

**INSTITUT ZA FIZIKU  
ZAGREB**

**GODIŠNJI IZVJEŠTAJ**

**2005**

**Bijenička cesta 46, 10000 Zagreb  
Tel: 4698888, Fax: 4698889  
ifs@ifs.hr, www.ifs.hr**



## Predgovor

Institut je svoju znanstvenu aktivnost u protekloj, 2005, godini provodio kroz 17 projekata znanstvenog programa "Fizika novih stanja materije", tri kolaborativna projekta, jedan tehnološki projekt, jedan COST projekt, jedan Framework 6 INCO STREP projekt i brojne bilateralne, međunarodne suradnje. Pored toga, Institut je radio na pet multimedijских pilot projekata. 35 profesionalnih fizičara zaposlenih na Institutu i 16 znanstvenih novaka objavilo je 54 znanstvena rada od čega 41 redovni u Current Contents (CC) časopisima. Produktivnost po fizičaru (uključivo i znanstvene novake) ostaje i dalje visoka: 0.8 za redovne CC radove i 1.1 za sve radove. Udio konferencijskih CC radova je vrlo malen što je rezultat unutrašnjih kriterija za napredovanje Instituta prema kojima se računaju jedino redovni CC radovi.

Institut je vrlo aktivno sudjelovao u Svjetskoj godini fizike pri čemu je posebno važno istaknuti Tjedan fizike kada su laboratoriji Instituta (zajedno sa Fizičkim zavodom PMFa i odgovarajućim laboratorijima Instituta Rudjer Bošković) bili tri dana otvoreni za škole i građanstvo.

U 2005. godini obilježili smo sto godina rođenja osnivača Instituta akademika Mladena Paića i tim povodom III krilo Instituta nazvali njegovim imenom, o čemu svjedoči postavljena spomen ploča.

U 2005. donesen je novi Statut i Pravilnik o dodatnim uvjetima za izbor na znanstvena i stručna radna mjesta. Oba dokumenta nalaze se na ulaznoj web stranici Instituta: [www.ifs.hr](http://www.ifs.hr).

Na slijedećih nekoliko stranica nalazi se prikaz misije i vizije Instituta za fiziku koji je nastao s jedne strane kao posljedica vlastite potrebe da definiramo razloge postojanja Instituta a s druge strane kao rezultat djelovanja vanjskih faktora, prije svega pojačane percepcije javnosti da se jedino na znanju temeljena društva mogu razvijati u skladu sa tempom kojeg nameću najrazvijenije zemlje svijeta. Temeljna ideja ovog dokumenta je da se rezultati vrhunskih znanstvenih istraživanja trebaju prezentirati kroz vrhunske znanstvene publikacije i pretakati u obrazovanje, prvenstveno kroz doktorske studije, i gdje god je to moguće, primjenu.

Ravnatelj

M. Milun

Predsjednik Znanstvenog vijeća

Čedomil Vadla







## **Misija i vizija Instituta za fiziku za razdoblje 1, 3 i 10 godina**

Misija Instituta:

1. Provođenje dugoročnih fundamentalnih i primijenjenih istraživanja unutar strateških prioriteta Republike Hrvatske na principu relevantnosti i izvrsnosti mjereno kriterijima najrazvijenijih zemalja.
2. Primjena dijela istraživanja kroz suradnju s privrednim subjektima i formiranje malih kompanija.
3. Intenzivno sudjelovanje u obrazovnom procesu, ponajprije kroz otvaranje prema potrebama svih sveučilišta u Hrvatskoj za obrazovanjem studenata na doktorskom nivou.

Pored toga, Institut dijelom svojih obaveza smatra i otvaranje prema najširoj javnosti putem otvorenih dana Instituta, suradnji sa školama i sudjelovanjem u aktivnostima strukovnih društava koja su okrenuta prema popularizaciji prirodnih znanosti i prezentaciji važnih istraživanja u fizici.

Polazne pretpostavke za definiranje vizije

Po sasvim konkretnim pokazateljima Institut za fiziku je uspio razviti međunarodno priznatu kompetitivnost i izvrsnost u nekoliko područja svojih djelatnosti. Tu se prvenstveno radi o rezultatima i kvaliteti znanstvenih istraživanja koja se mogu mjeriti objavljivanjem u kvalitetnim međunarodnim znanstvenim časopisima te njihovim znanstvenim odjekom. Tome su doprinijela tri bitna faktora: (i) postojanje jezgre međunarodno afirmiranih istraživača koji uspješno vode znanstvene projekte financirane od Ministarstva kao i brojne međunarodne projekte, (ii) suradnja Instituta sa svjetskom znanstvenom zajednicom što je također rezultiralo dodatnim financiranjem putem raznih projekata i vidova međunarodne suradnje, (iii) infrastruktura Instituta (laboratoriji, kapitalna i individualna znanstvena oprema, umreženi računalno-informacijski sustav, biblioteka, specijalizirane radione, itd.).

Znanstvena produktivnost po istraživaču je već godinama nešto iznad svjetskog prosjeka što je jedan od važnih pokazatelja opravdanosti uloženi sredstava. Uz to, značajno je prisutna i samogradnja instrumenata i znanstvene opreme, koja je već rezultirala i nekim komercijalnim izvedbama. Fokusiranost istraživačkih projekata Instituta na femto- bio-, nano-, i elektronska i strukturna istraživanja u četiri glavne grupe (Novi fenomeni u atomskoj, molekularnoj i optičkoj fizici, Kritični fenomeni i modeliranje kompleksnih sistema, Supervodljivost i magnetizam u kompleksnim sistemima, Nanostrukture) unutar objedinjenog programa istraživanja "Fizika novih stanja materije" omogućava širok i fleksibilan

pristup proučavanju različitih svojstava i strukture materije. Važan dio misije Instituta ostaje i nadalje u ovom području. No ovdje je važno spomenuti da je dugogodišnji istraživački rad rezultirao sinergičkim efektom koji se manifestira izvrsnošću i stupnjem ekspertnosti koja nadmašuje neposredne rezultate pojedinih istraživanja. Osim u obrazovanju novih znanstvenika (četvero mladih znanstvenika izabranih prošle godine na reformnska radna mjesta doktoriralo je u prosjeku s trideset godina, s otprilike 8-10 publiciranih CC-radova), postoji niz aktivnosti s ciljem da se dostignuti stupanj institutske ekspertnosti što šire implementira u društvu (neki od primjera su postojeći spin-off, e-škola fizike, institutski multimedijalni centar, sudjelovanje u nastavi i konzultantske usluge hrvatskim poduzećima.).

Detaljniji uvid u opis istraživačkih aktivnosti, objavljenih radova i tekućih međunarodnih suradnji nalazi se u ovom Izvještaju.

### Vizija za 3 godine

#### Znanstveni ciljevi

- a) Postići da svi segmenti istraživanja budu na fronti relevantnih znanstvenih područja.
- b) Postići da glavnina fundamentalnih istraživanja bude fokusirana i tehnološki motivirana.
- c) Postići visoki postotak razvoja novih eksperimentalnih uređaja i metoda.
- d) Primiti šest mladih doktora znanosti u stalni radni odnos u svrhu pomlađivanja

Kroz zahtjev za maksimalne performanse u znanstvenim istraživanjima dolazi se i do originalnih rješenja koja se u povoljnom slučaju mogu pretvoriti u spin-off aktivnosti.

#### Razvojni ciljevi

- e) Permanentno stvarati povoljno okruženje za inovacije i spin-off poduzeća.
- f) Stalno poticati rad na konkretnim tehnologijskim projektima. (HITRA, Framework 6, Framework 7 Evropske zajednice, i sl.).
- g) Nastaviti ugovornu suradnju s postojećim institutskim spin off-om.
- h) Značajno osnažiti ponudu niza malih proizvoda za nastavu u školama.
- i) Pokušati barem još jedan spin-off (interferometrija i holografija).
- j) Nastaviti suradnju s hrvatskim poduzećima u domeni konzultacija i sl.
- k) Uključivanje u razvojne projekte novih proizvoda i tehnologija hrvatskih poduzeća.

Suština ovih ciljeva je da inovacija nastaje kao produkt fundamentalnog istraživanja a da se komercijalizacija te inovacije odvija izvan Instituta po konceptu spin-off-a koji se pokazao efikasnim u institucijama slične vrste u



svijetu. Time se u Hrvatsku privredu unose novi proizvodi i nove tehnologije, dakle razvoj najviše kvalitete. Istovremeno, ovakav pristup osigurava veliku dodanu vrijednost na sredstva uložena u istraživanja.

#### Obrazovna djelatnost

- l) Postati bitnom sastavnicom poslijediplomskih i doktorskih studija u fizici hrvatskih sveučilišta.
- m) Uključiti se u Vladine i nevladine projekte e-obrazovanja (e-Hrvatska).
- n) Postići barem četiri doktorata godišnje i protočnost od barem četiri doktoranda godišnje.
- o) Uključiti se u procese cjeloživotnog obrazovanja u fizici.

#### Infrastrukturne pretpostavke

- p) Ostati proizvođački centar za ukapljeni helij i dušik.
- r) Postati regionalni centar za magnetizam i supervodljivost, mjerenja transportnih svojstava materijala, kriogeniku, fiziku lasera i ultrabrze spektroskopije i fiziku nanosistema.
- s) Nastaviti s modernizacijom mehaničke i elektroničke radionice.
- t) U suradnji sa znanstvenim institucijama, prvenstveno u neposrednom u okruženju (PMF i IRB), nastaviti rad na izgradnji infrastrukturne mreže znanstvene opreme sa ciljem optimalnog trošenja financijskih sredstava s jedne strane i optimalnog ispunjavanja potreba znanstvenih projekata s druge strane.

#### Monitoring

- u) Provesti međunarodnu evaluaciju znanstvenog rada Instituta.

#### Vizija za deset godina

Kroz deset godina Institut vidimo kao dinamičnu sredinu vrlo visoke znanstvene kvalitete duboko uključenu i funkcionalno integriranu u Evropsku istraživačku zajednicu sa brojnim znanstvenim i primijenjenim projektima vezanim uz hrvatske i međunarodne subjekte. Postojeća visoka kvaliteta Instituta omogućit će fleksibilno prilagođavanje istraživačkih interesa na dugoročne prioritete Republike Hrvatske koji će se u ovom razdoblju formulirati. Kroz cijeli period planiramo zapošljavanje mladih doktora znanosti budući da će krajem tog perioda veliki dio znanstvenog osoblja Instituta ispuniti uvjete za odlazak u mirovinu.

Isto tako, Institut vidimo duboko uključenog i funkcionalno integriranog u edukacijske procese na hrvatskim sveučilištima, prvenstveno kao važan dio infrastrukture koji omogućava odvijanje obrazovnog procesa po kriterijima bolonjskog procesa i to prije svega u dijelu stjecanja doktorata.

Institut će, nadamo se, imati intenzivnu suradnju sa razvojnim sektorima kompetitivnih kompanija u neposrednom okruženju.

Vjerujemo da će se kroz taj period formirati još nekoliko spin-off kompanija i da će neke od njih preživjeti.

#### Strateška istraživanja

Institut je prijavio 5 programa i jedan samostalni projekt strateških istraživanja za slijedećih 5 godina. Ocjene tih prijedloga bit će poznate polovinom 2006. godine. Do tada se istraživanja nastavljaju kroz program

#### Fizika novih stanja materije

sa 17 projekata kroz 4 strateška fokusa:

Novi fenomeni u atomskoj, molekularnoj i optičkoj fizici,  
Kritični fenomeni i modeliranje kompleksnih sistema,  
Supervodljivost i magnetizam u kompleksnim sistemima i  
Nanostrukture.

Ovaj program, kao i predloženi programi, odražava orijentaciju Instituta prema istraživanjima vezanim za strateško opredjeljenje Hrvatske da se na principima izvrsnosti i relevantnosti transformira u modernu, u Evropu integriranu razvijenu državu čiji se razvoj temelji na znanju, primjeni tog znanja u obrazovnim i proizvodnim procesima i kompetitivnosti na najvišoj razini.

Sam Institut je već duboko integriran u mrežu znanstvenih institucija u svijetu kroz 22 formalne i 28 neformalnih suradnji (popis je dan u priloženom Annual Report 2003). U Evropi Institut redovno surađuje sa znanstvenim institucijama u Augsburgu, Berlinu, Bochumu, Bonnu, Dortmundu, Göttingenu, Grazu, Grenobleu, Laussannei, Ljubljani, Münchenu, Parizu, Parmi, San Sebastianu, Strasbourgu, Stuttgartu, Trstu, Warwicku i Zürichu. U protekloj godini su takve suradnje rezultirale sa 44 zajedničke publikacije (od ukupno 66 objavljene s adresom Instituta za fiziku) pri čemu je veliki dio istraživanja obavljen u laboratorijima i grupama Instituta za fiziku.

Najveći dio istraživanja koja se odvijaju unutar programa odnosi se na nove materijale i nove metodologije i tehnike koje imaju moguću vrijednost u znanstvenim istraživanjima, mjeriteljstvu, medicini, detekciji tragova, itd. Primijenjena istraživanja moguće je grupirati u tri cjeline: Laseri u primjeni, Optika u primjeni i Uređaji i tehnologije.

# **1. STRUKTURA INSTITUTA**

## **1.1. ORGANI INSTITUTA**

Prof.dr.sc. Dario Vretenar, profesor PMF-a, predsjednik  
Prof.dr.sc. Emil Babić, profesor PMF-a, član  
Dr.sc. Katica Biljaković, znanstveni savjetnik, član  
Dr.sc. Đuro Drobac, viši znanstveni suradnik, predstavnik  
zaposlenika

### **Ravnatelj:**

Dr.sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik

### **Pomoćnici ravnatelja:**

Dr.sc. Robert Beuc, viši znanstveni suradnik  
Dr.sc. Petar Pervan, viši znanstveni suradnik

### **Predsjednik Znanstvenog vijeća:**

Dr.sc. Goran Pichler, znanstveni savjetnik, do 14.4.2005  
Dr.sc. Čedomil Vadla, znanstveni savjetnik, od 14.4.2005

## **1.2. POPIS DJELATNIKA INSTITUTA (po radnim mjestima)**

### **Znanstvenici i istraživači:**

1. Ivica Aviani, dr.sc. - znanstveni suradnik
2. Ticijana Ban, dr.sc. - znanstveni suradnik
3. Robert Beuc, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
4. Katica Biljaković, dr.sc. - znanstveni savjetnik I
5. Nazif Demoli, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
6. Đuro Drobac, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
7. Jadranko Gladić, dr.sc. - stručni suradnik II
8. Branko Gumhalter, dr.sc. - znanstveni savjetnik II
9. Bojana Hamzić, dr.sc. - znanstveni savjetnik I
10. Berislav Horvatić, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
11. Vlasta Horvatić, dr.sc. - viši znanstveni suradnik

12. Jovica Ivkov, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
13. Labazan Irena, dr.sc. - znanstveni suradnik
14. Davorin Lovrić, dr.sc. - znanstveni suradnik
15. Jagoda Lukatela, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
16. Željko Marohnić, dr.sc. - znanstveni suradnik
17. Ognjen Milat, dr.sc. - znanstveni savjetnik I
18. Slobodan Milošević, dr.sc. - znanstveni savjetnik II
19. Milorad Milun, dr.sc. - znanstveni savjetnik II
20. Marko Miljak, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
21. Mladen Movre, dr.sc. - znanstveni savjetnik II
22. Miroslav Očko, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
23. Petar Pervan, dr.sc. - znanstveni savjetnik I
24. Goran Pichler, dr.sc. - znanstveni savjetnik II
25. Mladen Prester, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
26. Hrvoje Skenderović, dr.sc. - znanstveni suradnik
27. Ana Smontara, dr.sc. - viši znanstveni suradnik
28. Damir Starešinić, dr.sc. - znanstveni suradnik
29. Krešimir Šaub, dipl.inž. - stručni suradnik II
30. Antonio Šiber, dr.sc. - 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 I
34. Čedomil Vadla, dr.sc. - znanstveni savjetnik I
35. Zlatko Vučić, dr.sc. - znanstveni savjetnik I
36. Veljko Zlatić, dr.sc. - znanstveni savjetnik II

#### **Znanstveni novaci:**

1. Damir Aumiler, dipl.inž.
2. Ivan Balog, dipl.inž.
3. Osor Slaven Barišić, mr.sc.
4. Mirta Herak, dipl.inž.
5. Tomislav Ivek, dipl.inž.
6. Sanja Krajinović, prof. fizike
7. Marko Kralj, dr.sc.
8. Nikša Krstulović, dipl.inž.
9. Ivo Pletikosić, dipl.inž.
10. Krešimir Salamon, dipl.inž.
11. Igor Smiljanić, dipl.inž.
12. Kristina Šariri, dipl.inž.
13. Željko Šimek, prof. fizike
14. Silvije Vdović, dipl.inž.
15. Tomislav Vuletić, dr.sc.
16. Ivica Živković, dipl.inž.

### **Tehničari:**

1. Krešimir Drvodelić - tehnički suradnik
2. Branko Kiš - viši tehničar
3. Marjan Marukić - viši tehničar
4. Josip Pogačić - viši tehničar
5. Žarko Vidović - tehnički suradnik
6. Alan Vojnović - viši tehničar
7. Milan Vukelić - tehnički suradnik

### **Opći i zajednički poslovi:**

1. Mladen Bakale - ekonom
2. Ivanka Bakmaz - računovodstveni referent-  
financijski knjigovođa
3. Golubica Begić - radno mjesto IV vrste
4. Jospi Đuričić - tehnički suradnik, od  
01.05.2005.
5. Marica Fučkar-Marasović, prof. – voditelj odjeljka I vrste
6. Željko Kneklin, dipl.oec. - viši stručni savjetnik  
ekonomske struke
7. Nevenka Kralj - računovodstveni referent-  
financijski knjigovođa
8. Gordana Lončarević - radno mjesto IV vrste
9. Vesna Lončarević - radno mjesto IV vrste
10. Darko Oštarčević - radno mjesto IV vrste
11. Jadranka Rajić, dipl. pravnik - voditelj odjeljka I vrste
12. Željko Rogin - tehnički suradnik
13. Marija Sobol - upravni referent
14. Nataša Šuput - radno mjesto IV vrste
15. Joško Udiljak - stručni suradnik, do  
20.03.2005.
16. Draženka Zajec - radno mjesto IV vrste

Ukupno 74 zaposlenika.



## **2. IZVJEŠTAJI O RADU NA PROGRAMU TRAJNE ISTRAŽIVAČKE DJELATNOSTI**

"Fizika novih stanja materije" (00350)

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

1. Analitička spektroskopija i optička svojstva materija (0035001)  
Glavni istraživač: dr.sc. Čedomil Vadla, znanstveni savjetnik
2. Femtosekundna laserska spektroskopija i ultrahladne molekule (0035002)  
Glavni istraživač: dr.sc. Goran Pichler, znanstveni savjetnik
3. Laserska priprema, upravljanje i spektroskopija novih molekula (0035003)  
Glavni istraživač: dr.sc. Slobodan Milošević, znanstveni savjetnik
4. Teorijski aspekti hladni sudara (0035004)  
Glavni istraživač: dr.sc. Mladen Movre, znanstveni savjetnik
5. Optičko filtriranje, interferometrija i holografija (0035005)  
Glavni istraživač: dr.sc. Nazif Demoli, viši znanstveni suradnik
6. Rast i morfologija kristala ravnotežnog oblika površine (0035006)  
Glavni istraživač: dr.sc. Zlatko Vučić, znanstveni savjetnik
7. Teorija kritičnih pojava i modeliranje u sustavima mnoštva čestica (0035007)  
Glavni istraživač: dr.sc. Katarina Uzelac, znanstveni savjetnik
8. Elektronska i strukturna svojstva slitina i intermetalika (0035008)  
Glavni istraživač: dr.sc. Jagoda Lukatela, viši znanstveni suradnik
9. Magnetizam i supravodljivost kompleksnih oksida prijelaznih metala (0035009)  
Glavni istraživač: dr.sc. Mladen Prester, viši znanstveni suradnik

10. Transport i termodinamika novih materijala s elektronski korelacijama (0035010)  
Glavni istraživač: dr.sc. Veljko Zlatić, znanstveni savjetnik
11. Svojstva jako koreliranih metala od interesa za primjenu (0035011)  
Glavni istraživač: dr.sc. Miroslav Očko, viši znanstveni suradnik
12. Nanostrukturne modulacije kompozitnih kristala i materijala (0035012)  
Glavni istraživač: dr.sc. Ognjen Milat, znanstveni savjetnik
13. Toplinska svojstva specifično uređenih sustava (0035013)  
Glavni istraživač: dr.sc. Ana Smontara, viši znanstveni suradnik
14. Kompleksni sistemi: staklo modularane faze i pobuđenja (0035014)  
Glavni istraživač: dr.sc. Katica Biljaković, znanstveni savjetnik
15. Sistemi reducirane dimenzionalnosti: od organskih sintetskih do biomaterijala (0035015)  
Glavni istraživač: dr.sc. Silvia Tomić, znanstveni savjetnik
16. Elektronska svojstva nano-strukturiranih materijala i površina (0035016)  
Glavni istraživač: dr.sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik
17. Modeliranje svojstava mikro- i nano-strukturiranih površina (0035017)  
Glavni istraživač: dr.sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik



# ANALITIČKA SPEKTROSKOPIJA I OPTIČKA SVOJSTVA MATERIJALA (0035001)

Glavni istraživač: dr.sc. Čedomil Vadla, znanstveni savjetnik

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

## Opis istraživanja

Teorijski i eksperimentalno istraživani su  $K_2$  molekularni spektri u području valnih duljina od 550 do 1100 nm i temperatura od 650 do 1100 K. Semiklasične teorijske simulacije spektara provedene su korištenjem najnovijih podataka o potencijalnim krivuljama i relevantnim diplnim momentima za  $K(4s)+K(4s)$  i  $K(4s)+K(4p)$  sustave. Odgovarajući spektri mjereni su pomoću prostorno razlučive apsorpcijske metode u temperaturno nehomogenim gustim kalijevim parama. Teorijskim i eksperimentalnim rezultatima potvrđeno je da su reducirani koeficijenti kalijevih difuznih vrpca na 575, 721.5 i 1095 nm praktički neovisni o temperaturi u mjerenom temperaturnom području, a dobivene apsolutne vrijednosti njihovih reduciranih apsorpcijskih koeficijenata omogućuju jednostavno i pouzdano određivanje koncentracije kalija u gustim parama<sup>1</sup>.

