 - primljenih zahtjeva: 56
 - upućenih zahtjeva 32

Korisnici

1. Znanstveno-istraživačko osoblje: 55
 2. Znanstveno-nastavno osoblje: 20
 3. Studenti: 420
 4. Ostali: 30
- Ukupno: 526

3.2 NAPREDOVANJE SURADNIKA

Izbori u znanstvena zvanja/na radna mjesta

- Dr. sc. Bojana Hamzić, znanstveni savjetnik II izbor
Dr. sc. Petar Pervan, znanstveni savjetnik II izbor
Dr. sc. Ana Smontara, znanstveni savjetnik I. izbor
Dr. sc. Katarina Uzelac, znanstveni savjetnik II izbor
Dr. sc. Damir Starešnić, viši znanstveni suradnik
Dr. sc. Damir Aumiler, znanstveni suradnik
Dr. sc. O.S. Barišić, znanstveni suradnik
Dr. sc. Ivica Živković, znanstveni suradnik
Dr. sc. Jadranko Gladić, stručni savjetnik
Dr. sc. Davorin Lovrić, stručni suradnik

3.3 SUDJELOVANJE U DODIPLOMSKOJ I POSLIJEDIPLOMSKOJ NASTAVI

Dodiplomska nastava

1. I. Jurić
Uvod u statističku fiziku (vježbe)
PMF, Zagreb (predavač Prof. dr. sc. Ivo Batistić)
2. K. Biljaković
Fizika šumskih požara (predavanja)
PMF, Split

3. D. Starešinić
Fizika šumskih požara (vježbe)
PMF, Split
4. M. Milun, P. Pervan
Kemija i fizika površina i nanostruktura
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
5. I. Pletikosić
Opća fizika (I-IV) (vježbe)
PMF, Zagreb
6. Đ. Drobac
Eksperimentalne metode fizike (magnetizam) (sudjeluje u izvedbi dijela kolegija)
PMF, Zagreb
7. M. Herak
Fizički praktikum (za kemičare)
PMF, Zagreb
8. I. Aviani
Računalo u pokusu
PMF, Zagreb
9. H. Skenderović
Fizika (vježbe, za inženjere biologije)
PMF, Zagreb
10. G. Pichler
Eksperimentalne metode atomske fizike
PMF, Zagreb
11. G. Pichler
Seminar iz eksperimentalnih metode atomske fizike
PMF, Zagreb
12. G. Pichler
Atomska fizika s optikom
PMF, Zagreb
13. N. Vujičić
Elektrodinamika (vježbe)
PMF, Zagreb
14. N. Vujičić
Optički senzori (asistent)
Tehničko veleučilište, Zagreb
15. T. Ban
Fizički praktikum (za inženjere kemije)
PMF, Zagreb (voditelj kolegija: prof. I. Kokanović)

16. T. Ban
Početni fizički praktikum I
PMF, Zagreb (voditelj kolegija: prof. Požek)
17. S. Vdović
Fizički praktikum I
PMF, Zagreb (voditelj kolegija: prof. G. Jerbić-Zorc)
18. K. Uzelac
Napredna statistička fizika
PMF, Zagreb
19. J. Szavits-Nossan
Statistička fizika (vježbe)
PMF, Zagreb
20. J. Szavits-Nossan
Napredna statistička fizika (vježbe)
PMF, Zagreb
21. I. Balog
Osnove fizike čvrstog stanja (vježbe)
PMF, Zagreb
22. R. Beuc
Fizika
Zdravstveno veleučilište (ZVU), Zagreb

Poslijediplomska nastava

1. E. Tutiš
Fizika poluvodiča
PMF, Zagreb
2. B. Gumhalter
Lokalizirani i dinamički procesi na površinama
PMF, Zagreb
3. M. Milun
Kemijska i fizikalna svojstva površina i nanostruktura
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
4. M. Milun
Nanotehnologije
PMF, Zagreb
5. N. Demoli
Optika i holografija
PMF, Zagreb
6. S. Milošević
Metode atomskih i molekularnih snopova
PMF, Zagreb