Postignuto je značajno poboljšanje kvantne učinkovitosti rezonantno-fluorescentnog detektora baziranog na ceziju putem pojačanja prijelaza u određenom kanalu ekscitacijske sheme. Ispitivan je utjecaj Cs-Ar i Cs-He sudarnog miješanja između Cs 6d i Cs 7p stanja na kvantnu učinkovitost u slučaju radne sheme  $6s \rightarrow 6d \rightarrow 7p \rightarrow 6s$  pomoću fluorescentnih mjerenja na relevantnim prijelazima. Ustanovljeno je da sudarno miješanje uzrokovano argonom ima vrlo mali utjecaj na povećanje fluorescentnog odziva i kvantne učinkovitosti u odnosu na situaciju u čistom ceziju. Međutim, ustanovljeno je da se već kod umjereno visokih tlakova helija postiže otprilike 35 puta veća učinkovitost rezonantno-fluorescentnog detektora<sup>2</sup>. Metodom fluorescencije izmjereni su udarni presjeci za prijenos energije pobude u procesima  $Cs(6d) \rightarrow Cs(7p_{1/2})$  i  $Cs(6d) \rightarrow Cs(7p_{1/2})$  te  $Cs(6d_{5/2}) \rightarrow Cs(6d_{3/2})$  uslijed sudara s atomima helija i argona u području temperatura između 333 i 367 K. Dobivene vrijednosti za prva dva procesa su konzistentne s rezultatima koji su dobiveni na

višim temperaturama i bili prethodno objavljeni. Podaci za treći proces vrlo dobro se uklapaju u opću sliku ovisnosti udarnih presjeka za intramultipletni prijenos energije pobude u ceziju uslijed sudara s argonom i helijem<sup>3</sup>.

## **Analytical spectroscopy and optical properties of materials**

The  $K_2$  molecular spectra have been theoretically and experimentally investigated in the wavelength range between 550 nm and 1100 nm and at the temperatures between 650 and 1100 K. Semiclassical theoretical simulations were performed using the most recent data for the potential curves for the  $K(4S)+K(4S)$  i  $K(4S)+K(4P)$  systems and the relevant dipole transition moments. The measurements of the corresponding spectra were performed by a spatially resolved absorption method in an inhomogeneous overheated potassium vapor. Both theoretical and experimental investigations confirmed that the reduced absorption coefficients of the potassium diffuse triplet bands at 575 nm, 721.5 nm and 1095 nm are practically independent of temperature in a wide temperature range. The obtained data for the reduced absorption coefficients of these bands enable a simple and accurate determination of potassium atom number density in dense potassium vapor<sup>1</sup>.

Quantum efficiency improvement of a cesium based resonance fluorescence detector was achieved by enhancing the transfer in a particular channel of the excitation scheme. The influence of Cs-Ar and Cs-He collisional mixing between the 6d and 7p states in cesium on the quantum efficiency of the  $6s \rightarrow 6d \rightarrow 7p \rightarrow 6s$  working scheme was investigated by fluorescence measurements at relevant transitions. Ar-induced collisional mixing was found to have little effect on the fluorescence response and quantum efficiency in comparison with the situation in the pure cesium vapor. However, a 35 fold quantum efficiency increase in the cesium fluorescence detector response at only moderate He pressures was observed<sup>2</sup>. The cross sections for collisional excitation transfer for the processes  $Cs(6d) \rightarrow Cs(7p_{1/2})$ ,  $Cs(6d) \rightarrow Cs(7p_{3/2})$  and  $Cs(6d_{5/2}) \rightarrow Cs(6d_{3/2})$  due to collisions with helium and argon atoms at temperatures in the range between 333 K and 367 K were determined using atomic fluorescence. The obtained data for the first two processes are consistent with the results obtained at higher temperatures and reported previously. The data for the third process were found to fit

very well into the existing body of cross-section data for intra-multiplet mixing in cesium induced by collisions with helium and argon.

### **Objavljeni radovi:**

#### **redovni u CC-časopisima**

1. C. Vadla, R. Beuc, V. Horvatic, M. Movre, A. Quentmeier, K. Niemax: Comparison of theoretical and experimental red and infrared absorption spectra in overheated potassium vapour, *Eur. Phys. J. D.* DOI:10.1140/epjd/e2005-00241-3 (2005)
2. T. L. Corell, V. Horvatic, N. Omenetto, C. Vadla, J. D. Winefordner: Quantum efficiency improvement of a cesium based resonance fluorescence detector by helium-induced collisional excitation energy transfer, *Spectrochimica Acta Part B* 60, 765-774 (2005)
3. T. L. Corell, V. Horvatic, N. Omenetto, J. D. Winefordner, C. Vadla: Experimental evaluation of the cross sections for the Cs (6D)  $\rightarrow$  Cs(7P<sub>J</sub>) and Cs (6D<sub>5/2</sub>)  $\rightarrow$  Cs(6D<sub>3/2</sub>) collisional transfer processes induced by He and Ar, *Spectrochimica Acta Part B*, DOI:10.1016/j.sab.2005.08.002 (2005)

#### **Neposredna međunarodna znanstvena suradnja**

Prof. dr. Kay Niemax, Institute of analytical sciences (ISAS- prije: Institut fuer Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie), Dortmund, BRD, Untersuchung der Satelitenstrukturen von Rydberg Linien in dichten Alkalidaempfen.

Prof. dr N. Omenetto, Department of Chemistry, University of Florida, Gainesville, FL USA, Resonance fluorescence imaging detectors.

#### **Ostale aktivnosti**

Dr. Vlasta Horvatić - tajnica Hrvatskog fizikalnog društva.



# **FEMTOSEKUNDNA LASERSKA SPEKTROSKOPIJA I ULTRAHLADNE MOLEKULE (0035002)**

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

Suradnici: Dr. sc. Hrvoje Skenderović, znanstveni suradnik  
Dr. sc. Ticijana Ban, znanstvena suradnica  
Dipl. Inž. Damir Aumiler, asistent  
Dipl. Inž. Silvije Vdović, asistent

## **Opis istraživanja:**

U protekloj godini nastavili smo s radom u laboratoriju s femtosekundnim laserima odakle su potekli zanimljivi radovi od kojih posebno ističemo prvi (1), objavljen u prestižnom časopisu Physical Review Letters. Ovaj rad opisuje početak naših posve novih istraživanja u području interakcije atoma s frekventim češljem iz femtosekundnog laserskog oscilatora. Važno je napomenuti da smo uspjeli pokazati da se utjecajem ultrakratkih pulseva s visokim ponavljanjem (80 MHz) pojavljuju efekti akumuliranja, što se posebno odražava na naseljenost osnovnih razina atoma rascijepljenih hiperfinom interakcijom. Uočili smo utjecaj visoke repeticije na Dopplerov oblik rezonantnih spektralnih linija, što u krajnjoj liniji može imati za posljedicu razvoj novih metoda hlađenja atoma i možda novi aspekt kod kvantnog računanja.

U radu pod (2) obradili smo teorijski i eksperimentalno apsorpcijski spektar Na-K-He mješavine, s posebnim osvrtom na NaK molekularne vrpce.

U radu pod (3) smo eksperimentalno obradili pojavu konusne emisije u vrlo gustim parama cezija kada se femtosekundni laserski oscilator postavi na 750 nm.

U radu (5) je demonstrirana tehnika četvorovalnog miješanja s ultrakratkim pulsevima za opažanje valnih paketa u kratkoživućem pobuđenom stanju. Generirani su visokofrekventni vibracijski modovi pobuđenog elektronskog stanja koji se brzo relaksiraju prolaskom kroz konusni presjek. Prolazak kroz konusni presjek predstavlja najbrži način relaksacije velikih molekula i igra značajnu

ulogu u biološki važnim procesima. Rad je načinjen u suradnji s grupom prof. Motzkusa iz MPQ instituta u Garchingu.

U posljednja dva rada smo proučavali utjecaj intenziteta svjetlosti različitih uređaja za foto-polimerizaciju na porast temperature kompozitnih materijala i proširili istraživanje linearne kontrakcije kompozitnih materijala, koja se javlja kod foto-polimerizacije. Pokazalo se da je digitalna laserska interferometrija pogodna metoda za praćenje kontrakcije u realnom vremenu.

### **Femtosecond laser spectroscopy and ultracold molecules**

In the last year we continued with the work with femtosecond lasers and we succeeded to publish interesting papers. Among all published papers in 2005 we emphasize the one published in prestigious Physical Review Letters, 95, 233001 (2005), (*Velocity selective optical pumping of Rb hyperfine lines induced by a train of femtosecond pulses*). This work describes the beginning of our completely new investigations in the field of atom interaction with frequency comb stemming from the Ti:sapphire femtosecond laser oscillator (Millennia/Tsunami system, Spectra-Physics). It is important to stress that we succeeded to demonstrate, that by influence of ultra short pulses with high repetition rate (80 MHz), specific accumulation effects in population of the ground states split by the hyperfine interaction. We have clearly observed the consequence of high pulse repetition rate on the shape of the Doppler broadened resonance spectral lines. They obtained peculiar shape with needle like spikes separated by 80 MHz which coincide with the separation between frequency comb lines. We believe that further development of these mapping of frequency comb onto the velocity distribution which acquire the velocity comb shape may help the formation of the new method for cooling atoms and molecules. This may also have some aspects of application in quantum computing.

In other papers we described theoretically and experimentally the absorption spectrum of Na-K-He mixture, with a special emphasize on NaK molecular bands (2).

In the paper under (3) we experimentally worked out the newly discovered phenomenon of the conical emission, when femtosecond laser beam from the oscillator propagates through extremely dense cesium vapor at peak wavelength of 750 nm.

We demonstrated the technique of four wave mixing with ultra short laser pulses, which was applied to observation of the wave packet of the short living excited state. (5) High frequency vibrational modes of

the electron cloud were generated, which rapidly relax by transiting through conical intersection. Transit through conical intersection represents the quickest relaxation process of big molecules, and plays large role in biologically important processes. This work was performed in collaboration with a group of Prof. Motzkus and Prof. Kompa from the Quantum Optics Institute in Garching, Germany. In last two papers we studied the influence of the light intensity from different photo polymerization devices to temperature increase of composite materials used in dental medicine. In addition, we extended our studies of linear contraction of composite materials, which appear after photo polymerization process. It was shown that digital laser interferometry is an appropriate method for observing contraction process in real time.

### **Objavljeni radovi:**

#### **redovni rad u CC časopisu:**

1. D. Aumiler, T. Ban, H. Skenderović, G. Pichler:  
Velocity selective optical pumping of Rb hyperfine lines induced by a train of femtosecond pulses  
Phys. Rev. Lett. 95, 233001 (2005).
2. S. Vdović, R. Beuc, D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler:  
Absorption spectrum of Na-K-He mixture: experiment and theory  
J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 38, 3107 (2005).
3. D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler:  
Femtosecond laser-induced cone emission in dense cesium vapor  
Phys. Rev. A 71, 063803 (2005).
4. T. Ban, D. Aumiler, G. Pichler:  
Rubidium dimer destruction by a diode laser  
Phys. Rev. A 71, 022711 (2005).
5. T. Hornung, H. Skenderović, M. Motzkus:  
Observation of all-trans-beta-carotene wavepacket motion on the electronic ground and excited dark state using degenerate four-wave mixing (DFWM) and pump-DFWM  
Chem. Phys. Lett. 402, 283 (2005).
6. A. Knežević, Z. Tarle, A. Meniga, J. Šutalo, G. Pichler:  
Influence of light intensity from different curing units upon composite temperature rise  
Journal of Oral Rehabilitation 32, 362 (2005).

7. A. Knežević, N. Demoli, Z. Tarle, A. Meniga, J. Šutalo, G. Pichler:  
Measurement of Linear Polymerization Contraction Using Digital  
Laser Interferometry  
Operative Dentistry 30, 346 (2005).

### **Pozvano predavanje**

1. G. Pichler:

Optics and spectroscopy with femtosecond laser in dense alkali vapor  
Symposium on "Advanced Laser Applications", Dresden (2005).

2. H. Skenderović

Coherent Control by Four-Wave Mixing

Brijuni Conference: Laser Control and Molecular Switches (2005).

3. T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderović, G. Pichler:

Velocity selective optical pumping of Rb hyperfine lines induced by  
a train of femtosecond pulses Brijuni Conference: Laser Control and  
Molecular Switches (2005).

4. T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderović, G. Pichler:

Coherent accumulation induced velocity selective optical pumping of  
Rb hyperfine lines

37th EGAS Conference, Dublin (2005).

### **Sudjelovanje na konferencijama**

1. S. Vdović, D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler:

EIT in rubidium mismatched V-type system

37th EGAS Conference, Dublin (2005).

2. D. Aumiler, T. Ban, H. Skenderović, M. Movre, R. Beuc, S.

Vdović, G. Pichler:

Detection of heteronuclear molecules at thermal, cold and ultracold  
conditions

37th EGAS Conference, Dublin (2005).

3. D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler:

Femtosecond laser induced conical emission in alkali vapor

XXIV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic  
Collisions,

Rosario, Argentina (2005).

4. H. Skenderović, J. Hauer, K.-L. Kompa, M. Motzkus:

Selektive Anregung von einzelnen Vibrationszuständen mittels

geformten ultrakurzen Impulsen in Vierwellenmischprozessen

69. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin  
(2005).



5. T. Ban, D. Aumiler, H. Skenderović, G. Pichler:  
Coherent accumulation in rubidium atoms excited by a train of femtosecond pulses  
Symposium on "Advanced Laser Applications", Dresden (2005).
6. S. Vdović, D. Aumiler, T. Ban, G. Pichler:  
EIT in rubidium mismatched V-type system  
Brijuni Conference: Laser Control and Molecular Switches (2005).

### **Međunarodna znanstvena suradnja**

1. dr. Ticijana Ban - dr. Lorentz Windholz - Technische Universität Graz, Austrija  
bilateralni projekt Austrija-Hrvatska.
2. dr. Goran Pichler - dr. Karoly Rozsa - Research Institute for Solid State Physics and Optics, Mađarska, Mikrokapilarne izbojne plazme.
3. dr. Goran Pichler - dr. Marie-Claude Castex - Laboratoire des Physiques des Lasers, CNRS, Université Paris-Nord (Paris 13), Villetaneuse, Francuska  
Femtosekundni laserski efekti na organskim svijetlećim napravama.
4. dr. Goran Pichler - dr. Françoise Masnou-Seeuws - Laboratoire Aime-Cotton, Orsay, Francuska, Cold Molecules: Formation, Trapping and Dynamics, Research Training Network, FW5, EU.

### **Neposredna suradnja**

1. Zrinka Tarle, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
2. Telefongradnja, Sveta Nedjelja,

### **Sudjelovanje u nastavi**

#### **dodiplomska nastava**

- Goran Pichler, Eksperimentalne metode atomske fizike (2467), IV godina fizike stručni smjer  
Goran Pichler, Seminar iz eksperimentalnih metode atomske fizike (2468), IV godina fizike stručni smjer  
Goran Pichler, Atomska fizika s optikom (2430), IV godine fizike nastavni smjer  
Ticijana Ban, Fizički praktikum za inženjere kemije, dr. Kokanović voditelj  
Ticijana Ban, Fizika za ekološke, vježbe, dr. Kokanović predavanja

#### **poslijediplomska nastava**

G. Pichler, Atomska fizika i spektroskopija (303), PMF.  
G. Pichler, Seminar iz atomske i molekularne fizike i astrofizike (305), PMF.  
G. Pichler, Doktorski seminar (306), PMF.  
G. Pichler, Kvantna elektronika (ZFI04C1), FER.

### **Diplomski radovi**

1. Martina Čopor: Apsorpcija i laserom inducirana emisija RbCs molekule iz Rb:Cs mješavine para prof. fizike i kemije (2005).

2. Nataša Vujičić: Stvaranje niskotlačne plazme u zraku, heliju i dušiku djelovanjem femtosekundnog laserskog pojačala dipl. inž. fizike (2005). Od 1.1. 2006. godine zaposlena na projektu 0035002 na Institutu za fiziku.

### **Ostalo**

G. Pichler,  
- fellow of the American Physical Society,  
- Member of the Optical Society of America ( Pichler).  
- Duetsche Physikalische Gesellschaft, Mitglied .

### **Studijski boravci**

Dr. Ticijana Ban, LENS, Firenca, Italija

G. Pichler, studijski boravak od dva mjeseca u travnju i svibnju na Max-Planck-Institutu za Kvantnu Optiku u Garchingu kraj Muenchena, Njemačka.

Hrvoje Skenderović, studijski boravak, MPQ Garching, travanj-lipanj 2005.

### **Popularna predavanja:**

1.G. Pichler, Einsteinovo nasljeđe, 22.9.2005. Matica Hrvatska

2.G. Pichler, Laseri kao posljedica čudesne godine 1905., FER, 18.4.2005.

3.G. Pichler, Razvoj laserske spektroskopije na Institutu za fiziku Sveučilišta u Zagrebu, 100 godišnjica rođenja akademika M. Paića u HAZU, 13.12.2005.

4. G. Pichler, Laseri i primjene, 9.12.2005. HAZU.

# **LASERSKA PRIPREMA, UPRAVLJANJE I SPEKTROSKOPIJA NOVIH MOLEKULA (0035003)**

Glavni istraživač: dr. sc. Slobodan Milošević, znanstveni savjetnik

Suradnici: dr. sc. Irena Labazan, znanstveni suradnik  
Nikša Krstulović, dipl. ing. - znanstveni novak

## **Opis istraživanja**

Postoje brojne jednostavne molekule, poznate kroz ab-initio račune, ali dosad eksperimentalno neopažene ili nedovoljno istražene. Mnoge od njih važne su za astrofiziku ili predstavljaju osnovu za nove materijale. Nama su posebno zanimljive jednostavne molekule koje sadrže litijeve atome, npr. LiC, LiN, itd.. Jedan od ciljeva naših istraživanja je odrediti i poboljšati eksperimentalne uvjete za formiranje takvih molekula. Pored potrage za novim molekulama od važnosti za hlađenje i hvatanje molekula na putu stvaranja molekularnog BEC-a, je razvoj izvora molekula velike efikasnosti sa što nižom unutrašnjom energijom. Slične molekule, odnosno procesi njihova stvaranja značajni su za kontrolu tretmana različitih materijala pomoću plazme, tako da su istraživanja u značajnoj mjeri usmjerena ka tehnološkim primjenama.

Koristimo lasersku ablaciju za stvaranje pare i/ili plazme i nekoliko tehnika za detekciju molekula u tako stvorenom oblaku pare. Tu posebno ističemo lasersku apsorpcijsku spektroskopiju pomoću optičkog rezonatora (LASPOR) primijenjenu na analizu laserski stvorene pare, medija u kojem se apsorpcija brzo mijenja u vremenu. Tu tehniku primijenili smo na proučavanje plazme mangana u atmosferi metana (Ref 2).

Nastavljena su i istraživanja laserske ablacije polimernih materijala i grafit-polimer kompozita koja osim fundamentalnih aspekata imaju i vrlo velike primjene (aktivacija i čišćenje površina, promjena površinskih svojstava, hrapavosti, strukturiranosti itd.). Proučavana je dinamika širenja oblaka i reaktivnost u prisustvu dodanih plinova.

Nastavljen je razvoj i primjena detektora na bazi LASPOR metode za detekciju elemenata u tragovima pri analizi radiofrekventne (RF) kisikove plazme za čišćenje polimernih površina. Provedena je bitna reorganizacija laboratorija što će omogućiti niz novih eksperimenata. U tom pravcu istraživanja provedene su spektroskopske analize RF plazme vode u različitim plinovima: kisiku (Ref. 3), vodiku, argonu.

Istraživanja na dva pravca: proizvodnji i detekciji molekula u laserski stvorenoj plazmi i/ili RF hladnoj reaktivnoj plazmi uz razvoj detektora na bazi LASPOR metode, i razmatranje različitih primjena u industriji i (medicini) stomatologiji, nastavljaju se u narednoj godini.

Krajem godine ostvarili smo nabavu LIBS spektrometra s ns pulsnim 1064 nm Nd-YAG laserom (100 mJ) i dodatnim Nd-YAG laserom na 532 nm (160 mJ), te započeli s uvođenjem laserom inducirane breakdown spektroskopije za analizu elemenata u materijalima i novom vrstom eksperimenata više pulsne laserske ablacije, što sve otvara nove mogućnosti u temeljnim i primijenjenim istraživanjima.

## **Laser preparation, manipulation and spectroscopy of new molecules**

The main goal of our research is to determine and optimize experimental conditions for formation of new molecules not previously observed. In addition, for already well-known molecules, there is an open question how to prepare them suitable for trapping and cooling in attempt to obtain molecular Bose-Einstein condensate. Some molecules are of interest for the control in plasma treatment of various materials, therefore the research is also oriented towards technological applications. We use laser vaporization (ablation) as a very good environment for formation of molecular ions and neutrals. The analyses and detection were performed by means of time-of-flight mass spectrometry (TOF-MS), cavity ring-down spectroscopy (CRDS), and various time resolved emission spectroscopy methods (laser induced breakdown spectroscopy –LIBS). We have recently studied content of different plumes: alkali metals, graphite, manganese, silicon and their mixtures etc. The existence of dense, internally cold alkali dimer molecules has been shown. CRDS method has been applied for the first time to determine electron densities in the laser induced plasma.

We performed study of radio-frequency reactive plasmas used for activation and cleaning of polymer surfaces by using optical emission spectroscopy and laser absorption cavity ring-down spectroscopy. Measurements have been performed with different gases used in addition to oxygen in order to characterize the plasma content. In addition we study the laser ablation of various polymer materials. The research is performed in collaboration with Josef Stefan Institute in Ljubljana.

We have continued with development of universal detector based on CRD spectroscopy. There is a continuous need for ultra sensitive detectors of atoms and molecules in different environments, in real time at the level of ppb. In spite of development of different approaches no current technique has met all the requirements of sensitivity and data quality. The cavity ring-down spectroscopy is relatively new ultra sensitive analytical laser absorption technique that is continuously used in more and more situations. The main goal of our efforts is to develop a prototype portable device based on CRDS technique for in situ monitoring of different trace molecules and atoms. Particularly we have studied possibilities of application in monitoring plasma treatment of various biocompatible and nano-structured materials.

We have applied optical emission spectroscopy to study various processes which occurs during the RF plasma treatment, in real-time and in-situ (external laboratory or factory environment).

### **Objavljeni radovi:**

#### **Redovni radovi u CC časopisima**

1. I. Labazan; E. Reinhold; W. Ubachs; VV. Flambaum, Wavelength calibration of the CI line at 94.5 nm for comparison with quasar data. *Physical Review A*. 71 (2005), 4; art. no. 040501
2. N.Krstulović,; I.Labazan, ; S.Milošević, Study of Mn laser ablation in methane atmosphere. *European Physics Journal D*. (online first 25. Oct. 2005) 37 (2006), 209-215.

#### **Radovi u ostalim časopisima**

3. N. Glavan, N. Krstulović ; N. Čutić, ; S. Milošević, ; U. Cvelbar, ;A. Vesel, ; A. Drenik, ; M. Mozetič.  
Preiskava značilnosti nizekotlačne plazme vodne pare z optično emisijsko spektroskopijo. *Vakumist*. 25 (2005) , 4; 29-33

#### **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

1. N. Krstulović, ; S. Milošević, ;U. Cvelbar, ; M. Mozetič .

Koncentracija radikalov v kisikovi plazmi med plazemskim  
čišćenjem razelektrivne cevi // Zbornik sažetaka, 12. Međunarodni  
sastanak Vakuumska znanost i tehnika / N. Radić, (ur.). Zagreb :  
Hrvatsko vakuumsko društvo, 2005. 16-16

Studijski boravci

I. Labazan, Laser Centre Vrije Universiteit Amsterdam, The  
Netherlands, 09/2004 - 01/2005.

I. Labazan, Alexander von Humboldt postdoktorska stipendija u  
grupi prof. dr. G. Meijer na Fritz Haber Institut der Max Planck  
Gesellschaft u Berlin.( 01.03.2005).

### **Međunarodna znanstvena suradnja:**

#### **Projekti**

Naziv: Karakterizacija reaktivne plazme za aktivaciju površina  
polimernih materijala. Partner: Institut Josef Stefan, Teslova 20,  
Ljubljana, Slovenija grupa M. Mozetiča, hrvatsko- slovenski projekti  
(2004-2005)

#### **Neposredna suradnja**

Naziv: Laboratory frequency metrology, Irena Labazan  
Partner: Vrije Universiteit Amsterdam, Nizozemska, Prof. dr. W.  
Ubachs

Naziv: Laserska spektroskopija molekularnih plazmi,  
Partner: CPAT – Universite Paul Sabatier – Toulouse, dr. F.  
Gaboriau i dr. A. Richard  
(ECO-NET natječaj).

#### **Domaća znanstvena suradnja**

- 1.Naziv: Razvitak tehnoloških postupaka za izradu postojanih  
adhezijskih restoracija, kolaborativni projekt: Stomatološki fakultet,  
Zagreb, Klinička bolnica Centar, Zagreb, Institut za fiziku, Zagreb.
- 2.Naziv: Ultrabrze i ultrahladne eksperimentalne i teorijske metode  
atomske i molekularne fizike i kemije, i primjene, kolaborativni

projekt: Institut za fiziku, Zagreb, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Medicinski fakultet, Rijeka.

3. Naziv: Složeni foto-naponski modul – HITRA projekt (IRB ( dr. Davor Gracin), Solarne ćelije d.o.o. IF)

### **Sudjelovanje u nastavi**

Posljediplomska nastava

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

### **Ostalo**

1. S. Milošević, koordinator FP6 projekta #516938 WYP2005-Europe za Hrvatsko fizikalno društvo.

2. N. Krstulović, N. Čutić, S. Milošević, Multimedijски pilot projekt CARNET-IF , “Spektroskopija u školi“  
<http://susbaza.ifs.hr/onlineverzija>

3. Sudjelovanje u akcijama „Svjetske godine fizike“:

S. Milošević, popularno predavanje na Festivalu popularnih predavanja, ožujak 17-18. 2005, „Govor svjetlosti“, popularna predavanja u školama, Krapina, Virovitica, Zagreb

N. Krstulović, demonstracijski pokusi i posjete školama





## TEORIJSKI ASPEKTI HLADNIH SUDARA (0035004)

Glavni istraživač: Dr. sc. Mladen Movre, znanstveni savjetnik

Suradnici: Dr. sc. Robert Beuc, viši znanstveni suradnik  
Mr. sc. Damir Modrić, asistent (Grafički fakultet)

### Opis istraživanja

Molekularni spektar  $K_2$  molekule istražen je teorijski i eksperimentalno u području valnih duljina između 550 nm i 1100 nm za temperature između 650 K i 1100 K [1]. Za poluklasičnu teorijsku simulaciju spektra korišteni su najnoviji podaci za potencijalne krivulje  $K(4S)+K(4S)$  i  $K(4S)+K(4P)$  asimptota te relevantni dipolni momenti prijelaza. Izračunati temperaturno ovisni apsorpcijski spektri pokazuju vrlo dobro slaganje s eksperimentom posebno u odnosu na prijašnje teorijske rezultate. Podaci dobiveni mjerenjem temperaturno neovisnog koeficijenta apsorpcije mogu se koristiti za jednostavno i točno određivanje gustoće atoma kalija u području od  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  do  $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

Eksperimentalno i teorijski istražen je apsorpcijski spektar Na–K–He smjese atomskih para [2]. Poluklasične spektralne simulacije za područje valnih duljina od 400 nm do 850 nm izračunate su koristeći dostupne potencijalne krivulje  $Na_2$ ,  $K_2$ , NaK, NaHe i KHe molekula. Izračunati apsorpcijski spektri analizirani su i uspoređeni s eksperimentalnim apsorpcijskim spektrima smjese Na-K-He atomskih para generiranim u gravitacijskoj toplovodnoj peći.

Diskutirali smo apsorpcijske spektre gustih mješavina alkalijskih para u termalnim uvjetima, u slučaju pobuđenja na hladnim helijevim nanokapljicama te u uvjetima hladnih sudara [3]. Istraživanja alkalijskih heteronuklearnih molekula na površini helijevih klastera važna su stoga jer su u uvjetima nanokriostata tripletna stanja molekula najizraženija [4]. Analizom spektara tripletnih stanja moguće je otkriti strukturu pripadajućih potencijalnih krivulja. Optički prijelazi unutar tripletnih stanja, tzv. difuzne vrpce, mogu se koristiti prilikom dvofotonske rezonantne ionizacije, a najnovija opažanja doprinjet će konačnoj interpretaciji heteronuklearnih difuznih vrpce u širokom spektralnom području [5,6].

## Theoretical aspects of cold collisions

The  $K_2$  molecular spectra have been theoretically and experimentally investigated in the wavelength range between 550 nm and 1100 nm and for the temperatures between 650 K and 1100 K. Semiclassical theoretical simulations were performed using the most recent data for the potential energy curves for the  $K(4S)+K(4S)$  and  $K(4S)+K(4P)$  systems and the relevant dipole transition moments. The calculated temperature dependent absorption spectra show an overall very good agreement with the experimental findings, especially in comparison with previous theoretical results. The measurements were performed by a spatially resolved absorption method in an inhomogeneous overheated potassium vapour generated in a heat-pipe. In addition, the temperature independent reduced absorption coefficients of the potassium diffuse triplet bands were measured. The obtained data can be used for a simple and accurate determination of potassium atom number densities in the range from  $5 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^{-3}$  to  $5 \cdot 10^{-18} \text{ cm}^{-3}$ .

We present experimental and theoretical studies of the absorption spectrum of Na–K–He mixture. Semiclassical spectral simulations in the 400-850 nm wavelength range were performed, on the basis of available interaction potential curves for  $Na_2$ ,  $K_2$ , NaK, NaHe and KHe molecules. Calculated absorption spectra were analysed and compared to the experimental absorption spectrum of Na–K–He mixture generated in a gravitational heat pipe oven.

Recently heteronuclear molecules have been detected at ultra cold conditions and some very interesting laser spectroscopy has been carried out for those molecules under conditions of magneto-optical traps. Heavy alkali heteronuclear molecules became very attractive recently and their observation on helium clusters is desirable, since triplet states are most prominent features in nano-cryostat conditions. Potential curves for heteronuclear molecules are becoming better known in both cases with and without spin-orbit interaction taken into account. Singlet transitions are better known than triplet transitions in usual laser spectroscopy. However, at ultra low temperatures triplet states become more accessible and thus analysis reveal the structure of the potential curves for triplet manifold. Optical transitions within triplet states, sometimes called diffuse bands, may be used for two-photon resonance ionization scheme. We shall discuss absorption spectra at high density alkali vapor mixture at thermal conditions, in the case of excitations from the He droplets, and under ultra cold conditions. Recent observations may contribute

to the final interpretation of heteronuclear diffuse bands in the broad spectral region.

### **Objavljeni radovi:**

#### **redovni radovi u CC časopisu**

C. Vadla, R. Beuc, V. Horvatic, M. Movre, A. Quentmeier, and K. Niemax, Comparison of theoretical and experimental red and near infrared absorption spectra in overheated potassium vapour, Eur. Phys. J. D 36 (2005) ; DOI:10.1140/epjd/e2005-00241-3

S. Vdovic, R. Beuc, D. Aumiler, T. Ban, and G. Pichler, Absorption spectrum of NaKHe mixture: experiment and theory, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 38, 3107-3116 (2005)

#### **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

D. Aumiler, T. Ban, H. Skenderović, M. Movre, R. Beuc, S. Vdović, and G. Pichler, Detection of heteronuclear molecules at thermal, cold and ultracold conditions, 37th EGAS Conference, Book of Abstracts, John T. Costello, John Dardis, Peter van der Burgt (ur.), Dublin : European Physical Society, 2005. 110 (sažetak).

W. E. Ernst, R. Huber, S. Jiang, R. Beuc, M. Movre, G. Pichler, Cesium dimmer spectroscopy on helium droplets, Helium Clusters Finite-size superfluid and nano-size cryostat, Bad Honnef (Germany), 2005. (poster, sažetak).

R. Beuc, M. Movre, T. Ban, G. Pichler, W. E. Ernst: Prediction for KRb bands observation on He droplets, Helium Clusters Finite-size superfluid and nano-size cryostat, Bad Honnef (Germany), 2005. (poster, sažetak).

G. Pichler, S. Vdović, R. Beuc, M. Movre, Prediction for RbCs bands observation on helium cluster, Helium Clusters Finite-size superfluid and nano-size cryostat, Bad Honnef (Germany), 2005. (poster, sažetak).

#### **Međunarodna znanstvena suradnja**

1. Hladne molekule alkalijskih metala na helijevim nanokapljicama: Spektroskopija i elektronska dinamika, zajednički hrvatsko-austrijski projekt. Voditelji: dr. sc. Robert Beuc i Prof. Dr. W. E. Ernst, Institut für Experimentalphysik, TU Graz

2. Cold Molecules: Formation, Trapping, and Dynamics, Research Training Network, FW5, EU. Hrvatski koordinator: G. Pichler, voditelj: Dr. F. Masnou-Seeuws, Laboratoire Aime Cotton, Orsay, Francuska.

3. Teorijski aspekt formiranja ultrahladnih molekula, novi mehanizmi, novi sistemi, hrvatsko-francuski projekt. Voditelji: dr. sc. Robert Beuc i Dr. Olivier Dulier, Orsay.

### **Neposredna suradnja**

1. Prof. Dr. W. Meyer, Technische Universität, Kaiserslautern, Njemačka.

### **Sudjelovanje u nastavi:**

poslijediplomska nastava

R. Beuc, Teorija optičkih spektara dvoatomskih sustava (315), PMF

M. Movre, Fizika hladnih sudara (316), PMF

### **Ostalo**

Kolaborativni projekt: Ultrabrze i ultrahladne eksperimentalne i teorijske metode atomske i molekularne fizike i kemije, i primjene. Trajanje: 2004-2009. Koordinator: G. Pichler

M. Movre, voditelj znanstvene sekcije Hrvatskog fizikalnog društva (2004/2005).

## **OPTIČKO FILTRIRANJE, INTERFEROMETRIJA I HOLOGRAFIJA (0035005)**

Glavni istraživač: dr. sc. Nazif Demoli, viši znanstveni suradnik

Suradnici: dipl. inž. Kristina Šariri, znanstveni novak  
mr. sc. Ivica Sović, vanjski suradnik, asistent

### **Opis istraživanja:**

Nastavljen je rad na analizi glagoljskog pisma obradom numeričkih i eksperimentalnih rezultata ranije dobivenih primjenom raznih tipova hibridnih korelatora. Alternativno, razvijamo korelator invarijantan na promjenu perspektive promatranja predmeta računanjem različitih momenata slike. Pored osnovnih računaju se i kompleksniji momenti kao što su Legendrovi, Zernikeovi, Fourier-Mellinovi i sl. Izrađen je i kontrolni program koji iz izračunatog skupa momenata slike računa početnu sliku, a usporedbom tako sintetiziranog ulaza i stvarnog ulaza nalazimo potrebne parametre za koreliranje različitih tipova signala.

Nastavljena su mjerenja fotopolimerizacijskih efekata kompozitnih smola koje se koriste u stomatologiji upotrebom digitalne laserske interferometrije. Ostali fotopolimerizacijski efekti, kao što je deformacija zuba ili pojava mikropukotina, proučavani su primjenom klasične holografske interferometrije. Također je nastavljen rad na izradi uređaja za mjerenje pomaka i deformacija različitih uzoraka. Testiran je vakuumski sistem i sistem grijanja i hlađenja radne komore. Mjereno je rastezanje uzoraka materijala koji se koriste u elektronici (pertinaks i vitroplast) ovisno o temperaturi, od sobne do iznad radne temperature uređaja ( $\sim 100$  °C). Također je izvedeno preliminarno mjerenje rastezanja uzoraka plave bronce u ovisnosti o temperaturi (od 100 K do 300 K).

Razvoj digitalnih postupaka u holografiji i holografskoj interferometriji usmjeren je na vremenski usrednjena mjerenja titrajućih tijela. Holografskim bilježenjem plohe koja titra dobivene pruge interferencije pokazuju amplitudu i raspodjelu polja deformacija. Jedan od postupaka bavio se problemom mjerenja površinskih vibracija glazbenih instrumenata. Za tu svrhu načinjen je uređaj za bilježenje digitalnih holograma u kvazi-Fourierovoj konfiguraciji. Specifičnost uređaja je korištenje jeftinih komercijalnih elemenata kao što su velika zrcala (bez optičke obrade) i digitalna kamera u boji (umjesto monokromatskih profesionalnih CCD

kamera). Dobiveni su kvalitetni rezultati titranja rezonantnih modova prednje plohe violine i membrane dva tipa bubnjeva. Također je demonstriran novi način ugađanja glazbenih instrumenata. U drugoj studiji je korištenjem istog uređaja demonstrirano dinamičko modalno karakteriziranje glazbenih instrumenata s membranom. Modalne karakteristike pokazuju titranje membrane u ovisnosti o frekvenciji. Naime, zvučno polje realnog glazbenog instrumenta ovisi ne samo o općenitim svojstvima njegovog rezonatora i membrane, nego i o parametrima specifičnim baš za taj instrument. Takvi specifični parametri su primjerice napetost i nehomogenost membrane ili neželjene deformacije realnog rezonatora. Za idealni membranski sustav, modalne karakteristike mogu se proučavati numeričkim modeliranjem, dok se za realni sustav one moraju eksperimentalno mjeriti. Dinamičke modalne karakteristike bubnja prikazane su u obliku filma te uspoređene s numeričkim karakteristikama adekvatnog modela.

### **Optical filtering, interferometry and holography**

We continued the investigations of the Glagolitic script by analyzing the results obtained earlier with hybrid optoelectronic correlators. Alternatively, we have been developing a correlator invariant to scale and rotation changes by calculating the image moments.

Digital laser interferometry was used to measure the thickness variation of the composite materials. In another use of the same method, we tested the vacuum chamber for measuring the displacements and deformations of samples caused by thermal changes.

Development of digital procedures in holography and holographic interferometry has been directed to the time-averaged measurements of vibrating objects. The fringes obtained by using the time-averaged holography show both the amplitude and distribution of the vibrational deformation. In one study, we presented an inexpensive experimental device for measuring surface vibrations of musical instruments. Based on the quasi-Fourier digital holography setup, the device uses an original architecture compacted with large mirrors and equipped with a commercial color digital camera as an array detector. The results demonstrated high quality of the obtained information about vibration modes and tuning properties of musical instruments. In another study, we used the same device to measure the dynamic modal characteristics of musical instruments with membrane. The

dynamic modal characteristics reveal the sound quality of a particular instrument and may have considerable influence on the instrument design. These characteristics depend on the physical properties of the resonator as well as of the membrane, and for a real instrument must be measured experimentally. The results for a percussion instrument are shown as a movie and compared with the results of the corresponding numerical model.

### **Objavljeni radovi:**

#### **Redovni rad u CC časopisu**

1. N. Demoli, I. Demoli  
Dynamic modal characterization of musical instruments using digital holography  
Optics Express 13 (13), 4812-4817 (2005).
2. A. Knežević, N. Demoli, Z. Tarle, A. Meniga, J. Šutalo, G. Pichler  
Measurement of linear polymerization contraction using digital laser interferometry  
Operative Dentistry 30 (3), 346-352 (2005).
3. N. Demoli, I. Demoli  
Measuring surface vibrations of musical instruments using an inexpensive digital holography device  
Optical Engineering 44 (9), 090502-1-3 (2005).

#### **Ostali radovi**

4. A. Knežević, N. Demoli, Z. Tarle, M. Šolc  
Digitalna holografska interferometrija – nova metoda mjerenja polimerizacijskog skupljanja kompozitnih materijala  
Acta Stomatologica Croatica 39 (2), 145-153 (2005).

#### **Rad u zborniku konferencije**

5. N. Demoli, K. Šariri, D. Vukičević, M. Torzynski  
Applications of time-averaged digital holographic interferometry in Fringe 2005, The 5<sup>th</sup> International Workshop on Automatic Processing of Fringe Patterns, W. Osten, ed. (Springer, Berlin, 2005), pp. 464-471.

## **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. N. Demoli, K. Šariri, D. Vukičević, M. Torzynski  
Applications of time-averaged digital holographic interferometry  
Fringe 2005, The 5<sup>th</sup> International Workshop on Automatic  
Processing of Fringe Patterns, Stuttgart, Njemačka, 11-14. rujna  
2005. (predavanje)

2. I. Sović

Lonac na vatri

Ljepota fizike: Festival popularnih predavanja, Zagreb, Hrvatska, 17-  
18. ožujka 2005. (predavanje)

## **Međunarodna znanstvena suradnja**

### **Neformalna**

Dinamička viševalna digitalna holografska interferometrija  
nosioci: Louis Pasteur sveučilište, Strasbourg, prof. D. Vukičević i  
Institut za fiziku, Zagreb, dr. sc. N. Demoli.

Upotreba zaslona s tekućim kristalima u optičkoj obradi signala  
nosioci: Institut für Physik, Humboldt-Universität zu Berlin, dr. G.  
Wernicke i  
Institut za fiziku, Zagreb, dr. sc. N. Demoli.

### **Domaća znanstvena suradnja**

#### **Formalna**

Razvitak tehnoloških postupaka za izradu adhezijski postojanih  
restoracija  
kolaborativni projekt, koordinator: prof. dr. Z. Tarle, Stomatološki  
fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

#### **Neformalna**

Identifikacija značajki oruđa obradom SEM slika u  
optoelektroničkom korelatoru  
dr. sc. O. Milat, Institut za fiziku, Zagreb, projekt 0035012.