7. G. Pichler
Atomska fizika i spektroskopija
PMF, Zagreb
8. G. Pichler
Seminar iz atomske i molekularne fizike i astrofizike
PMF, Zagreb
9. G. Pichler
Kvantna elektronika
FER, Zagreb
10. M. Movre
Fizika hladnih sudara
PMF, Zagreb
11. R. Beuc
Teorija optičkih spektara dvoatomskih sustava
PMF, Zagreb

3.4 SEMINARI ODRŽANI NA INSTITUTU

1. 24.01.2008.
Pakiranje DNK s proteinima
Tomislav Vuletić, Institut za fiziku, Zagreb
2. 06.02.2008.
Experiments with magnetic colloids
Dušan Babić, University of Ljubljana, Faculty of Mathematics and Physics, Ljubljana, Slovenia
3. 07.02.2008.
Advanced Approach to Photomission Experiments on the Beamline APE @ Elettra
Ivana Vobornik, TASC National Laboratory, INFN-CNR, Trieste, Italy
4. 14.02.2008.
Novel States in Frustrated Antiferromagnets
Philippe Mendels, Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay Cedex, France
5. 03.04.2008.
The magic of laser ablation and the production, transport and measurement of very small particles
Kay Niemax, ISAS - Institute for Analytical Sciences, Dortmund, Germany
6. 16.04.2008.
Chemisorption of molecular hydrogen on carbon nanotubes: a route to the effective hydrogen storage?
Ante Bilić, Institute of High Performance Computing, Singapore

7. 17.04.2008.
Dynamics of electrons and holes in bulk metals and at surfaces: mechanisms of decay
Evgueni Vladimirovich Tchoukov, Departamento de Física de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, San Sebastián/Donostia, Basque Country, Spain
8. 18.04.2008.
Ordered phases of soft colloids
Primož Zihelr, Faculty of mathematics and physics, University of Ljubljana and Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia
9. 08.05.2008.
Neravnotežna svojstva jezgara vrtloga u supravodičima II vrste
Dinko Babić, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu
10. 12.05.2008.
How laser light affects atoms; A tutorial
Bruce W. Shore, Colloquium Editor of Reviews of Modern Physics, USA
11. 15.05.2008.
Advanced pulsed laser technologies (PLD and MAPLE) for synthesis of biomaterial nanostructures: applications to implantology
Ion N. Mihailescu, National Institute for Lasers, Plasma & Radiation Physics, Lasers Department, Bucharest-Magurele, Romania
12. 16.05.2008.
Nanostructured metal oxide thin films for optical gas sensing
Carmen Ristoscu, National Institute for Lasers, Plasma & Radiation Physics, Lasers Department, Bucharest-Magurele, Romania
13. 14.07.2008.
Electronic structure and dynamics of atom and superatom-surface complexes investigated by femtosecond time resolved photoemission and low temperature STM
Hrvoje Petek, University of Pittsburgh, Physics & Astronomy Department, Pittsburgh, USA
14. 04.09.2008.
Advances in Brain Imaging Technologies
Risto Ilmoniemi, Department of Biomedical Engineering and Computational Science, Helsinki University of Technology, Finland
15. 11.09.2008.
Determination of Dark Processes by means of ensemble and single molecule measurements
Andong Xia, State Key Laboratory of Molecular Reaction Dynamics, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
16. 16.09.2008.
Strong-coupling theory of high-temperature superconductivity
Sasha Alexandrov, Loughborough University, Loughborough, United Kingdom

17. 17.09.2008.
Dissociation of Molecules in the Strong Laser Fields
Fanao Kong, The Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
18. 30.10.2008.
Lavinske fotodiode kao detektori fotona
Mario Stipčević, Institut Ruđer Bošković
19. 20.11.2008.
New Composite Thermoelectric Materials for Energy Harvesting Applications
Mildred Dresselhaus, Institute Professor of Electrical Engineering and Physics, Massachusetts Institute of Technology, USA