### **Sudjelovanje u nastavi**

### **Poslijediplomska nastava**

V. Vujnović, N. Demoli, Optika i holografija (310), PMF

### **Ostalo**

N. Demoli, voditelj projekta e-škole: Koherentna optika

N. Demoli, recenzent časopisa: Optics Letters, JOSA A, Applied Optics, Optics Communications i Fizika.



## **RAST I MORFOLOGIJA KRISTALA RAVNOTEŽNOG OBLIKA POVRŠINE (0035006)**

Glavni istraživač: Dr. sc. Zlatko Vučić, viši znanstveni suradnik

Suradnici: Dr. sc. Davorin Lovrić, znanstveni suradnik  
Dr. sc. Jadranko Gladić, stručni suradnik

### **Opis istraživanja**

Istraživanje rasta kristala oblika bliskih ravnotežnom (ECS) svodi se na problem uspostave jednadžbi s kinetičkim koeficijentima (K) koji povezuju brzinu rasta kristalne površine i pokretačke sile za rast (supersaturacije,  $\sigma$ ). Simbolički pisano za cijelu površinu K je izrazito anizotropna veličina i njeno određivanje je ograničeno nepoznavanjem lokalne, rezultatne  $\sigma$ , koja se, usprkos konstantnoj vanjskoj pokretačkoj sili za rast, mijenja tijekom rasta u svim točkama površine. Problem jednadžbe gibanja površine stoga traži detaljno mjerenje vremenske ovisnosti vektora položaja što većeg broja karakterističnih točaka površine, tretirajući istodobno površinu kristala kao cjelinu. Istražuje se eksperimentalna ovisnost K o orijentaciji, o nametnutoj supersaturaciji, o temperaturi, o tlaku para, uz modelno povezivanje s mikroskopskim parametrima kao što su energija formiranja stepenice i kinkova te interakcija među njima. Preliminarni eksperimenti rasta faceta kristala  $\text{Cu}_2\text{Se}$  pokazali su ponašanje slično  $^4\text{He}$ , to jest eruptivni način rasta. On ukazuje na logične inhibitore rasta koji, neovisno o materijalu, postoje i na 800 K i na 2 mK, a uzrok im je u barijeri za 2D nukleaciju. Sve dok je rezultatna  $\sigma$  na faceti manja od neke kritične vrijednosti faceta ne raste, ali zato rastu hrapavi, zaobljeni dijelovi površine intenzivno mijenjajući iznose svih lokalnih  $\sigma$ . U podlozi tog procesa leže mikroskopski procesi stvaranja i gibanja stepenica i njihova dinamika shodno 2D termodinamici i Gibbs-Curie-Wulffovom pravilu. U navedene svrhe izgradili smo i temperaturno (bolje od  $1:10^3$ ) i tlačno visokostabilizirani uređaj za rast kristala na temperaturama od 650 – 850 K, te uređaju prilagođenu preciznu metodu mjerenja vertikalnog pomaka faceta kristala u rastu, digitalnu lasersku interferometriju DLI. Sredinom godine oprema uređaja je kompletirana (MZOŠ) i nastavljeno je njegovo usavršavanje radi postizanja što veće pouzdanosti i preciznosti. DLI je uporabom računala rezoluciju pomaka facete dovela do desetak nanometara što nije dovoljno kad treba dokazati mirovanje plohe. Metoda se svodi

na određivanje fazne promjene između dva uzastopna interferograma, a uključuje FFT, manipulaciju u recipročnom prostoru s filtriranjem, IFFT i određivanje faznog polja na osvijetljenoj površini. Pokazali smo da ovaj klasični postupak ima inherentnu pogrešku koju smo bitno umanjili originalno predloženim algoritmom i tako razlučivanje poboljšali do razine 2 molekulska sloja tj. ispod nanometra (1). Kako bi se otklonio utjecaj vibracija bila je potrebna velika gustoća uzorkovanja interferometrijskih slika (25 slika/s) što je izazvalo probleme prihvata, spremanja i analize. Predložili smo originalan način i automatskog odračunavanja pozadine i manipulacije spektrom koji se pokazao uspješan i privukao pažnju šire znanstvene zajednice. (\*)

Jedan od suradnika (D. Lovrić) je u suradnji s dr R. Beucom radio u prošloj godini na problemu adsorpcije alkalijskih atoma i molekula na ultrahladne grozdove He atoma. Posebice je proučavao problem prodora alkalija u grozd helija i njihovo eventualno ugnježđivanje u njemu. Ispitivani su energijski aspekti tog procesa. Rad je pred svršetkom (\*\*).

## **Growth and morphology of crystals with equilibrium shaped surface**

The problem of growth of crystals of equilibrium-like shape (ECS) reduces to the problem of establishing equations with kinetic coefficients (K) relating the crystal surface growth rate to the crystal growth driving force (supersaturation,  $\sigma$ ). K is highly anisotropic and its determination is limited by lack of knowledge on local resultant  $\sigma$ , which, in spite of constant external growth driving force, changes during the crystal growth at each point of crystal surface. Such an equation requires detailed measurements of time dependence of position vectors of as much characteristic surface point as possible, treating simultaneously the crystal surface as a whole. The dependence of K on orientation, applied supersaturation, temperature and vapour pressure is investigated, relating it, within a model, to microscopic parameters such as step and kink formation energies and their interaction.

Preliminary experiments on  $\text{Cu}_2\text{Se}$  crystals' facet growth demonstrated the behaviour similar to one of  $^4\text{He}$ , i.e. the eruptive growth mode. It indicates the existence of growth inhibitors which, regardless of the type of crystal, exist at both 800 K and 2 mK, as a consequence of 2D nucleation barrier. As long as the resultant  $\sigma$  on facet is smaller than certain critical value, the facet does not grow,

but the rough curved parts of the surface do, changing strongly local values of  $\sigma$ . This process is based on microscopic processes of step formation and movement, as well as on their dynamics, according to 2D thermodynamics and Gibbs-Curie-Wulff rule.

For that purpose built an apparatus for crystal growth at 650–850 K, with temperature (better than  $1:10^3$ ) and pressure stabilization, and developed appropriate method for measurement of vertical facets' displacement during growth, i.e. digital laser interferometry (DLI). The experimental setup was completed with equipment in the middle of the year (MZOS) and we have been improving it to achieve best reliability and accuracy possible. The computer aided DLI resulted in facet displacement resolution of  $\approx 10$  nm, which is insufficient for proving the non-growth of facet. The key feature is the determination of phase difference between two successive interferograms, comprising FFT, manipulation in inverse space with filtering, IFFT and determination of phase field over the illuminated surface. We have shown that there is an inherent error to this standard procedure which we managed to reduce significantly using an original algorithm, improving the resolution to the level of two molecular layers, i.e. below 1 nm (1). In order to diminish the influence of vibrations a large sampling frequency of interferometric pictures is required (25 fps), which gives rise to problems of data acquiring, storage and analysis. We proposed original methods for automatic background subtraction and spectra manipulation which proved to be quite a success, and which has attracted the attention of wider scientific community (\*).

Last year, one of the collaborators (D. Lovrić) has worked, in collaboration with dr R. Beuc, on the problem of adsorption of alkali atoms and molecules on ultracold helium clusters. We have particularly studied the problem of penetration of alkalis in helium cluster and their possible nesting within the cluster. The work is in its final stages.

**Objavljeni radovi:  
redovni rad u CC časopisu**

1. Z. Vučić and J. Gladić,  
Phase retrieval errors in standard Fourier fringe analysis of digitally  
sampled model interferograms,  
Applied Optics, 44, 32 (2005) 6940-6947.

### **Znanstvena suradnja (domaća, neformalna)**

1. Suradnja s dr. sc. N. Demolijem, Institut za fiziku, Zagreb, (0035005), transfer znanja i iskustva za lasersku interferometriju za mjerenje rasta kristala.
2. Suradnja s inž. Ivicim Prličem, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, (0022001) voditelj dr. sc. G. Marović, razvoj profilometrijske metode za mjerenje 3D oblika.
3. Suradnja s dr. sc. R. Beuc, Institut za fiziku, Zagreb, (0035004), Teorijski aspekti hladnih sudara, voditelj dr. sc. M. Movre, interakcija alkalija i grozdova helija.

### **Ostalo**

Do sada nespomenuto u godišnjim izvješćima:

1. Rad (\*) iz 2003., D. Lovrić et al, Refined Fourier transform method of analysis of two-dimensional digitized interferograms, Applied Optics 42(2003) 1477-1484, zbog originalnog načina obrade interferometrijskih slika uvršten je u Handbook of Holographic Interferometry, Optical and Digital Methods, Thomas Kreis ed., Wiley – VCH, 2005.
2. Rad iz 2004., Z. Vučić et al., Copper and silver selenide crystal growth rate measurements as a method for determination of ionic conductivity, J. Crystal Growth, 263, 1-4 (2004) 590-599, kao nova, originalna metoda za mjerenje ionske vodljivosti miješanih elektronsko ionskih vodiča na temperaturama višim od 300°C (temperature razgradnje elektronskih blokada) uvršten je u bazu CSI Illumina Aerospace/ High Technology Database).
3. Dr. sc. Z. Vučić, rad na razvoju autonomne, hidrografske i meteorološke sonde u okviru projekta e-škole HFD-a.

## TEORIJA KRITIČNIH POJAVA I MODELIRANJE U SUSTAVIMA MNOŠTVA ČESTICA (0035007)

Glavni istraživač: Dr. sc. Katarina Uzelac, znanstveni savjetnik

Suradnici: Dr. sc. Eduard Tutiš, viši znanstveni suradnik  
Dr. sc. Osor S. Barišić, asistent  
Dr. Zvonko Glumac, docent, ETF Osijek  
Prof. dr. sc. Ivo Batistić, PMF Zagreb  
Dipl. inž. Ivan Balog, asistent  
Dipl. inž. Krešimir Šaub, stručni suradnik

### Opis istraživanja

Istraživanja su obuhvatila nekoliko tema iz područja statističke fizike i fizike čvrstog stanja.

U sklopu teorije kritičnih pojava proučavani su diskretni modeli na rešetki različitim renormalizacijskim postupcima i numeričkim simulacijama, te neki jednostavni modeli za fazne prijelaze daleko od ravnoteže.

Proučavani su kritični fenomeni bitno karakterizirani utjecajem nereda. Formuliran je posebni model zamrznutog nereda, potaknut sociološkim modelima, koji opisuju kompeticiju globalizacije i kulturne raznolikosti. Ispitivano je postojanje faznog prijelaza i njegov karakter u ovakvom modelu kombinirajući numeričke simulacije, scaling argumente i analitički pristup.

U granici srednjeg polja dobiveni su egzaktni analitički rezultati za kritično ponašanje u nule particijske funkcije u nekoliko karakterističnih primjera Pottsovog modela s ograničenjima. ("Solution of the constrained Potts model in the mean-field limit", Z. Glumac, K. Uzelac)

Ranije studije faznog prijelaza 2. reda induciranog zamrznutim neredom upotpunjene su proučavanjem utjecaja ravnotežno uvedenog razrjeđenja u istim modelima. Proučavan je utjecaj odbijanja razrijeđenih nečistoća na prijelaz. ("Staggered lattice gas phase in the diluted Potts model", I. Balog, K. Uzelac)

Osim ravnotežnih kritičnih pojava promatrani su dinamički fazni prijelazi u sustavima daleko izvan ravnoteže, koji su od aktualnog interesa kako u kontekstu problema kondenzirane materije, tako i za pojave vezane uz rast ili neke biološke procese.

Učinak dugodosežnih skokova promatran je na jednodimenzionalnom primjeru asimetričnih procesa isključenja i dobiven je niz novih

rezultata počevši od promjene faznog dijagrama, do promijenjenog ponašanja korelacijskih funkcija što otvara nova pitanja vezana scaling svojstva.

( "Phase transition in the 1d model for totally asymmetric exclusion process with long-range hopping", J. Szavits-Nossan, K. Uzelac)

U sklopu istraživanja polaronskih stanja izveden je novi fazni dijagram Holsteinovog polarona za kvazijednodimenzijske sustave. Ovaj fazni dijagram je, razlikujući adijabatske i neadijabatske doprinose, te doprinose koji su pridruženi efektima diskretnosti rešetke, u stanju u odnosu na svojstva lokalne i translacijske dinamike polarona razlikovati sve režime parametara koji se susreću i literaturi, te objasniti prirodu prijelaza između njih.

Razmotrena su također niskofrekventna svojstva elektronskih i fononskih korelacija. Pokazano je su polaronski doprinosi fononskoj spektralnoj funkciji ponašaju kvalitativno drugačije u različitim režimima parametara. U području jake veze u kojem dolazi do samouhvata polarona, polaronska deformacija rešetke pokazuje klasični karakter, dok je u području slabe veze njezina priroda kvantna. U prijelaznom području parametara između teških i lakih polaronskih stanja, fononska spektralna funkcija otkriva složeni međuodnos kvantnih efekata i klasičnog ponašanja koji su posljedica miješanja adijabatskih i neadijabatskih doprinosa. (Holstein light quantum polarons, cond-mat/0602260, O.S. Barišić).

Nastavili smo istraživanja vezana na elektronske procese u neuređenim organskim materijalima i uređajima. Modelirali smo svojstva elektronskog ansambla u homogenom mediju te utjecaj dopiranja (nabojnih zamki) na proces vođenja i rekombinacije. Proučili smo utjecaj svojstava organskih heterostruktura (strukturnog i energetskog nereda, energetske barijere, itd.) na transport naboja. Ova istraživanja dovedena su u vezu sa svojstvima uređaja proizvedenih u suradničkim laboratorijima.

## **Theory of Critical Phenomena and Modeling in Many-Body Systems**

Theoretical investigations of critical phenomena and modelling in many-particle systems include several topics belonging both to statistical and condensed matter physics.

The critical phenomena in discrete models on the lattice were studied by different numerical and renormalization approaches with the emphasis on the first-order phase transitions, quenched disorder and



long-range interactions and also including simple models of phase transitions out of equilibrium.

Exact analytical results were obtained for the constrained Potts model in the mean-field limit.

In context of annealed disorder, we studied geometrical aspects of phase transitions with annealed dilution and effect of the repulsion of vacancies on the character of phase transition.

We have also studied systems out of equilibrium that presently attract considerable attention both in context of solid state physics but are also related to phenomena of growth or biological processes. We have studied the effect of long-range hopping to the one dimensional model for asymmetric exclusion process, a paradigmatic model for driven diffusive processes. New results were obtained for the phase diagram, density profiles and long-range correlation properties.

A new phase diagram is suggested for the Holstein polaron problem in one dimension. In contrast to previous attempts, this diagram provides a suitable description of the crossovers between all of the regimes considered in the literature: from adiabatic to nonadiabatic, from weak coupling to strong coupling, from itinerant to self-trapped polarons, and from large to small polarons.

A qualitative explanation of the crossover regime between the self-trapped and free-particle-like behaviors, not well-understood previously, is proposed. It is shown that a fine balance of nonadiabatic and adiabatic contributions determines the motion of small polarons, making them light. In addition, a comprehensive analysis of spatially and temporally resolved low-frequency lattice correlations that characterize the translationally invariant polaron states is derived.

We continued our research related to electronic processes in disordered organic materials and devices. Recently we modelled the properties of the electronic ensemble in homogenous medium as well as doping (charge trapping effects) on transport and recombination. We examined the effect of the organic heterojunction properties (structural and energetic disorder, energy barriers, etc) on charge conduction. These investigations were brought in correspondence with the properties of devices produced in the collaborating laboratories.

## **Objavljeni radovi:**

### **redovni radovi u CC casopisu**

F. Nüesch, ; D. Berner, ; E. Tutiš, ; M. Schaer, ; C. Ma, .; X. Wang ; B. Zhang, .; L. Zuppiroli .

Doping-Induced Charge Trapping in Organic Light-Emitting Devices.

Advanced Functional Materials. 15 (2005) ; 175-183

H.Houili, ; E. Tutiš, I. Batistić, ; L. Zuppiroli.

Investigation of the charge transport through disordered organic molecular heterojunctions

prihvaćeno u Journal of Applied Physics.

### **ostali časopisi**

O. S. Barišić, S. Barišić,

Polarons by translationally invariant diagrammatic perturbation theory

Fizika A 14, 153 (2005)

E. Tutiš ; I. Batistić .

Current filamentation and degradation in electronic devices based on amorphous organic layers.

Fizika A. 14, 167-178 (2005)

### **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

Z. Glumac, K. Uzelac: First-order transitions in large-q one-dimensional Potts model with power-law decaying interactions, Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics - MECO 30, Cortona, 28.3-1.4.2004.

### **Neposredna suradnja**

K. Uzelac (IFS) - R. Jullien (Universite de Montpellier II, Francuska)

### **Sudjelovanje u nastavi:**

### **Dodiplomska nastava**

K. Uzelac,  
Ireverzibilni procesi u fizici  
Kolegij na 3. godini studija, inž. fizike, PMF, Zagreb

O. S. Barišić  
Seminar iz Ireverzibilnih procesa (vježbe)  
Kolegij na 3. godini studija, inž. fizike, PMF, Zagreb  
I. Balog:  
Praktikum III,  
druga godina, PMF, Zagreb

### **Poslijediplomska nastava**

E. Tutiš  
Fizika poluvodiča  
Postdiplomski studij iz fizike, (akademska godina 2004-2005)

### **Diplomski, magistarski i doktorski radovi:**

#### **Diplomski rad**

Juraj Szavits-Nossan: "Neravnotežni fazni prijelazi na primjeru asimetričnog procesa isključenja, PMF Zagreb, 2005. (mentor: K. Uzelac)

#### **Doktorska disertacija**

Osor Slaven Barisic: "Holsteinovi polaroni i bipolaroni", Sveuciliste u Zagrebu, PMF, Zagreb 2005.

#### **Ostalo**

K Uzelac,  
-pridruženi urednik u časopisu Fizika A  
E. Tutiš:  
-član organizacijskog odbora ljetne škole  
K. Uzelac:  
Vođenje računskog centra i lokalne mreže, pripadnih servisa,  
te koordinacija s CARNetom



## ELEKTRONSKA I STRUKTURNA SVOJSTVA SLITINA I INTERMETLIKA (0035008)

Glavni istraživač: Dr. sc. Jagoda Lukatela, viši znanstveni suradnik

Suradnik: Dr. sc. Jovica Ivkov, viši znanstveni suradnik

### Opis istraživanja:

Nastavljeno je detaljno istraživanje strukturnih i transportnih svojstava tankih filmova amorfni slitina na bazi refraktornih materijala i aluminijskih. Filmovi debljine do 500 nm dobiveni su magnetronskom kodepozicijom (na IRB-u) na različitim podlogama (korund, safir, staklo itd).

Djelomično su istražena svojstva tankih filmova  $Al_xMo_{100-x}$ ,  $Al_xNb_{100-x}$  i  $Al_xTa_{100-x}$  slitina. Mjerenjem električne otpornosti određena je temperaturna stabilnost tih slitina.  $Al_xMo_{100-x}$  slitine su amorfne za  $45 \leq x \leq 85$  s temperaturom kristalizacije iznad  $450^\circ C$ .  $Al_xNb_{100-x}$  i  $Al_xTa_{100-x}$  filmovi su amorfni u još širem rasponu koncentracija ( $30 \leq x \leq 90$ ) ali imaju nižu temperaturu kristalizacije od oko  $300^\circ C$ . Po iznosu otpornosti,  $\rho$ , i temperaturnog koeficijenta otpornosti na sobnoj temperaturi,  $\alpha$ , AlNb i AlTa slitine slične su amorfni slitinama tipa rani prijelazni-kasni prijelazni metal. Za AlMo slitine karakteristična je veća električna otpornost (do  $1000 \mu\Omega cm$ ) i veći negativni koeficijent  $\alpha$  (do  $-10 \cdot 10^{-4} K^{-1}$ ). Ujedno su i efekti relaksacije određeni iz otpornosti pri izokronom grijanju najveći u AlMo slitinama (do 20%). To ukazuje na mogućnost korelacije efekata relaksacije s otpornosti i koeficijentom  $\alpha$  (prethodno smo odredili korelaciju relaksacije s Hallovim efektom u AlW slitinama).

U relaksaciji nekih AlMo uzoraka pronađene su i naznake efekata starenja koje navode na potrebu sistematičnije organizacije vremenskog slijeda ispitivanja i sistematičnijeg ispitivanja netom deponiranih filmova.

Ispitivanja električne otpornosti nanokristaliničnih tankih filmova nikla dobivenih magnetronskom depozicijom debljine 20-400 nm i veličine zrna 12-16 nm pri izokronom grijanju pokazuju dvije fazne ireverzibilne transformacije. Prva transformacija se odvija na  $170-200^\circ C$  i pri njoj dolazi do oštrog pada električne otpornosti zbog naglog okrupnjavanja zrna na približno 70 nm. Druga transformacija se odvija u intervalu  $400-600^\circ C$  i tijekom nje otpornost i dalje pada. Nakon grijanja do  $700^\circ C$  zrna narastu na  $\sim 100$  nm a temperaturna ovisnost električne otpornosti u slijedećim ciklusima grijanje-hlađenje odgovara ponašanju masivnog krupnozrnatog nikla.

U suradnji s projektom 0035013 mjerena su transportna i termoelektrična svojstva kvazikristalnih aproksimanata Al-Cr-Fe.

## **Electronic properties of structural properties of alloys and intermetallics**

We have continued the investigation of structural and electronic transport properties of amorphous thin films made of refractory metals and aluminum, namely  $\text{Al}_x\text{Mo}_{1-x}$ ,  $\text{Al}_x\text{Nb}_{1-x}$  and  $\text{Al}_x\text{Ta}_{1-x}$ . The films were produced at the Ruđer Bošković Institute by magnetron-codeposition in the form of thin (500nm) films on various substrates (corundum, quartz, sapphire, etc.).

The electrical resistivity measurements were used to study the temperature stability of the above-mentioned amorphous alloys.  $\text{Al}_x\text{Mo}_{1-x}$  alloys are amorphous for the aluminum concentration,  $x$ , in the range of  $45 \leq x \leq 85$  with crystallization temperatures above  $450^\circ\text{C}$ .  $\text{Al}_x\text{Nb}_{1-x}$  and  $\text{Al}_x\text{Ta}_{1-x}$  thin films are amorphous in even wider concentration range ( $30 \leq x \leq 90$ ) but with lower crystallization temperatures  $\sim 300^\circ\text{C}$ . The values of the resistivity,  $\rho$ , and of the temperature coefficient of the resistivity at room temperature,  $\alpha$ , of  $\text{Al}_x\text{Nb}_{1-x}$  and  $\text{Al}_x\text{Ta}_{1-x}$  alloys are similar to those of the early-late transition metals amorphous alloys.  $\text{Al}_x\text{Mo}_{1-x}$  alloys are characterized by larger values of  $\rho$  up to  $1000 \mu\Omega\text{cm}$ , as well as larger negative temperature coefficient  $\alpha$  up to  $-10 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$ . Also, the relaxation effects determined from the resistivity during isochronal heating are the largest in  $\text{Al}_x\text{Mo}_{1-x}$  alloys ( $\sim 20\%$ ). Thus one can correlate relaxation effects to the resistivity and temperature coefficient of the resistivity. (Earlier we had shown a correlation of relaxation effects to the Hall coefficient.) In the relaxation process of some AlMo alloys we have observed ageing effects. This indicates a need to organize (a) time-sequence of our studies more systematically, as well as to study the films as soon as they are made.

The electrical resistivity measurements during isochronal heating of thin films,  $d = 20\text{-}400 \text{ nm}$ , of nanocrystalline nickel, with grain size of  $12\text{-}16 \text{ nm}$ , produced by magnetron-deposition show two irreversible phase transformations. The first one occurs between  $170$  and  $200^\circ\text{C}$  and is accompanied with sharp drop of the resistivity due to the growing of grains to about  $70 \text{ nm}$ . The second one occurs in the interval  $400 - 600^\circ\text{C}$  and is accompanied with a further resistivity drop. After heating the sample to  $700^\circ\text{C}$  the grains grow to  $\sim 100 \text{ nm}$  and the temperature dependence of the electrical resistivity in the consecutive heating-cooling cycles is similar to those in large-grained bulk nickel.

### **Objavljeni radovi:**

## redovni rad u CC časopisu

1. T. Car, N. Radić, J. Ivkov, A. Tonejc  
Resistivity models of the phase-transformation of amorphous  $Al_{78}W_{22}$  thin films under isothermal and isochronal conditions  
Applied Physics A: Materials Science & Processing 80 (2005), 1087-1092.
2. Ž. Bihar, A. Bilušić, J. Lukatela, A. Smontara, P. Jeglič, P. McGuinness, J. Dolinšek, Z. Jagličić, J. Janovec, V. Demange, J.M. Dubois  
Magnetic, transport and thermoelectric properties of Al-Cr-Fe quasicrystalline approximants  
Journal of Alloys and Compounds. 407 (2006), 1-2; 65-73.

## Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

- 1 Car, Tihomir; Radić, Nikola; Ivkov, Jovica; Tonejc, Anton  
Crystallization kinetics of amorphous  $Al_xMo_{1-x}$  thin films under isochronal conditions  
ICTF13/ACSIN8, Stockholm, June 19-23, 2005., Abstract Book, Karlsson, Ulf (ur.), Stockholm : Swedish Vacuum Society, 2005. 61-61.
  1. Radić, Nikola; Ivkov, Jovica; Djerdj, Igor; Tonejc, Anton; Tonejc, Andjelka; Dubček, Pavo.  
Nanocrystalline nickel prepared by magnetron sputtering - structure and thermal stability  
ICTF13/ACSIN8, Stockholm, June 19-23, 2005., Abstract Book, Karlsson, Ulf (ur.), Stockholm : Swedish vacuum Society, 2005. 54-54.
  2. Radić, Nikola; Car, Tihomir; Siketić, Zdravko; Tonejc, Anton, Djerdj, Igor; Ivkov, Jovica; Metikoš-Huković, Mirjana.  
Amorphous  $AlMo$  thin films prepared by magnetron codeposition  
E-MRS 2005 Spring Meeting, Strasbourg, 31.05.-03.06.2005., Scientific Programme, Slaoui, Abdelilah ; Barbier, Daniel ; Crean, Gabriel ; Martins, Rodrigo ; Habermeier, Hans-Ulrich (ur.), Strasbourg : European Materials Research Society, 2005. K-9/22.
- Car, Tihomir; Radić, Nikola; Ivkov, Jovica; Tonejc, Antun.  
Kinetika kristalizacije amorfnih  $Al_xMo_{1-x}$  tankih filmova u neizotermnim uvjetima

12. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Trakošćan, 18.05.2005., Zbornik sažetaka, Radić, Nikola (ur.), Zagreb, Hrvatsko vakuumsko društvo, 2005. 22-22.

Radić, Nikola; Car, Tihomir; Siketić, Zdravko; Tonejc, Antun; Djerdj, Igor; Ivkov, Jovica; Metikoš-Huković, Mirjana.

Amorfni tanki filmovi Al-Mo slitina

12. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Trakošćan, 18.05.2005., Zbornik sažetaka, Radić, Nikola (ur.), Zagreb, Hrvatsko vakuumsko društvo, 2005. 20-20.

Radić, Nikola; Ivkov, Jovica; Djerdj, Igor; Tonejc, Antun; Tonejc, Anđelka; Dubček, Pavo.

Struktura i termička stabilnost nanokristalnog nikla

12. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Trakošćan, 18.05.2005., Zbornik sažetaka, Radić, Nikola (ur.), Zagreb : Hrvatsko vakuumsko društvo, 2005. 11-11.

### **Međunarodna znanstvena suradnja**

1. Ispitivanje novih kompleksnih metalnih spojeva i kvazikristala, HR-SLO bilateralni projekt, voditelji: dr. sc. Ana Smontara, IF, Zagreb, Hrvatska i prof. dr. Janez Dolinška, Institut J. Stefana, i Fakultet za matematiku i fiziku Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija. (J. Lukatela, suradnica na projektu)

2. Thermal-transport and magnetic properties of highly frustrated magnets (IB7320-111044), SCOPES (HR-CH projekt), voditelji: prof. dr. László Forró, Institut de la Physique de la Matière Complexe, EPFL, Lausanne, Švicarska i dr. sc. Ana Smontara, IF, Zagreb, Hrvatska (J. Lukatela, suradnica na projektu)

### **Neposredna znanstvena suradnja**

1. A. Smontara, A. Bilušić i J. Lukatela i J.M. Dubois (LSG2M-CIM, Ecole des Mines, Parc de Saurupt, Nancy, Francuska) suradnja u okviru projekta Complex metallic alloys (NMP3-CT-2005-500140), EU projekt izvrsnosti.

2. Suradnja s projektima MZOS 0035013, glavni istraživač Dr. Sc. Ana Smontara; 0098021, glavni istraživač Dr. sc. Nikola Radić, 0119262 glavni istraživač doc. dr. sc. Ivan Kokanović i 0119260 glavni istraživač prof. dr.sc. Emil Babić.



# MAGNETIZAM I SUPRAVODLJIVOST KOMPLEKSNIH OKSIDA PRIJELAZNIH METALA (0035009)

Glavni istraživač: dr.sc.Mladen Prester, viši znanstveni suradnik

Suradnici: dr.sc.Đuro Drobac, viši znanstveni suradnik  
dr.sc.Željko Marohnić, znanstveni suradnik  
dipl.inž. Ivica Živković, znanstveni novak

## Opis istraživanja

U protekloj godini rad na projektu bio je dominantno usmjeren na istraživanje magnetizma četiri grupe sistema:  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$  (i srodnog sistema  $\text{Cu}_3\text{WO}_6$ ), bakarnih oksihalida  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$  (gdje je  $\text{X}=\text{Br}, \text{Cl}$ ), rutenokuprata  $\text{RuSr}_2\text{Eu}(2-x)\text{Ce}_x\text{Cu}_2\text{O}_{10}$  ( $\text{Ru}1222$ ) i na nove oksihalide kobalta. Na  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$  započeta su, u suradnji sa znanstvenicima sa Paul Scherrer Instituta, sistematska mjerenja elastičnog raspršenja na monokristalima te ne-elastičnog raspršenja neutrona na praškastim uzorcima. Mjerenja na monokristalima pokazala su suglasnost sa, na jednoj strani, kolinearnim AF magnetskim uređenjem na spin-web rešetci  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$ , a na drugoj sa domenskom strukturom na koju je moguće utjecati vanjskim magnetskim poljem. Ne-elastična raspršenja ukazala su na neočekivano prisustvo spinskih eksitacija inače karakterističnih za sisteme spinskih klastera sa singletnim osnovnim stanjem, a ne za magnetski uređene 3d sisteme. Prisustvo takvih eksitacija potvrdili smo u srodnom sistemu  $\text{Cu}_3\text{WO}_6$ , strukturu kojeg doista karakteriziraju spinski heksagonski klaster (prsteni). U istraživanju sistema  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$  u protekloj godini najviše smo se bavili uzorcima  $\text{X}=\text{Br}$ . Mjerenjem ac susceptibilnosti pokazali smo ovisnost iznosa redukcije susceptibilnosti ispod temperature magnetskog uređenja o kvaliteti uzorka. Taj rezultat govori u prilog moguće koegzistencije lokaliziranih singleta unutar globalnog magnetskog uređenja. Ovisnost o uzorku govori također da je prisustvo defekata/disordera važan parametar u ostvarenju takve koegzistencije. Za rutenokuprat  $\text{Ru}1222$  detaljno je analizirana karakteristična leptir-histereza ac susceptibilnosti. Razvijen je model po kojem je histereza sastavljena od dva nezavisna doprinosa, uobičajenog feromagnetskog doprinosa karakteriziranog koercitivnim poljem i doprinosom odgovornog za invertiranost histereze te vremenske relaksacije

susceptibilnosti. Model dvaju doprinosa leptir- histerezi podupire interpretaciju magnetske strukture Ru1222 kao intrinzično nehomogene, karakterizirane formiranjem feromagnetskih klastera (na mezoskopskoj skali) unutar homogene matrice, slično trenutno važećim modelima za magnetizam manganata. Tokom prošle godine također su započela istraživanja magnetizma niza novih oksihalida baziranih na ionu kobalta, sintetiziranih po prvi put (suradnja sa H. Berger, IPCM-EPFL, Lausanne i M. Johnsson, University of Stockholm). Napose su istraživani sistemi  $\text{Co}_2\text{Te}_2\text{O}_3\text{X}_2$  ( $\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}$ ) i  $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}$ . Oba sistema sa magnetski uređuju na niskoj temperaturi no magnetsko uređenje je kompleksnog karaktera. U  $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}$  snažno je izražena feromagnetska komponenta premda se na visokim temperaturama prisutne efektivno antiferomagnetske korelacije.

## **Superconductivity and Magnetism in Complex Systems**

In collaboration with scientists from Paul Scherrer Institute inelastic and elastic neutron scattering studies have been initiated on a new three-dimensional spin-web magnetic compound  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$ . Unexpected spin excitation spectrum, revealing elements otherwise characteristic for systems featuring singlet ground-state clusters, have been identified in magnetically ordered phase. Similar spin excitation spectrum have been found in the related hexagonal spin-ring system  $\text{Cu}_3\text{WO}_6$ . In the latter system such a spectrum is expected due to the even number of cluster spins and an absence of long range order. For the ruthenocuprate  $\text{RuSr}_2\text{Eu}_{(2-x)}\text{Ce}_x\text{Cu}_2\text{O}_{10}$  (Ru1222) a model of two component butterfly hysteresis has been developed and used to support the presence of mesoscopically-sized ferromagnetic clusters as an inevitable element of the compound's magnetic structure. Magnetism of number of new cobalt-based oxohalides, like  $\text{Co}_2\text{Te}_2\text{O}_3\text{X}_2$  ( $\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}$ ) i  $\text{Co}_7(\text{TeO}_3)_4\text{Br}$ , have been also investigated. In the ground states these systems, synthesized and studied for the first time, are magnetically ordered. Magnetic order is however complex in character and, in spite of high-temperature antiferromagnetic correlations, ferromagnetic interactions have been identified as well.

### **Applied research**

Previously established collaboration with a spin-off company CryoBIND/Sistemprojekt-Zagreb has been continued. As the main outcome the measuring performances of the CryoBIND system, a commercial ac susceptibility set-up marketed by the latter company,

have been substantially improved while the new options are currently developing.

**Objavljeni radovi:  
redovni rad u CC časopisu**

1. M. Herak, ; H. Berger, ; M. Prester, ; M. Miljak, ; I. Živković, ; O. Milat, ; Đ. Drobac, ; S. Popović, ; O. Zaharko, . Novel spin lattice in  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$ : an antiferromagnetic order and domain dynamics. // Journal of Physics: Condensed Matter. 17 (2005.) ; 7667-7679 (članak, znanstveni rad).

2. I. Živković, ; Đ. Drobac, ; M. Prester, Time relaxation of ac susceptibility on very short time scales. // Review of Scientific Instruments. 76 (2005) 096101-096104 (članak, znanstveni rad).

**Rad objavljen u zborniku međunarodne konferencije**

R. Ristić, ; Ž. Marohnić, ; E. Babić, Magnetic properties of Zr-3d glassy alloy systems // Properties and Applications of Nanocrystalline Alloys from Amorphous Precursors / B. Idzikowski, ; P. Švec, ; M. Miglierini, (ur.). Dordrecht/ Boston/ London : Kluwer Academic Publishers, 2005. (poglavlje u knjizi).

**Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

I.Živković, Theoretical and Experimental Magnetism Meeting, London, UK, 2.-3. 8 2005. sa saopćenjem Two phases in  $\text{Ru}_2\text{O}_3$  ruthenocuprate

**Diplomski rad:**

Krunoslav Prša, Osnovno magnetsko stanje kvantnog magneta  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{Br}_2$ , PMF Zagreb, prosinac 2005. (voditelj: Mladen Prester)

**Međunarodna znanstvena suradnja- Formalna suradnja**

Ime projekta: 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 and ETH, Švicarska

### **Međunarodna znanstvena suradnja - Neformalna suradnja**

Ivica Bradarić, Laboratory for Theoretical and Condensed Matter Physics, The "Vinča" Institute of Nuclear Sciences, P.O.Box 522, 11001 Beograd

Helmuth Berger, Institut de la Physique de la Matière Complexe, PH - FSB, Ecublens, EPFL CH-1015 Lausanne, Švicarska

Mats Johansson, Department of Inorganic Chemistry, Stockholm University

### **Sudjelovanje u nastavi: dodiplomska nastava,**

- Ivica Živković, Vježbe iz Osnove teorije vjerojatnosti i Matematička statistika
- Đuro Drobac sudjeluje u dijelu kolegija Eksperimentalne metode fizike.

### **Ostalo**

Recenzentske aktivnosti

-Mladen Prester recenzira za časopise: Physical Review (B i E), J.Phys.Condens.Matter, Supercond.Sci.Technol., E.Phys.J, Fizika (Hrvatska)

-Đuro Drobac recenzira za časopis J.Phys.Condens.Matter.

-Aplikativni projekti

U suradnji sa poduzećem CryoBIND/Sistemprojekt razvijaju se nove opcije i mjeriteljske performanse CryoBIND sistema za mjerenje ac susceptibilnosti.

# **TRANSPORT I TERMODINAMIKA NOVIH MATERIJALA S ELEKTRONSKIM KORELACIJAMA (0035010)**

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

Suradnici: Dr. sc. Marko Miljak, viši znanstveni suradnik  
Dr. sc. Berislav Horvatić, znanstveni suradnik  
Dipl.inž. Mirta Herak, znanstveni novak

## **Opis istraživanja**

Nastavili smo istraživati utjecaj jakih elektronskih korelacija na termodinamička i transportna svojstva metalnih sistema. Teorijska istraživanja usmjerili smo na dva problema. Prvo, primijenili smo Keld- ishev formalizam na Falicov-Kimball model u beskonačno dimenzija i izračunali numeričkim metodama, spektralnu funkciju f-elektrona. (Detalji su opisani u radu 1.) Drugo, pomoću NCA analize Andersonovog modela objasnili smo utjecaj hidrostatskog tlaka na Kondo efekt i efekt fluktuirajuće valencije, te našli (T-P) fazni diagram cerijevih i iterbijevih spojeva. Rezultati su opisani u radovima 2. i 3.) U eksperimentalnom dijelu projekta je susceptibilnost i anizotropija kvazi-jednodimenzionalnih bakar oksida i analizirana anizotropija interakcije izmjene. Rezultati su opisani u radovima 4. i 5.

## **Transport and thermodynamics of strongly correlated electron systems**

We continued to investigate the transport and thermodynamic properties of strongly correlated electrons at different temperatures, magnetic fields, and pressures. In the theoretical part of the project we considered two different problems. First, we calculated the f-electron spectral function of the Falicov-Kimball model using Keldysh formalism. For details see paper [1.] Second, using the non-crossing approximation, we solved the Anderson model, and explained the temperature-pressure phase diagram of Cerium and Ytterbium intermetallic compounds. For details see papers [2.] and [3.] In the experimental part, we combined the highly sensitive torque measurements with the susceptibility measurements, to study the anisotropic superexchange interaction in quasi one-dimensional and

two-dimensional copper-oxide crystals. For details see papers [4.] and [5.].

**Objavljeni radovi:  
redovni rad u CC časopisima:**

1. J. K. Freericks, V. M. Turkowski, and V. Zlatić,  
f-electron spectral function of the Falicov-Kimball model in infinite  
dimen-  
sions: the half-filled case,  
dostupno u e-arhivi: <http://xxx.lanl.gov/cond-mat/0407411>,  
Physical Review B, 71,115111 (2005).

2. H. Wilhelm, D. Jaccard, V. Zlatić, R. Monnier, B. Delley, B.  
Coqblin,  
High-pressure transport properties of CeRu<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub>,  
dostupno u e-arhivi: <http://xxx.lanl.gov/cond-mat/0407411>,  
Journal of Physics: Cond. Matt, 17, S823-S836 (2005).

3. V. Zlatić and R. Monnier,  
Theory of the thermoelectricity of intermetallic compounds with Ce  
or Yb ions,  
dostupno u e-arhivi: <http://xxx.lanl.gov/cond-mat/0501519>,  
Physical Review B, 71, 165109 (2005)

4. Miljak M. Herak M. Revcolevschi A. Dhalenne G.  
Anisotropic spin-Peierls state in the inorganic compound CuGeO<sub>3</sub>,  
Europhysics Letters. 70, 369-375, (2005).

5. Herak M. Prester M. Miljak M. Živković I. Milat O. Drobac D.  
Popović S.  
Zaharko O.  
Novel spin lattice in Cu<sub>3</sub>TeO<sub>6</sub> an antiferromagnetic order and  
domain dynamics,  
J. Phys.: Condens. Matter. 17, 7667-7679, (2005).

**Konferencijski rad u CC časopisu:**

1. J.K. Freericks, V.M. Turkowski and V. Zlatić  
f-electron spectral function near a quantum critical point,  
Physica B: Physics of Condensed Matter 359-361C, 684-686 (2005).

**Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

1. V. Zlatić (pozvano predavanje)  
Theory of the thermoelectricity of intermetallic compounds with Ce or Yb ions.  
Workshop on Anomalous Phenomena in Strongly Correlated Electron Materials, Wrocław, svibanj 2005
2. V. Zlatić (usmeno saopćenje)  
Thermoelectricity of heavy fermions and valence fluctuators.  
The International conference on strongly correlated electron systems, Beč, srpanj, 2005.
3. V. Zlatić (pozvano predavanje)  
Relationship between thermopower and entropy of correlated thermoelectrics.  
Third European Conference on Thermoelectrics (ECT2005)  
Nancy, Francuska, Rujan, 2005
4. V. Zlatić (pozvano predavanje)  
Thermoelectric properties of heavy fermions.  
Workshop on Correlated Thermoelectrics,  
Hvar, rujan 2005.

**Organiziranje znanstvenih skupova:**

1. Međunarodna škola Correlated thermoelectrics. Hvar, rujan 2005.  
Škola je organizirana u okviru International Institute of Complex and Adaptive Matter”, a pohađalo ju je 80 učesnika, Direktori su bili V. Zlatić, J. Freericks i B. Maple.
2. Međunarodna konferencija Concepts in Electron Correlation. Hvar, listopad 2005. Na skupu je sudjelovalo 100 učesnika. Direktori konferencije su bili V. Zlatić i A. Hewson.

**Međunarodna znanstvena suradnja**

1. Computational design and optimization of nanoscale spintronics and thermoelectric devices.  
Projekt financiraju National Science Foundation, USA, i MZT RH  
Kordinator na hrvatskoj strani: Dr. V. Zlatić  
Partner u inozemstvu: Prof. J. Freericks,  
Georgetown University, Washington D.C., USA

2. COST Action P16 Emergent Behaviour in Correlated Matter  
2005-2009

**Neposredna suradnja:**

1. Prof. F. Steglich, Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester  
Stoffe,  
Dresden, Njemačka

2. Dr A. Hewson, Imperial College, London, UK

**Studijski boravci:**

1. V. Zlatić - gostujući znanstvenik, Kavli Institute for Theoretical  
Physics, pro-  
gram "Quantum Phase transitions", veljača 2005.