3.5 KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI

1. D. Aumiler
12.10.07.-31.07.08. – Kina, post-doc
03.11.08.-16.01.09. – Kina, post-doc
2. I. Aviani
24.03.08.-30.03.08. – Engleska, znanstveni posjet
18.09.08.-01.10.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u i konferenciji
3. I. Bagarić
19.09.08.-01.10.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u i konferenciji
4. I. Balog
13.04.08.-17.04.08. – Austrija, sudjelovanje na konferenciji
07.07.08.-18.07.08. – Italija, sudjelovanje na ljetnoj školi
5. T. Ban
09.06.08.-13.06.08. – Italija, sudjelovanje na konferenciji
19.12.08.-02.01.09. – Kina, znanstveni posjet
6. O.S. Barišić
01.04.08.-31.07.08. – postdoktorsko istraživanje
7. K. Biljaković
04.07.08.-13.07.08. – Brazil, sudjelovanje na
14.07.08.-25.07.08. – USA, znanstveni posjet
23.08.08.-31.08.08. – Francuska, sudjelovanje na konferenciji
18.11.08.-06.12.08. – Francuska, studijski boravak
8. N. Demoli
15.01.08.-29.02.08. – Francuska, studijski boravak
07.04.08.-30.04.08. – Francuska, studijski boravak
23.10.08.-31.10.08. – USA, sudjelovanje na konferenciji
9. D. Dominko
07.07.08.-22.07.08. – Njemačka, znanstveni posjet
23.08.08.-31.08.08. – Francuska, sudjelovanje na konferenciji

10. M. Fučkar-Marasović
01.10.08.-04.10.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
11. B. Gumhalter
05.05.08.-09.05.09. – Španjolska, sudjelovanje na znanstvenom skupu
18.07.08.-26.07.08. – Njemačka, sudjelovanje na konferenciji
12. B. Hamzić
05.10.08.-11.10.08. – Korea, sudjelovanje na konferenciji
13. M. Herak
05.10.08.-18.10.08. – Italija, sudjelovanje na međunarodnoj školi
14. B. Horvatić
20.09.08.-26.09.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u
15. V. Horvatić
15.09.08.-15.11.08. – Njemačka, studijski boravak
16. T. Ivek
24.08.08.-30.08.08. – Francuska, sudjelovanje na konferenciji
05.10.08.-18.10.08. – Italija, znanstveni posjet
03.11.08.-30.12.08. – Njemačka, studijski boravak
17. M. Kralj
23.09.08.-02.10.08. – Italija, znanstveni posjet
14.10.08.-26.10.08. – SAD, znanstveni posjet
26.11.08.-01.12.08. – Italija, znanstveni posjet
18. N. Krstulović
21.09.08.-26.09.08. – Njemačka, sudjelovanje na konferenciji
19. O. Milat
29.08.08.-05.09.08. – Njemačka, sudjelovanje na kongresu
20. M. Milun
17.09.08.-22.09.08. – Makedonija, znanstveni posjet
23.09.08.-02.10.08. – Italija, znanstveni posjet
14.10.08.-26.10.08. – SAD, znanstveni posjet
21. S. Milošević
14.07.08.-21.07.08. – sudjelovanje na konferenciji
24.08.08.-29.08.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
05.10.08.-11.10.08. – Belgija, sudjelovanje na sastanku
22. M. Očko
24.08.08.-31.08.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u
01.09.08.-06.09.08. – Hrvatska, sudjelovanje kongresu
18.09.08.-01.10.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u i konferenciji
23. P. Pervan
27.07.08.-01.08.08. – UK, sudjelovanje na konferenciji
23.09.08.-02.10.08. – Italija, znanstveni posjet
14.10.08.-26.10.08. – SAD, znanstveni posjet
24. G. Pichler
24.02.08.-03.03.08. – Israel, sudjelovanje na Workshop-u