2. V. Zlatić - Mercator Professor Njemacke zaklade za znanost DFG -  
Deutsche  
Forschungsgemeinschaft, Tehničko sveučilište, Dresden, ožujak -  
svibanj, 2004



## **SVOJSTVA JAKO KORELIRANIH METALA OD INTERESA ZA PRIMJENU (035011)**

Glavni istraživač: dr. sc. Miroslav Očko, viši znanstveni suradnik

Suradnici: dr. sc. Ivica Aviani, znanstveni suradnik  
prof. fiz. Željko Šimek, znanstveni novak

### **Opis istraživanja**

Nastavili smo istraživanje jako koreliranih elektronskih materijala koji sadrže Yb ion. Mjerenja i analiza rezultata specifične topline  $\text{Yb}_{0.5}\text{Y}_{0.5}\text{InCu}_4$  pokazala su da niskotemperaturni porast magnetskog dijela specifične topline nije rezultat popunjavanja magnetskih nivoa rascijepljenih kristalnim električnim poljem, nego da uzrokovan Kondo interakcijom. Iako je u tom sistemu Kondo interakcija slaba, ipak nadjačava RKKY interakciju (rad. D1). Usporedba s transportnim mjerenjima ukazuje na mogućnost postojanja inverznog Kondo efekta. Treba napomenuti da teorijska pretpostavka postojanja inverznog Kondo efekta nije još nedvojbeno eksperimentalno dokazana, te ćemo nastaviti istraživanja u tom smislu.

Vezano uz mogućnost primjene novih materijala ispitivali smo mehanička svojstva sistema kojima smo ranije istražili termoelektrična svojstva. Pokazali smo da je u  $\text{YbIn}_{1-x}\text{Ag}_x\text{Cu}_4$  sistemu slitina, jednako kao i u  $\text{Yb}_x\text{Y}_{1-x}\text{InCu}_4$  sistemu, koncentracijska ovisnost Vickers-ove mikrotvrdoće posljedica promjene elektronske strukture. Takav rezultat je bio neočekivan jer su mehanička svojstva metalnih sistema primarno određena gustoćom i pokretljivošću dislokacija. S druge strane, neočekivano je bilo to što je tvrdoća manja za gušće slitine. To je objašnjeno time što Vickersova mikrotvrdoća nije proporcionalna s Youngovim modulom već s modulom smicanja, te elektronskom strukturom tih sistema. (radovi A1. i A2.).

U cilju proučavanja mogućih osnovnih stanja Kondo sistema započeli smo istraživanja na Kondo feromagnetima. Smatra se da je CePt Kondo sistem koji se feromagnetski uređuje, što je vrlo rijetko u sistemima koji sadrže cerij. Početna istraživanja  $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Pt}$  sistema ne ukazuju na postojanje Kondo interakcije na niskim temperaturama. Radna pretpostavka, kojom pokušavamo razumjeti taj rezultat, je da u slitinama postoje nanostrukture iona cerija koje dovode do nestanka

ili ometanja Kondo interakcije. Ova zanimljiva pretpostavka dovodi nas u vezu sa, danas aktualnim, istraživanjima nanostrukture.

U okviru kolaborativnog projekta *Koncept kompleksnosti i njegova primjena*

započeli smo proučavanja jednodimenzionalnih elektronskih sustava. Uspjeli smo izmjeriti termostruju TaS<sub>3</sub> ispod 50 K i uočili da postoji minimum na 30 K (rad. B1). Napominjemo da mjerenja ispod 50 K za ovaj spoj do sada nisu postojala.

Mjerena je i termostruja (NbSe<sub>4</sub>)<sub>3</sub>I. Pokazali smo da je termostruja tog sistema pozitivna na temperaturama višim od 100 K. To se razlikuje od do sada poznatog rezultata nađenog u literaturi. Naši rezultati ukazuju da termostruje jednodimenzionalnih sistema imaju sličnu temperaturnu ovisnost. U tom smislu nastaviti ćemo daljnja istraživanja.

Započeta su istraživanja dvodimenzionalnih sistema. Pokazali smo da Ta<sub>x</sub>N sistem na SiO<sub>2</sub> podlozi pokazuje različite karakteristike nego na podlozi od safira. Uočili smo mnoge sličnosti njegovih termoelektričnih svojstava sa svojstvima amorfnim materijala i u tom smislu nastaviti ćemo komparativna istraživanja na sličnim sistemima. Ovi materijali, inače male termoelektrične struje, dobri su kandidati za primjenu pri izradi otpornika i grijača malih dimenzija.

## **Properties of strongly correlated system of interest for application**

We continued our investigations on Yb and Ce based strongly correlated electron materials. Specific heat measurements and data analysis of Yb<sub>0.5</sub>Y<sub>0.5</sub>InCu<sub>4</sub> sample showed that the low-temperature upturn in magnetic specific heat cannot be explained by the population of crystalline electrical field levels and should be attributed to the appearance of the Kondo effect. The Kondo interaction, although being small, overcomes the RKKY interaction (work D1). Comparison with our transport data suggests the appearance of the inverse Kondo effect. We want to stress that there has been not clear experimental evidence of the theoretical prediction of the inverse Kondo effect, and we plan to continue our investigation in this direction.

In connection to the possible application of novel materials, we measured mechanical properties of some materials for which we already had investigated thermoelectric properties. It was shown that the concentration dependence of the Vicker's microhardness of the YbIn<sub>1-x</sub>Ag<sub>x</sub>Cu<sub>4</sub>, and of the Yb<sub>x</sub>Y<sub>1-x</sub>InCu<sub>4</sub>, systems of alloys is

governed by the change of their electronic structure. This was somewhat unexpected result because the mechanical properties of metals are mainly determined by the density and the mobility of dislocations. Besides, it was unexpected for the less dense alloys to be harder. This point was explained by taking into account that the Vicker's microhardness is rather proportional to the shear modulus than to the Young modulus, and, in addition, by the role of specific electronic structure of these systems (works A1. i A2.).

In order to investigate different ground states of Kondo systems, we started to investigate Kondo ferromagnets. The CePt alloy is considered to be a Kondo system with ferromagnetic ground state. This is very rare for the system containing Ce ion. However, our previous results on the  $Ce_xLa_{1-x}Pt$  alloy system do not show the existence of the Kondo interaction at low temperatures. Our working hypothesis, which could explain our results, is existence of nanostructures of Ce atoms that destroy or disturb the Kondo interaction. This interesting assumption leads us to the investigations of nanostructures being today's topics of condensed matter physics.

Within the collaborative project *Concepts of complexity and its application* we began investigations of thermoelectric properties of one-dimensional electronic systems. We successfully measured thermopower of the  $TaS_3$  below 50 K and found a minima at 30 K (work B1). We notice there were no thermopower data below 50 K on this system before.

Our measurements on of  $(NbSe_4)_3I$  showed that it has a positive thermopower above 100 K. This is in contrast to the existing data found in literature. Our results also indicate that one-dimensional systems have similar thermopower temperature dependence and we shall resume our investigations to explore this.

We also began the investigations of two-dimensional systems. It is shown that the  $Ta_xN$  system deposited on  $SiO_2$  behaves differently when deposited on sapphire. The thermoelectric properties of this material have lot similarities with amorphous systems and we shall continue the comparative investigations. These materials having a low thermopower are good candidates in application as small resistors and heaters.

## **Objavljeni radovi**

### **Redovni radovi u CC časopisu**

1. M. Očko, J. L. Sarrao, N. Stubičar, I. Aviani, Ž. Šimek, M. Stubičar,

*Microhardness of the  $YbAg_xIn_{1-x}Cu_4$  alloy system*, Journal of Materials Science. **40**  
(2005) 4181-4183

2. M. Stubičar, M. Očko, J.L. Sarrao, N. Stubičar, Ž. Šimek,  
*Influence of the electronic structure on plastic properties of the single crystal  $Yb_xY_{1-x}InCu_4$  and  $Yb_xY_{1-x}InCu_4$  systems*, Croatica Chemica Acta. **78** (2005) 627-32

#### **Konferencijski rad u CC časopisu**

1. Ž. Šimek, P. Puntijar, M. Očko, D. Starešinić, K. Biljaković  
New contribution to the thermopower of o-TaS<sub>3</sub>, Journal de Physique IV. **131**  
(2005.) 349-350

#### **Stručni rad**

1. I. Aviani, *Fizika kao temelj novih tehnologija*, Zbornik 21 ljetne škole mladih fizičara /ISBN 953717803-X/ Šiber A. (ur.), Labin, HFD, 2005., str. 57-64

#### **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. M. Očko, K. Zadro, Đ. Drobac, Ž. Šimek, D. Mixson, E.D. Bauer, J.L. Sarrao,  
Investigations of a ferromagnet alloy system: CexLa<sub>1-x</sub>Pt 3<sup>rd</sup> Hvar meeting on Concepts in Electron Correlation and the 1<sup>st</sup> Hvar Workshop on Correlated Thermoelectrics, Hvar, 2005.

2. I. Aviani, J. Hemberger, A. Loidl, D. Starešinić, M. Očko, J. L. Sarrao,  
Specific heat of the Yb<sub>0.5</sub>Y<sub>0.5</sub>InCu<sub>4</sub> 3<sup>rd</sup> Hvar meeting on Concepts in Electron Correlation and the 1<sup>st</sup> Hvar Workshop on Correlated Thermoelectrics, Hvar, 2005.

3. M. Očko, K. Zadro, Đ. Drobac, Ž. Šimek, D. Mixson, E. D. Bauer, J. L. Sarrao,

Magnetic properties of a Kondo ferromagnet alloy system:  $Ce_xLa_{1-x}Pt$ ,

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems,  
July 26<sup>th</sup>-30<sup>th</sup>,  
2005, Vienna, Austria.

### **Diplomski rad**

Petra Puntijar, *Specifični toplinski kapacitet  $Yb_xY_{1-x}InCu_4$  sistema slitina*,

Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 10. lipnja 2005. (voditelj: Ivica Aviani)

### **Znanstvena suradnja**

Međunarodna formalna suradnja

1. ECO-net program N°10151PC: *Ispitivanje topoloških defekata u elektronskim kristalima niske dimenzionalnosti*,  
mulilateralni program EGIDE-Francuska, Slovenija, Hrvatska, Rusija i Ukrajina  
voditelj: dr. J. Dumas, LEPES, Grenoble, Francuska

2. Projekt: *Dinamika lokaliziranih stanja u niskodimenzionalnim sistemima – od pikosekunde do kilosekunde*  
voditelji: J. Demšar, IJS, Slovenija, D. Starešinić, IFS, Hrvatska

Međunarodna neformalna suradnja

- M. Amara, *Université "Joseph Fourier", Grenoble, Francuska*
- R. M. Galéra, CNRS - Laboratoire "Louis Néel", Grenoble, Francuska
- J. L. Sarrao, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA

Domaća formalna suradnja

Kolaborativni projekt *Koncept kompleksnosti i njegova primjena*, voditelj: K. Biljaković, IFS

Domaća neformalna suradnja

U cilju ispitivanja nekih mehaničkih svojstava jakokoreliranih materijala, surađivali smo sa projektom 0119622 (Dr. Nada Stubičar i Dr. Mirko Stubičar).

### **Ostalo**

## Recenzentski rad

Miroslav Očko recenzirao je tokom godine pet članaka za časopise iz sustava IOP electronic journals.

## Predavanja

I. Aviani, *Ljepota fizike*, Sedmi hrvatski simpozij o nastavi fizike, Šibenik, HFD, 2005., (pozvano predavanje)

I. Aviani, *Fizika kao temelj novih tehnologija*, 21 ljetna škola mladih fizičara, Labin, 2005. (pozvano predavanje)

I. Aviani, *Magneti - što bi još trebalo saznati o njima?*, Tjedan fizike, IFS, 2005., (uvodno predavanje)

I. Aviani, održao je niz popularnih predavanja s pokusima iz magnetizma u školama diljem Hrvatske.

## Sudjelovanje na skupovima

I. Aviani sudjelovao je na *Kick-off COST P16 project MC meetingu*, Brussels, 22.- 23. veljače 2005.

I. Aviani and S. Milošević, *The Croatian Physical Society for the International Year of Physics 2000, report for the first six months period of 2005.*, 2<sup>nd</sup> European meeting for the World Year of Physics, EPS, Mulhouse, Francuska, 2.- 3. rujna 2005. (predavanje)

## Ivica Aviani:

- sudjelovao je u organizaciji znanstvenog skupa: 1<sup>st</sup> Hvar Workshop on Correlated Thermoelectrics and 3<sup>rd</sup> Hvar meeting on Concepts in Electron Correlation
- voditelj je radnog paketa *Beauty of physics* FP6 projekta #516938 WYP2005 Europe.
- voditelj je obrazovnog projekta E-škole: *Magnetizam i jaki magneti*
- organizator je festivala popularnih predavanja pod nazivom *Ljepota fizike*, Institutu za fiziku, Zagreb 17. i 18. ožujka 2005.
- autor je multimedijalne izložbe *Ljepota fizike* otvorene 7. studenog u Klubu SC i Galeriji PU Studentskog centra u Zagrebu
- organizator učeničkih predstava pod nazivom *Fizika na sceni i u priči* održane 8. studenog u Teatru ITD.
- član je Upravnog odbora Hrvatskog fizikalnog društva od 2004

## Rad sa studentima

Od 9.06. do 9.07.2005. u svrhu stažiranja propisanog programom studija Sveučilišta u Georgtownu, USA u našem laboratoriju radio je student Gregory Nelson. Tokom boravka radio je na istraživanjima Ta<sub>x</sub>N sistema. Mentor Gregory Nelsona Prof. Jim Freericks izrazio je zahvalnost i zadovoljstvo rezultatima rada Gregory Nelsona.

# **NANOSTRUKTURNE MODULACIJE KOMPOZITNIH KRISTALA I MATERIJALA (0035012)**

Glavni istraživač: dr.sc. Ognjen Milat, znanstveni savjetnik

Suradnici: dipl.inž. Krešimir Salamon, znanstveni novak  
dr Pavo Dubček, konzultant

## **Opis istraživanja**

Istraživani su uvjeti i mogućnosti podešavanja i kontrole nagiba uzorka pri mjerenju spektara rendgenskog raspršenja pod malim kutom pri okrnjujućoj geometriji upadnog snopa kod laboratorijske GISAXS kamere unaprijedene nedavnom instalacijom linijskog PSD detektora. Nanostrukturne nehomogenosti u tankim naslagama i podpovršinskim slojevima raznih materijala moći će se sada istraživati tehnikama GISAXS i XRS (rendgenske reflektancije) ne samo na sinkrotronu «Elettra» u Trstu, već i u našem laboratoriju na Institutu.

Primjenom tehnike i analizom spektara rendgenskog raspršenja pod malim kutom (GISAXS) proučavani su morfologija i kinetika rasta germanijevih nanočestica (kvantnih točaka – QD) u podpovršinskim slojevima kvarca, priređenim u dva koraka (u suradnji s U. Desnica – IRB): implantacijom Ge iona (do doza od  $0.6 - 1 \cdot 10^{17}/\text{cm}^2$ ), i naknadnim termičkim dozrijevanjem (od sobne temperature do  $T_a = 1000^\circ\text{C}$ ). Nađeno je da se Ge-izlučevine formiraju kao kvantne točke već u prvom koraku implantacije. Tokom dozrijevanja veličine Ge-izlučevina se neznatno mijenjaju do  $T_a = 500^\circ\text{C}$ , umjereno na  $700 < T_a < 800^\circ\text{C}$ , i znatno na  $T_a > 900^\circ\text{C}$ , kad se formiraju sferoidni nanokristali s dvojnog raspodjelom veličina (većih i manjih od 2nm). Kod manjih doza i pri dozrijevanju ispod  $800^\circ\text{C}$ , nanokristali imaju uređen 3D raspored i jedinstvenu raspodjelu čestica po veličini. Kod većih doza, formiraju se amorfne Ge-nakupine koje kristaliziraju u Ge-kvantne točke termičkim dozrijevanjem već na temperaturama ispod  $800^\circ\text{C}$ . (1.1)

Primjenom tehnike rendgenske difrakcije s monokristala, i metoda analize dobivenih Lauegrama određena je kristalografska orijentacija antiferomagnetskih domena formiranih u  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$  kristalu (u suradnji s M. Miljak - IFS). (1.2)

Strukturne modulacije u  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  kompleksnom kristalu istraživane su metodama usporedbe opaženih i izračunatih elektronsko-mikroskopskih slika visokog razlučivanja (HREM). Kompleksnost kristalne strukture očituje se u pojavi sumjerljive slojevite superstrukture s podvostručenjem periodičnosti duž, i utrostručenjem periodičnosti unutar slojeva. Ovaj tip uređenja naglašeno je vidljiv kod HREM slika kroz «nagnute zone»; u izračunatim slikama u direktnom prostoru, i proračunatim intenzitetima difrakcijskih spotova u recipročnom prostoru. (2.1)

Nanostruktura tankih filmova volframa u matrici aluminija  $\text{W}_x\text{Al}_{1-x}$  istraživana je i tehnikom rendgenske (XRD) i elektronske mikroskopije (u suradnji s N. Radić – IRB). Nađeno je da prividna amorfnost tankih naslaga proizlazi iz nanometarske veličine gusto nakupljenih i izotropno orijentiranih nanokristalića hipotetičke  $\text{Al}_3\text{W}$  faze. Istraživanje pojave teksture u tankim nanosima  $\text{W}_x\text{Al}_{1-x}$  (za  $x \approx 0.25$ ) je u tijeku.

## **Nanostructure modulations in composite crystals and materials**

Grazing incidence small angle X-ray scattering was applied to study the morphology and growth of Ge quantum dots (QDs) in  $\text{SiO}_2$  induced by two step process: Ge implantation (to doses:  $0.6 - 1 \cdot 10^{17}/\text{cm}^2$ ), and subsequent annealing (at temperatures:  $T_a = \text{RT} - 1000^\circ\text{C}$ ). It was found that Ge-QDs were formed already during implantation. During annealing their average size changes insignificantly up to  $T_a = 500^\circ\text{C}$ , only moderately  $700 < T_a < 800^\circ\text{C}$  range and strongly after  $T_a > 900^\circ\text{C}$ , where fast diffusion processes lead to the formation of large QDs intermixed with small QDs in the less than 2 nm size range. For doses of  $6 \cdot 10^{16}/\text{cm}^2$  and annealing temperatures up to  $T_a = 800^\circ\text{C}$  all Ge QDs remain correlated in a 3D ensemble having one size distribution and similar size distribution width. High-dose implantation seems to create amorphous Ge-precipitates, which appear as crystallized Ge-QDs by annealing at medium temperatures.

Crystallographic characterization of single  $\text{Cu}_3\text{TeO}_6$  crystals revealed directions for formation and orientation of antiferromagnetic domains that take place along each body-cube diagonal directions of its cubic unit cell.

Structure modulation in the  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  complex crystal was studied by the methods of HREM image simulation. This complexity is revealed by the «oblique zone imaging»: tripling of the basic spacing in one



out of two set of layers that constitutes each double-layer stacking unit is confirmed by image calculations in direct space, and diffraction intensity calculations in reciprocal space.

**Objavljeni radovi:  
redovni rad u CC casopisu**

1. U.V Desnica., P.Dubček, K.Salamon, I.D. Desnica-Franković., M.Buljan, S.Bernstoff, U.Serincan, R.Turan; The evolution of the morphology of Ge nanocrystals formed by ion implantation in SiO<sub>2</sub>, Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials & Atoms. 238 (2005), 272-275

2. M.Herak, H.Berger, M.Prestler, M.Miljak, I.Živković, O.Milat, D.Drobac, S.Popović, O.Zaharko, Novel spin lattice in Cu<sub>3</sub>TeO<sub>6</sub>: an antiferromagnetic order and domain dynamics, Journal of Physics-Condensed Matter. 17 (2005), 7667-7679

**Rad objavljen u zborniku konferencije**

1. O. Milat and K. Salamon: Imaging of the superstructure in the Cu-sublattice of the Cu<sub>2-x</sub>Se crystal, Proceedings 7th Multinational Congress on Microscopy, June 26-30, 2005, Portoroz Slovenia, ed: M. Čeh, G. Dražič, S. Fidler, Slovene Society for Microscopy and Jožef Stefan Institute, Ljubljana 2005, pp. 155-156

**Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. 12. Medjunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Trakošćan, 18. 05. 2005.;

K. Salamon, O. Milat and N. Radić: Structural features of Al<sub>1-x</sub>W<sub>x</sub> thin films deposited on Silicon and Sapphire substrates. (u Zborniku sažetaka str. 21)

2. 7. Multinational Congress on Microscopy, Portoroz (Slovenia), June 26.-30., 2005.;

O. Milat and K. Salamon: Imaging of the superstructure in the Cu-sublattice of the Cu<sub>2-x</sub>Se crystal, Proceedings of the 7th Multinational Congress on Microscopy

## **Znanstvena suradnja**

### **Domaca**

#### **Neformalna**

Optičko filtriranje, interferometrija i holografija, (projekt MZOS 0035012, Institut za fiziku, Zagreb, Dr. sc. N. Demoli),  
Transport i termodinamika novih materijala s elektronskim korelacijama (projekt MZOS 0035010, Institut za fiziku, Zagreb, M. Miljak),

Utjecaj defekata i nanostruktura na svojstva poluvodiča (MZOS 0098020, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Branko Pivac),  
Magnetronska depozicija tankih filmova (MZOS 0098021, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Nikola Radić)

#### **Sudjelovanje u nastavi**

Salamon K.: Praktikum iz fizike I i II, Studij fizike na PMFu u Zagrebu.

## TOPLINSKA SVOJSTVA SPECIFIČNO UREĐENIH SUSTAVA (0035013)

Glavni istraživač: Dr. sc. Ana Smontara, viši znanstveni suradnik

Suradnici:

Dipl. inž Igor Smiljanić, znanstveni novak, od 1.2.2005

Dr. sc. Ante Bilušić, viši asistent, docent

Mr. sc. Željko Bihar, asistent (Tana-corporation d.o.o.)

### Opis istraživanja

Nastavljeno je ispitivanje transporta naboja i topline u kvazikristalima mjerenjem toplinske vodljivosti ikozaedarskog kvazikristala  $i\text{-Al}_{72}\text{Pd}_{19,5}\text{Mn}_{8,5}$  u širokom temperaturnom području 0.4 K do 300 K. Rezultati analize temeljene na Debyeovom modelu pokazuju da zaključak o prisutnosti pojedinih mehanizama raspršenja fonona ovisi o temperaturnom području unutar kojega se analiza radi. Uz prisutnost tunelirajućih stanja kao centara raspršenja, numerički je pokazano da su i defekti u slaganju ("stacking faults") važan izvor fononskog raspršenja, čija je prisutnost jasno utvrđena transmisijskom elektronskom mikroskopijom.

Započeta su sveobuhvatna ispitivanja kompleksnih metalnih slitina gigantskih jediničnih ćelija, primjer  $\beta\text{-Al}_3\text{Mg}_2$ , koji se sastoji od 1168 atoma po jediničnoj ćeliji. Zbog ogromne jedinične ćelije odličan je kandidat za istraživanje utjecaja jedinstvene kompleksnosti strukture te postojanja dviju različitih prostornih skala (jedna definirana parametrom jedinične ćelije a druga podstrukturom grozdova unutar nje) na fizikalna svojstva metalnih materijala. Istraživana su električna, toplinska i termoelektrična svojstva polikristala i monokristala slitina uzgojenih Bridgman tehnikom. Vrijednosti električne otpornosti na sobnim temperaturama su reda veličine 30 do 40  $\mu\Omega\text{cm}$ . Otpornost pokazuje kvadratnu ovisnost o temperaturi na niskim i linearnu ovisnost na visokim temperaturama, slično kao kod nemagnetskih amorfnih materijala. Mjerenja magnetske susceptibilnosti pokazuju prisutnost Paulijevog paramagnetizma sa značajnim doprinosom Landauovog orbitalnog dijamagnetizma. Susceptibilnost slabo raste s porastom temperature. Samosuglasna analiza električne otpornosti i magnetske susceptibilnosti, kao i nezavisno određena Paulijeva susceptibilnosti pomoću NMR Knightovog pomaka, govori u prilog da je uočeno temperaturno

ponašanje posljedica doprinosa srednjeg slobodnog puta orbitalnoj susceptibilnosti. Elektronska gustoća stanja na Fermijevoj energiji, procijenjena iz NMR mjerenja, iznosi gotovo kao kod čistih metala (90% elektronske gustoće stanja Al). Svojstva slobodnog elektronskog plina u  $\beta$ -Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub> je poduprto i dobrim slaganjem s Korringinom relacijom. Toplinska vodljivost je mala i analizirana je doprinosima od elektrona, rešetke (Debyeov model) i od preskoka „hopping“ pobuđenih lokaliziranih stanja, dok je termostruja mala i negativna. Nije nađen pseudo procjep u elektronskoj gustoći stanja na Fermijevom nivou iz čega se nameće zaključak da kompleksnost strukture  $\beta$ -Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub> ne uzrokuje i jako kompleksnu elektronsku strukturu .

Istraživanja kvantnog spinskog Cu<sub>2</sub>Te<sub>2</sub>O<sub>5</sub>X<sub>2</sub> (X=Cl, Br, ...) sistema, čistog i „onečišćenog“, poglavito utjecaj magnetskih frustracija na ergodičnost sistema nastavljena su ispitivanjem dc magnetske susceptibilnosti i dc termoremanentne magnetizacije (TRM). Odsutnost zfc-fc razdvajanja susceptibilnosti, frekventno neovisna ac susceptibilnost i nulta TRM sve do temperature od 2 K, koja je daleko ispod temperature uređenja spinova u ovim spojevima, pokazuje da sistem ostaje ergodičan u cijelom temperaturnom području. Ova činjenica ispitivane kvantne sisteme u osnovi razlikuje od klasičnih magnetski frustriranih sistema (neuređenih spinskih stakala i geometrijski frustriranih antiferomagneta) gdje je ergodičnost narušena ispod temperature zamrzavanja spinova, što je inače glavna pojavnost magnetske frustracije. Odsutnost razbijanja ergodičnosti u frustriranim kvantnim sistemima je diskutirana u okviru jakih kvantnih fluktuacija spinova koje su svojstvo magnetskog kratko dosežnog uređenja spin-tekućina.

Započeta su istraživanja transportnih karakteristika materijala s novim elektroničkim svojstvima pod visokim tlakom. U okviru postdokorskog studija, N. Ž. Barišić u suradnji s članovima grupe uspostavio je novu eksperimentalnu metodu (jedinu takovu u R Hrvatskoj) koja omogućava mjerenje otpornosti i termoelektrične struje u širokom rasponu tlakova do 2 GPa, i temperaturnom opsegu od 1 K do 300 K. Pod utjecajem jakog vanjskog tlaka mogu se izazvati znatne promjene parametara jedinične ćelije, što dovodi do promjene efektivne dimenzionalnosti materijala, parametara elektronskog gibanja, jačine elektron-fononskog vezanja, zasjenjenosti elektron-elektron međudjelovanja, te jakosti interakcija izmjene. Nametnute promjene tlaka i temperature utječu na bogat spektar fizikalno važnih pojava koje smo pratili na slijedećim materijalima: Al<sub>75</sub>Pd<sub>20</sub>Fe<sub>5</sub>, Cr<sub>4</sub>TiSe<sub>8</sub>, nano-lukovice i CoNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>.

## Thermal properties of specifically ordered systems

We have continued the investigation of heat and charge transport in quasicrystals, complex-metallic-alloys, and the novel spin systems.

We measured the thermal conductivity of an icosahedral quasicrystal  $i\text{-Al}_{72}\text{Pd}_{19.5}\text{Mn}_{8.5}$  in the temperature range between 0.4 K and 300 K. The analysis of the low-temperature results based on a Debye-type model show that conclusions of the presence of phonon scattering mechanisms depend on the temperature region where the analysis was made. Beside tunneling states as relevant phonon scatterers, it is numerically proven that structural defects of the stacking-fault type are an important source of phonon scattering. Their presence was clearly identified by a transmission electron microscopy experiment.

The  $\beta\text{-Al}_3\text{Mg}_2$  complex-metallic-alloy phase comprises about 1168 atoms in the giant unit cell, making this material an excellent candidate to investigate how the exceptional structural complexity and the coexistence of two different length scales—one defined by the unit-cell parameters and the other by the cluster substructure—affect physical properties of a metallic material. We have investigated magnetic, electrical, thermal transport and thermoelectric properties of a monocrystalline and a polycrystalline sample, grown by the Bridgman technique. Electrical resistivity is in the range  $\rho \approx 30\text{-}40 \mu\Omega\text{cm}$  and exhibits  $T^2$  dependence at low temperatures and  $T$  at higher temperatures, resembling nonmagnetic amorphous alloys. Magnetic susceptibility  $\chi$  measurements revealed that the samples are Pauli paramagnets with significant Landau diamagnetic orbital contribution. The susceptibility exhibits a weak increase towards higher temperature. Combined analysis of the  $\rho(T)$  and  $\chi(T)$ , together with the independent determination of the Pauli susceptibility via the NMR Knight-shift suggests that the observed temperature dependence originates from the mean-free-path effect on the orbital susceptibility. The electronic density of states (DOS) at the Fermi energy  $E_F$  was estimated by NMR and was found to amount about 90 % of the DOS of the Al free-electron like metal. Free-electron like nature of the  $\beta\text{-Al}_3\text{Mg}_2$  is also supported by good matching of the Korringa relation. The thermal conductivity contains electronic, Debye and hopping of localized vibrations terms, whereas the thermopower is small and negative. High structural complexity of the  $\beta\text{-Al}_3\text{Mg}_2$  complex metallic alloy does not result in high complexity of its electronic structure. We found no evidence on the existence of a pseudo gap in the DOS at  $E_F$ .

The influence of magnetic frustration on the ergodicity of the spin system in pure and substitutionally disordered compounds from the  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{X}_2$  ( $\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \dots$ ) family of low-dimensional quantum magnets was studied experimentally by the methods of zero-field-cooled (zfc) versus field-cooled (fc) dc magnetic susceptibilities, frequency-dependent ac susceptibility and dc thermoremanent magnetization (TRM) decay. The absence of zfc-fc susceptibility splitting, frequency-independence of the ac susceptibility and zero TRM down to the temperature 2 K, which is much below the reported temperatures of spin ordering in these compounds, demonstrate that the spin system remains ergodic in the whole investigated temperature interval. This makes the investigated quantum magnets fundamentally different from classical magnetically frustrated systems—site-disordered spin glasses and geometrically frustrated pure antiferromagnets—where ergodicity breaking below a spin-freezing temperature  $T_f$  is a capital manifestation of magnetic frustration. The absence of ergodicity breaking in frustrated quantum magnets is discussed in terms of large quantum spin fluctuations that are characteristic of a magnetically short-range ordered spin-liquid state.

We have started the investigation of transport properties of materials with novel electronic properties under pressure. In the frame of post doc study, N. Ž. Barišić, in close collaboration with the members of research team, constructed a new experimental method (unique in R. of Croatia). It enables the measurements of the thermoelectric coefficients in a wide range of pressure up to 2GPa and in the temperature range 1 K-300 K. The method relies on the changes in the structural parameters induced by the increase in the external pressure exerted on the material. Consequently, this affects the effective dimensionality of the system, strength of the electron-phonon coupling, screening of the electron-electron interactions and strength of exchange interactions. Thus by varying the pressure and the temperature, a rich spectrum of physically important properties can be investigated. We have performed measurements on the following materials:  $\text{Al}_{75}\text{Pd}_{20}\text{Fe}_5$ ,  $\text{Cr}_4\text{TiSe}_8$ , nano-onions and  $\text{CoNb}_3\text{S}_6$ .

**Objavljeni radovi:**  
**redovni rad u CC časopisu**

1. A. Smontara; A. Bilušić; Z. Jagličić.; A. Zorko.; J. Dolinšek; H. Berger; Anomalous thermal conductivity of single crystal  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{Cl}_2$ , Applied Magnetic Resonance. 29 (2005), 2; 261-266.

2. J. Dolinšek.; P. Jeglič.; P. McGuinness.; Z. Jagličić.; A. Bilušić; Ž. Bihar; A. Smontara; C. Landauro; M. Feuerbacher.; B. Grushko.; K. Urban., Magnetic, transport and thermoelectric properties of giant-unit-cell  $\zeta'$ -Al-Pd-Mn complex metallic alloy, Physical Review B. 72 (2005), 6; 064208-1 do 064208-11.

### **Pozvana predavanja na znanstvenim skupovima**

Smontara, Ana

The role of magnetic excitations in thermal conductivity of the frustrated spin system  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5(\text{Cl}_{2-x}\text{Br}_x)$  system, First Workshop on Highly Frustrated Magnetism, La Londe Les Maures, France, 7 – 9. studeni 2005.

Bilušić, Ante

Heat transport in quantum spin system  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5\text{Cl}_{2-x}\text{Br}_x$ , First Workshop on Strongly correlated electron system, PMF, Zagreb, Hrvatska, 5 -6. rujan 2005.

### **Sudjelovanje na međunarodnim znanstvenim skupovima**

Smontara, Ana, Transport properties of complex metallic alloys i Smiljanić, Igor Thermoelectric power in  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$  ; in a wide temperature range, 12. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika, Trakošćan, Hrvatska, 18. travanj 2005.

Bilušić, Ante Magnetic ordering effects on thermal conductivity of geometrically frustrated system  $\text{Cu}_2\text{Te}_2\text{O}_5(\text{Cl}_{2-x}\text{Br}_x)$  i Smiljanić, Igor The transport properties of the phase  $\beta\text{-Mg}_2\text{Al}_3$  Workshop on Correlated Thermoelectric Materials, Hvar, Hrvatska, 25-30 rujan 2005.

### **Međunarodna znanstvena suradnja**

#### **Projekti:**

1. Ispitivanje novih kompleksnih metalnih spojeva i kvazikristala, HR-SLO bilateralni projekt, voditelji: dr. sc. Ana Smontara, IF, Zagreb,

Hrvatska i prof. dr. Janez Dolinška, Institut J. Stefana, i Fakultet za matematiku i fiziku Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija.

2. Thermal-transport and magnetic properties of highly frustrated magnets (IB7320-111044), SCOPES (HR-CH projekt), voditelji: prof. dr. László Forró, Institut de la Physique de la Matière Complexe, EPFL, Lausanne, Švicarska i dr. sc. Ana Smontara, IF, Zagreb, Hrvatska

3. Highly Frustrated Magnetism (HFM), znanstveni program Europske znanstvene zaklade (ESF), dr. sc. Ana Smontara (ko-voditeljica, članica Steering Committee)

4. Complex metallic alloys (NMP3-CT-2005-500140), EU projekt izvrsnosti, dr. sc. Ana Smontara (guest member), IF, Zagreb, Hrvatska

### **Neposredna suradnja**

1. Complex systems of strongly correlated electrons, HR-HU bilateralni projekt, voditelji: prof. dr.sc. Slaven Barišić, PMF, Fizički odsjek, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska i prof. dr. László Mihály, Budimpešta, Mađarska.

2. Magnetizam u jednodimenzionalnim spinskim sustavima, HR-SLO bilateralni projekt, voditelji: doc. dr. sc. Ante Bilušić, FPMZiOP, Split, Hrvatska i prof. dr. Zvonko Jagličić, Fakultet za matematiku i fiziku Sveučilišta u Ljubljani, Ljubljana, Slovenija.

### **Sudjelovanje u nastavi:**

#### **dodiplomska nastava**

Igor Smiljanić

Praktikum iz osnova fizike IV, 1 semestar ak. god. 2005/2006.

#### **diplomski, magistarski i doktorski radovi**

Bihar, Željko, Istraživanje transportnih i magnetskih svojstava novih kvazikristalnih spojeva iz obitelji  $\xi'$ -Al-Pd-Mn doktorska disertacija Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet, 6.12.2005., voditeljica: Smontara, Ana



## **Gostovanja vanjskih suradnika i posjetitelja projektu**

Prof. dr. László Forró, (studenj 2005)

Prof. dr. Zvonko Jagličić, (prosinac 2005)

Prof. dr. László Mihály, (kolovoz, rujan 2005)

Akademik, prof. dr. György Mihály (kolovoz, rujan 2005)

Prof. dr. Patrick Fazekas (kolovoz 2005.)

Prof. dr. Janez Dolinšek, (ožujak 2005)

## **Ostalo**

Ana Smontara:

-Urednica za fiziku Matematičko-fizičkog lista od 1998.

-Članica Organizacionog odbora 21. ljetne škole mladih fizičara, Labin, 21-25. 06.2005.



## KOMPLEKSNI SISTEMI: STAKLO MODULIRANE FAZE I POBUĐENJA (0035014)

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

Suradnici:

Dr. sc. Damir Starešinić, znanstveni suradnik

Dr. sc. Boris Podobnik, docent (Građevinski fakultet, Rijeka)

### Opis istraživanja

Uz nastavak ispitivanja sistema s valovima gustoće (VG) naboja (VGN) i spina (VGS), sistema sa spinskim ljestvicama, sistema s posebnom organizacijom naboja, kao i sistema mješane valencije  $\text{Yb}_x\text{Y}_{1-x}\text{InCu}_4$ , počeli smo ispitivati "nanožice"  $\text{Mo}_6\text{S}_{9-x}\text{I}_x$ . Najintenzivnije ispitivanje je provedeno na anorganskom lančastom poluvodiču  $(\text{NbSe}_4)_3\text{I}$  koji za razliku od ostalih tetrahalkogenida ne prelazi u osnovno VGN stanje, već pokazuje vrlo neobični strukturni prijelaz za kojeg smo utvrdili da ga pokreće elektronski podsistem (konf. rad 1. i rad prihvaćen u PRL). To najbolje potvrđuju dielektrična (suradnja DAAD) i femtosekundna spektroskopija (suradnja s Ljubljanom). Uz to, termostruja (suradnja s 0035011) pokazuje dodatni doprinos u temperaturnom području u kojem dolazi do sada neviđene organizacije naboja u tom sistemu. Sličan dodatni doprinos postoji u sistemima s VGN osnovnim stanjem, kao u o-TaS<sub>3</sub> o čemu je, kao i o potonjem izlagano na više međunarodnih konferencija.

D. Dominko je diplomirao u ožujku i nastavio rad u našem laboratoriju na nelinearnom transportu na vrlo tankim uzorcima TaS<sub>3</sub>, a u okviru naših međunarodnih suradnji boravio je Lexingtonu (NSF) i Grenoblu (ECO-net). Očekujemo za njega jedno novačko mjesto od MZOŠ-a.

Nastavljen je rad na objašnjenju utjecaja magnetskog polja na toplinski kapacitet i dugovremensko opuštanje lančastih sistema koje smo ispitivali u dilucionom kriostatu u Grenoblu. O nekim osnovnim elementima modela izvještavano je na konferenciji ECRYS'05, a u toku je izrada dužeg članka na toj tematici u suradnji s R. Melinom (ECO-net). Na dilucionom kriostatu u Grenoblu izmjeren je toplinski kapacitet nanožica  $\text{Mo}_6\text{S}_{9-x}\text{I}_x$  sintetiziranih u Ljubljani. Rezultati ukazuju na izrazitu anizotropiju fononskog spektra i jaku jednodimenzionalnost rešetke. Uz to, dodatni hiperfina doprinos na najnižim temperaturama indicira postojanje anomalija tipa Schottky. Dalje se ispituje njihovo porijeklo, a u pripremi je i članak.

Završen je prvi postav nove tehnike za interferometrijsko mjerenje dilatacije u suradnji s N. Demolijem na čemu je apsolutnica S. Katalinić napravila rad za rektorovu nagradu, na preliminiranim mjerenjima dilatacije sistema sa spinskim ljestvicama  $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ .

Nastavljene su naše interdisciplinarnе aktivnosti. Objavlje je jedan rad na problemu korelacija u varijabli i jakosti. Model je osnova za višenamjenske, interdisciplinarnе primjene, a jedna od ideja je da se na taj način istražuje i problem uskopojasnog šuma u sistemima s VGN osnovnim stanjem i moguća indikacija staklastog prijelaza, kao generičkog svojstva.

Objavili smo četiri redovna CC rada, tri su prihvaćena za objavljivanje. Šest konferencijskih radova je objavljeno u CC časopisima. Dva redovna rada su na recenziji, dva pripremljena za slanje i dva su rada u pripremi.

Prihvaćena su tri kolegija koja će predavati naši suradnici na regionalnim sveučilištima u Splitu i Rijeci od školske godine 2006-2007.

## **Critical phenomena and modeling in complex systems**

In addition to the continued work on the investigation of classical charge and spin density wave (CDW/SDW) systems, as well as the spin-ladder systems exhibiting CDW and mixed valence systems  $\text{Yb}_x\text{Y}_{1-x}\text{InCu}_4$ , we have focused to the extensive investigation of inorganic quasi 1d system  $(\text{NbSe}_4)_3\text{I}$  and have obtained results which are brand-new and rather unexpected for an insulator. Due to this new physics and due to the complexity of the system, showing colossal dielectric constants at a very specific charge ordering transition, we continue to work on definite solution of the nature of this transition. In addition to new experiments, definitely theoretical work is needed to explain this unusual electronic behavior.

The doping effects have been investigated in the dielectric response and specific heat of low dimensional systems  $\text{TaS}_3$  and the suppression of the primary process has been found having considerable impact on the glass transition. Nonlinear conductivity of this system has been measured as a part of diploma work of D. Dominko, finished in March. All mentioned results were presented at three conferences and the appropriate theoretical picture is searched in collaboration with Prof. S. Artemenko, within ECO-NET programme.

The new optical method based on holographic interferometry is developed in collaboration with the laboratory of N. Demoli and first preliminary results have shown the traces of the CDW-like phase transition in the spin ladder compound  $\text{Sr}_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ .

### **Superconductivity and magnetism in complex systems**

The strong sensitivity of the low-temperature heat capacity of DW systems (with CDW, SDW or spin-Pearls ground states) already at very low magnetic fields has been explained within a suitable theoretical model developed in collaboration with dr. R. Melin (ECO-

NET programme). The influence of magnetic field on the long-time relaxational dynamics, especially in the commensurate ground state, has been investigated in dilution refrigerator at Grenoble and the measurements of specific heat in magnetic field at higher temperatures are being prepared in our laboratory.

#### **Nanostructures**

The measurements of low-temperature specific heat of new molybdenum-based sub nanometer diameter nanowires  $\text{Mo}_6\text{S}_{9-x}\text{I}_x$  (synthesized in Ljubljana) have revealed a very anisotropic phonon dispersion and low shear moduli. As the origin of the obtained Schottky anomalies is unknown the magnetic susceptibility should be investigated in the near future.

#### **Applied research**

In the frame of the model of the power law correlations in variable and magnitude presented in our publication in Phys.Rev. E, we started the analysis of the narrow-band noise in conventional CDW systems. The first draft of the publication on forest fire distribution on Adriatic islands has been finished in the frame of collaboration with the Faculty of Forestry.