- 04.05.08.-10.05.08. – Austrija, znanstveni posjet
 20.05.08.-01.06.08. – SAD, znanstveni posjet
 25.08.08.-29.08.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
 04.09.08.-11.09.08. – Bugarska, sudjelovanje na konferenciji
 12.12.08.-24.12.08. – Francuska, studijski boravak
25. I. Pletikosić
 23.09.08.-02.10.08. – Italija, znanstveni posjet
 14.10.08.-26.10.08. – SAD, znanstveni posjet
 26.11.08.-01.12.08. – Italija, znanstveni posjet
26. K. Salamon
 18.12.08.-23.12.08. – Italija, radni posjet
27. H. Skenderović
 04.05.08.-10.05.08. – Austrija, znanstveni posjet
 29.05.08.-03.06.08. – Srbija i Crna Gora, sudjelovanje na Workshop-u
 28.11.08.-05.12.08. – Njemačka, znanstveni posjet
28. A. Smontara
 25.05.08.-31.05.08. – Slovenija, sudjelovanje na međunarodnoj školi
 06.07.08.-11.07.08. – Švicarska, sudjelovanje na konferenciji
29. M. Sobol
 19.09.08.-01.10.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u i konferenciji
30. D. Starešinić
 07.07.08.-22.07.08. – Njemačka, znanstveni posjet
 23.08.08.-31.08.08. – Francuska, sudjelovanje na konferenciji
 01.12.08.-15.12.08. – Francuska, znanstveni posjet
31. J. Szavits-Nossan
 13.04.08.-17.04.08. – Austrija, sudjelovanje na konferenciji
 04.08.08.-29.08.08. – Francuska, sudjelovanje na ljetnoj školi
32. K. Šariri
 06.04.08.-10.04.08. – Francuska, sudjelovanje na konferenciji
33. A. Šiber
 06.06.08.-13.06.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
34. S. Tomić
 26.03.08.-04.04.08. – Francuska, sudjelovanje na sastanku-znanstveni posjet
 21.05.08.-28.05.08. – Hrvatska, sudjelovanje na međunarodnom turniru mladih fizičara
 06.06.08.-13.06.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
 22.06.08.-28.06.08. – Hrvatska, sudjelovanje na ljetnoj školi mladih fizičara
35. E. Tutiš
 13.05.08.-28.05.08. – Švicarska, studijski boravak
 31.05.08.-02.07.08. – Švicarska, studijski boravak
 26.11.08.-11.12.08. – Francuska, studijski boravak
36. K. Uzelac
 13.04.08.-17.04.08. – Austrija, sudjelovanje na konferenciji

37. Č. Vadla
15.09.08.-15.11.08. – Njemačka, studijski boravak
38. S. Vdović
15.06.08.-20.06.08. – Španjolska, sudjelovanje na znanstvenom skupu
39. N. Vujičić
15.06.08.-20.06.08. – Španjolska, sudjelovanje na znanstvenom skupu
19.12.08.-02.01.09. – Kina, znanstveni posjet
40. T. Vuletić
08.05.08.-17.05.08. – Francuska, studijski boravak
07.06.08.-12.06.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
16.11.08.-06.12.08. – Francuska, studijski boravak
41. V. Zlatić
06.06.08.-13.06.08. – Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
14.06.08.-22.06.08. – Hrvatska, sudjelovanje na školi
14.07.08.-20.07.08. – Španjolska, sudjelovanje na Workshop-u
16.08.08.-08.09.08. – USA, sudjelovanje na Workshop-u
18.09.08.-02.10.08. – Hrvatska, sudjelovanje na Workshop-u i konferenciji
12.11.08.-19.11.08. – UK, znanstveni posjet
17.12.08.-24.12.08. – Austrija, znanstveni posjet
42. I. Živković
01.10.08.-31.12.08. – Švicarska, studijski boravak