#### **Objavljeni radovi: redovni radovi u CC časopisima**

1. Magnetic field influence on the low temperature heat capacity of the CDW compound blue bronze  $\text{Rb}_{0.3}\text{MoO}_3$   
J.C. Lasjaunias, S. Sahling, K. Biljaković, P. Monceau, J. Marcus  
Journal of Magnetism and Magnetic Materials 1-3 290-291, 989-992 (2005)
2. Energy relaxation in disordered charge and spin density waves  
R. Melin, K. Biljaković, J.C. Lasjaunias  
European Physical Journal B 43, 489-501 (2005)
3. Bimodal energy relaxations in quasi-one-dimensional systems  
J. C. Lasjaunias, R. Melin, D. Starešinić, K. Biljaković, J. Souletie  
Phys. Rev. Lett. 94, 245701 (2005)
4. Fractionally integrated process with power-law correlations in variables and magnitudes  
B. Podobnik, P. Ivanov, K. Biljaković, D. Horvatić, E.H. Stanley, I. Grosse  
Physical Review E. 72, 026121 (2005)

#### **konferencijski radovi u CC časopisima**

1. Charge ordering in quasi one-dimensional semiconductor  $(\text{NbSe}_4)_3\text{I}$   
D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl  
J. Phys. IV France 131, 59-62 (2005)
2. Recent results on energy relaxation in disordered charge and spin density waves  
R. Melin, K. Biljaković, J.C. Lasjaunias, P. Monceau  
J. Phys. IV France 131, 171-174 (2005)
3. Doping effects on the low-energy excitations of the charge density wave system o-  $\text{TaS}_3$   
D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl, J. C. Lasjaunias  
J. Phys. IV France 131, 191-192 (2005)
4. Magnetic field influence on the low-temperature heat capacity of the CDW compounds  $\text{TaS}_3$  and  $\text{Rb}_{0.3}\text{MoO}_3$   
J.C. Lasjaunias, K. Biljaković, S. Sahling, P. Monceau  
J. Phys. IV France 131, 193-194 (2005)
5. Temperature hysteresis in dielectric and transport properties of charge density wave system o- $\text{TaS}_3$   
D. Dominko, D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl  
J. Phys. IV France 131, 183-184 (2005)
6. New contribution to the thermopower of o- $\text{TaS}_3$   
Ž. Šimek, P. Puntijar, M. Očko, D. Starešinić, K. Biljaković  
J. Phys. IV France 131, 349-350 (2005)

### **Međunarodna znanstvena suradnja**

1. "Mikrovalni odziv feroelektrične faze novih materijala skompleksnom modulacijom naboja"  
Regional project Bavarska – R. Hrvatska (do 1.6.2005.)  
Institut za fiziku: dr. D. Starešinić (voditelj)  
Experimentalphysik V, Universität Augsburg, Njemačka: Dr. P. Lunkenheimer (voditelj)
2. "Istraživanje stakala elektronskih kristala"  
MZOS i Njemačka služba za akademsku razmjenu (DAAD projekt) Institut za fiziku: dr. D. Starešinić  
Institut za fiziku, Sveučilište u Augsburgu, Njemačka: dr. P. Lunkenheimer
3. "Dinamika lokaliziranih stanja u niskodimenzionalnim sistemima – od pikosekunde do sata"  
bilateralni projekt Republika Hrvatska i Republika Slovenija

- Institut za fiziku: dr. D. Starešinić  
Institut J. Štefan, Ljubljana, Slovenija: dr. J. Demšar
4. „Elektro-optička ispitivanja vodiča s valovima gustoće naboja“, hrvatsko-američki bilateralni projekt (NSF )  
Institut za fiziku: dr. K. Biljaković (voditelj)  
Sveučilište Kentucky, Lexington KY; prof. J. Brill (voditelj)
  5. „Istraživanje defekata vala gustoće naboja u niskodimenzionalnim elektronskim kristalima“  
multilateralni projekt Vlade Republike Francuske  
koordinator: dr. J. Dumas, LEPES-CNRS, Grenoble  
Institut za fiziku: dr. K. Biljaković (koordinator)

### **Pozvana predavanja na znanstvenim skupovima:**

1. K. Biljaković, New landscape of density wave systems: DW glasses  
Correlated electrons, disordered dipoles, and amorphous materials,  
Universität Augsburg, srpanj 2005.
2. K. Biljaković, J. C. Lasjaunias, P. Monceau, Calorimetry - Old, Good  
Technique in Nanoscience, Slonano, Ljubljana, listopad 2005.
3. D. Starešinić, K. Biljaković Charge density wave; glass in the  
superstructure, 5IDMRCS New results, Directions and Opportunities, Lille:  
Universite des Sciences et Technologies de Lille, Francuska, srpanj 2005.
4. R. Melin, K. Biljaković, J. C. Lasjaunias, P. Monceau  
Recent results on energy relaxation in disordered charge and spin density  
waves , International Workshop on Electronic Crystals - ECRYS-2005,  
Cargèse, Francuska, kolovoz 2005

### **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

International Workshop on Electronic Crystals - ECRYS-2005  
Cargèse, Francuska, 21-27 kolovoz 2005

1. D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl (izlaganje)  
Charge ordering in quasi one-dimensional semiconductor (NbSe<sub>4</sub>)<sub>3</sub>I.
2. D. Dominko, D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl  
(poster)  
Temperature hysteresis in dielectric and transport properties of CDW  
system o- TaS<sub>3</sub>
3. J. C. Lasjaunias, K. Biljaković, S. Sahling, P. Monceau  
(poster) Magnetic field influence on the low-temperature heat capacity  
of the CDW compounds TaS<sub>3</sub> an RbMoO<sub>3</sub>

4. D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl, J. C. Lasjaunias (poster) Doping effects on the low-energy excitations of the charge density wave system o-TaS<sub>3</sub>
5. Ž. Šimek, P. Puntijar, M. Očko, D. Starešinić, K. Biljaković (poster) New contribution to the thermopower of o-TaS<sub>3</sub>  
5IDMRCS New results, Directions and Opportunities-  
Lille : Université des Sciences et Technologies de Lille, srpanj 7-12, 2005.
1. K. Biljaković, D. Starešinić, P. Lunkenheimer, A. Loidl (poster) Effect of thermal cycling on the primary relaxation in charge density wave system
2. D. Starešinić, K. Biljaković, P. Lunkenheimer, A. Loidl, J. C. Lasjaunias, P. Monceau (poster) Doping effects on the relaxational dynamics of the charge density wave system o-TaS<sub>3</sub>
3. J. C. Lasjaunias, R. Melin, D. Starešinić, K. Biljaković, J. Souletie (poster) Bimodal energy relaxation in quasi-1d compounds with a commensurate modulated ground state  
Correlated electrons, disordered dipoles, and amorphous materials  
Universität Augsburg, srpanj 15-17, 2005.
1. D. Starešinić, K. Biljaković (poster) Charge density waves- case not closed  
Conference on Concepts in Electron Correlation - Hvar-2005
1. I. Aviani, J. Hemberger, A. Loidl, D. Starešinić, M. Očko, J. Sarrao (poster), Specific heat of the Yb<sub>0.5</sub>Y<sub>0.5</sub>InCu<sub>4</sub>

### **Diplomski rad**

Damir Dominko

„Temperaturna histereza u nelinearnom vođenju o-TaS<sub>3</sub>“

Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, ožujak 2005  
voditelj diplomskog rada: dr. sc. D. Starešinić, suvoditelj PMF: prof. dr. S. Barišić

### **Ostalo**

K. Biljaković- član organizacijskog odbora ECRYS'05

D. Starešinić - glavni organizator godina fizike za Institut za fiziku

S. Katalinić - rad za rektorovu nagradu "Naslov !!!???"

voditelji rada: dr. sc. D. Starešinić i dr. sc. N. Demoli

### **Sudjelovanje u nastavi**

1. diplomski studij Fizike, smjer fizika okoliša

Fakultetu prirodoslovno matematičkih znanosti i odgojnih područja

Sveučilišta u Splitu.

K. Biljaković i D. Starešinić

"Fizika šumskih požara"



## **SISTEMI REDUCIRANE DIMENZIONALNOSTI: OD ORGANSKIH SINTETSKIH DO BIOMATERIJALA (0035015)**

GLAVNI ISTRAŽIVAČ: Dr.sc. Silvia Tomić, znanstveni savjetnik

SURADNICI: Dr.sc. Bojana Hamzić, znanstveni savjetnik  
Dr.sc. Marko Pinterić, znanstveni novak\*  
Dr.sc. Tomislav Vuletić, znanstveni novak  
Mr.sc. Sanja Dolanski Babić, asistent\*\*  
Dipl.inž.Tomislav Ivek, znanstveni novak (od

1.02.2005)

\* financiran od Ministarstva za školstvo, znanost in šport Republike Slovenije

\*\* zaposlena na Medicinskom fakultetu, Sveučilište u Zagrebu

### **Opis istraživanja**

#### **Istraživanja u domeni fizike kondenzirane materije:**

Rezultati mjerenja anizotropije u transportu i Hall efekta na visokim temperaturama organskog vodiča (TMTTF)<sub>2</sub>AsF<sub>6</sub> pokazala su vrlo dobro slaganje sa teoretskim modelima u okviru opisa Luttinger-liquid (LL) čime je potvrđena jednodimenzionalnost ispitivanog sistema. Izvršena je i detaljna karakterizacija faznog prijelaza uređenja naboja u (TMTTF)<sub>2</sub>AsF<sub>6</sub>, ispod kojeg dolazi do anizotropije u aktivacionoj energiji i naglog skoka (promjena predznaka) u Hallovom koeficijentu uslijed kondenzacije naboja u izolatorsko stanje uređenih naboja. Započeta su i detaljna istraživanja Hallovog efekta u kvazi-1D kupratima u kojima je pitanje utjecaja dopiranja na broj nosioca naboja još uvijek bez jednoznačnog odgovora i od velike je važnosti za razumijevanje postizanja supervodljivosti pod tlakom (galvanomagnetska istraživanja: suradnja sa A.Hamzić, M.Basletić, E.Tafra, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu; M.Dressel, Sveučilište Stuttgart). U istraživanjima fizike spinskih ljestvica i lanaca u kvazi-1D kupratima (La,Y,Sr,Ca)<sub>14</sub>Cu<sub>24</sub>O<sub>41</sub> veliko vrijeme je bilo posvećeno izradi novih analiza eksperimentalnih podataka dobivenim u našem laboratoriju kao i od drugih autora te u pisanju revijalnog papira za časopis Physics Reports. Izvršena je detaljna karakterizacija faznog prijelaza kvazi-1D kuprata Sr<sub>14</sub>Cu<sub>24</sub>O<sub>41</sub> mjerenjem dielektrične relaksacije i dc otpora duž dva kristalografska

smjera koji određuju ravninu u kojoj su organizirane spinske ljestvice. (suradnja sa M.Dressel, Sveučilište Stuttgart). Izvršena je također karakterizacija faznog prijelaza u magnetitu  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mjerenjem dc otpora i histereze te je utvrđeno da vodljivost ispod faznog prijelaza slijedi VRH (variable-range hopping) ponašanje.

#### **Istraživanja u domeni biofizike:**

Mjereni su uzorci otopina Na-DNA pripremljenih prema različitim protokolima kako bi se ustanovio utjecaj procedure pripreme na dinamiku otopina. Proučavan je također fazni prijelaz denaturacije dvostruke uzvojnice DNK u vodenim otopinama. Napravljena je detaljna i komparativna analiza rezultata te usporedba sa postojećim teorijskim modelima koja je ukazala na različite skale koje karakteriziraju strukturu pojedinog DNK polimera u vodenim otopinama u odnosu na elektrolitske otopine (suradnja sa S.Krča, Institut R.Bošković, R.Podgornik, Sveučilište u Ljubljani i Institut J.Stefan i L.Griparić, UCLA). Nastavili smo studiju primjene dielektrične spektroskopije na koloidima nano-čestica polistirenskog lateksa volumnog udjela 4% i različitih dijametara (raspon 56-1000 nm). Ta istraživanja u sredini niske ionske jakosti pokazala su postojanje dva relaksacijska procesa, od kojih se jedan odvija na skali dijametra nanočestica, dok je porijeklo drugog za sada nerazjašnjeno (suradnja sa D.Zanchi, Universite Paris VII i I.Sondi, Institut R.Bošković).

### **Systems of reduced dimensionality: from synthetic organic to biomaterials**

A clear evidence is found that the transport properties of  $(\text{TMTTF})_2\text{AsF}_6$  at high temperatures can be understood in terms of the Luttinger-liquid (LL) theory for 1D systems. In the same system, a steep increase of the anisotropic conductivity gap below charge ordering phase transition is detected, together with an abrupt change in Hall coefficient behavior giving a strong indication that carriers condense into an insulating charge-ordered state. Phase transition in magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  is characterized by measurements of dc resistivity and a narrow hysteresis was found. The transport below the phase transition can be well described by variable-range hopping mechanism.

Phase diagrams are constructed and physics of different phases in spin-ladder and spin-chain composite system  $(\text{La,Y,Sr,Ca})_{14}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$  is analyzed and discussed in depth. A detailed investigation using Hall effect measurements, has been conducted in order to determine

the number of carriers participating in dc transport, and its relationship with doping.

Different preparation protocols for DNA solution were adopted in order to study the issue of double-stranded DNA stability in pure water. Denaturation of DNA was in particular investigated for pure water DNA solutions. A detailed and comparative data analysis was performed, which suggested that different length scales are relevant for the structure of DNA polymers in pure water solutions and in solutions with added salt. Study of polystyrene latex containing spherical particles with 4% volume fraction and of different diameters: (ranging from 56 to 1000 nm) showed two relaxation modes, one of which happens at the scale of the particle size, while the origin of the other one remains at the moment undefined.

### **Objavljeni radovi: redovni radovi u CC časopisima**

1. T.Vuletić, T. Ivek, B.Korin-Hamzić, S.Tomić, B.Gorshunov, P.Haas, M.Dressel, J.Akimitsu, T. Sasaki and T.Nagata, Anisotropic Charge Modulation in the Ladder Planes of  $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ , Phys.Rev.B 71, 012508 (2005).
2. P.Zornoza, K.Petukhov, M.Dressel, T.Vuletić, N.Biškup and S.Tomić, Anisotropy and field-dependence of the spin-density wave dynamics in the quasi one-dimensional conductor  $\text{TMTSF}_2\text{PF}_6$ , Eur. Phys. J. B 46, 223–230 (2005).

### **Konferencijski radovi u CC časopisima**

1. T.Vuletić, T. Ivek, B.Korin-Hamzić, S.Tomić, B.Gorshunov, P.Haas, M.Dressel, C.Hess, B.Büchner, and J.Akimitsu, Phase diagrams of  $(\text{La},\text{Y},\text{Sr},\text{Ca})_{12}\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$ : switching between the ladders and the chains, J.de Physique IV, 131, 299-304 (2005).

### **POZVANA PREDAVANJA NA ZNANSTVENIM SKUPOVIMA**

1. S.Tomić, S.Dolanski Babić, T.Vuletić, S.Krča, D.Ivanković<sup>3</sup>, R.Žaja, R.Podgornik, L.Griparić, Dielektrična relaksacija genomske deoksiribonukleinske kiseline, 4.znanstveni sastanak hrvatskih biofizičara, Institut R.Bošković, Zagreb (9 rujna 2005) (plenarno predavanje).

## SUDJELOVANJE NA ZNANSTVENIM SKUPOVIMA

1. T.Vuletić, T. Ivek, B.Korin-Hamzić, S.Tomić, B.Gorshunov, P.Haas, M.Dressel, C.Hess, B.Büchner, and J.Akimitsu, Phase diagrams of  $(La,Y,Sr,Ca)_{12}Cu_{24}O_{41}$ : switching between the ladders and the chains, International Workshop on Electronic Crystals (ECRYS-2005), Cargese, Francuska (21 – 27 rujna 2005) (predavanje).
2. T.Vuletić, R.Žaja, M.Vukelić, S.Tomić, I.Sondi, Low-frequency dielectric spectroscopy of aqueous solutions, Workshop on Biopolymers: Thermodynamics, Kinetics and Mechanics of DNA, RNA and Proteins, ICTP, Trieste, Italija (2005). (predavanje i poster).
3. T.Vuletić, S.Dolanski Babić, S.Tomić, S.Krča, D.Ivanković, L.Griparić, Dielectric spectroscopy of genomic DNA solutions, 15<sup>th</sup> IUPAB and 5<sup>th</sup> EBSA International Biophysics Congress, Montpellier, Francuska (27 kolovoza – 1 rujna 2005) (poster)
4. T.Vuletić, B. Frka-Petešić, M.Ujević, S.Tomić, I. Sondi, Niskofrekventna dielektrična spektroskopija polistirenskog latexa, 4.znanstveni sastanak hrvatskih biofizičara, Institut R.Bošković, Zagreb (9 rujna 2005) (predavanje).
5. S.Tomić, S.Dolanski Babić, T. Vuletić, D.Vurnek, S. Krča, D. Ivanković, R. Žaja, R. Podgornik and L. Griparić, Dielectric relaxation of genomic deoxyribonucleic acid, 4th Symposium of Science and Technology of Nanomaterials, Ljubljana, Slovenia (2005) (predavanje).
6. T. Vuletić, B. Frka-Petešić, S.Tomić, I.Sondi, Dielectric relaxation of nanosized particles dispersed in water, 4th Symposium of Science and Technology of Nanomaterials, Ljubljana, Slovenia (2005) (predavanje).
7. T.Ivek, X Training Course in the physics of correlated electron systems and high-Tc superconductors, Vietri sul mare, Italija (3-4 listopada 2005).

## ODRŽANI SEMINARI

1. S. Tomić, Electronic phases and charge dynamics in the spin ladder and chain system  $Sr_{14-x}Ca_xCu_{24}O_{41}$ , Laboratoire de Physique

des Solides, Université Paris-Sud and Laboratoire de Chimie Physique – Matière et Rayonnement, Université Pierre et Marie Curie, Paris, Francuska (December 2005).

2. S.Tomić, Dielectric relaxation of DNA aqueous solutions, Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Paris (December 2005).

## **MEĐUNARODNA ZNANSTVENA SURADNJA**

### **Projekti**

1.

ime projekta: Broad-Band Optical Spectroscopy of Low-Dimensional Quantum Spin Systems (DFG project)

nositelji u inozemstvu: M.Dressel i B.Gorshunov, Universität Stuttgart

### **Neposredna suradnja**

1. zajednička istraživanja sa prof.A.Hamzić i dr.sc.M.Basletić, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

2. zajednička istraživanja sa prof.K.Maki, University of Southern California, Los Angeles, California, USA.

3. zajednička istraživanja sa prof. M.Dressel, 1.Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

4. zajednička istraživanja sa dr.sc.D.Zanchi, Université Paris VII, Paris, Francuska

5. zajednička istraživanja sa dr.sc.S.Krča i dr.sc.I.Sondi, Institut Ruđer Bošković

6. zajednička istraživanja sa Prof.R.Podgornik, Sveučilište u Ljubljani i Institut J.Stefan

## **SUDJELOVANJE U NASTAVI**

Seminarski, diplomski, magistarski, doktorski radovi

1. B. Frka-Petešić, Utilisation de la spectroscopie diélectrique basse fréquence dans l'étude de systèmes colloïdaux, Rapport de stage u okviru studija Master M1 de Physique (Magistère de physique) pri Université Denis Diderot Paris VII (2005) (voditelj: dr.sc. S. Tomić).

### **GOSTOVANJA VANJSKIH SURADNIKA I POSJETITELJA NA PROJEKTU**

1. Prof. K. Maki (srpanj 2005)  
Dept. of Physics and Astronomy, University of Southern California,  
Los Angeles, California, USA

2. Prof. S. Haas (srpanj 2005)  
Dept. of Physics and Astronomy, University of Southern California,  
Los Angeles, California, USA

OSTALO

B. Hamzić: članica "Stručnog povjerenstva za školske udžbenike" MZOŠ-a

## **ELEKTRONSKA SVOJSTVA NANO- STRUKTURIRANIH MATERIJALA I POVRŠINA (0035016)**

Glavni istraživač: Dr. sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik

Suradnici: Dr. sc. Petar Pervan, znanstveni savjetnik  
Dr. sc. Marko Kralj, viši asistent  
Dipl.inž. Ivo Pletikosić, asistent.  
Sanja Krajinović, prof., asistent

### **Opis istraživanja**

Ovu godinu karakterizira značajni angažman suradnika na znanstvenim i na tehnološkim istraživanjima povezanim. Pored toga se pristupilo provedbi nekih zahtjevnih tehničkih rješenja u laboratoriju kojima je omogućen rad na nekoliko paralelnih eksperimentalnih istraživanja. U znanstvenom dijelu su nastavljena istraživanja razvoja elektronskog sustava metalnih slojeva ekstremno malih debljina (do nekoliko monoslojeva) na sistemima Ag/Ni(110) i Ag/Pd(111) korištenjem fotoelektronske spektroskopije vrlo visoke energetske i kutne rezolucije. Strukturna svojstva studiraju se skenirajućom tunelirajućom mikroskopijom i difrakcijom nisko energetskih elektrona. Teorijsku podršku imamo u suradnji sa teoretičarima (dr. Brako Institutom Ruđer Bošković) koji koristeći density functional formalizam modeliraju ove sisteme.

U suradnji sa Institutom za fizikalnu i teorijsku kemiju u Bonnu (K. Wandelt) nastavljena su istraživanja na formiranju metalnih nakupina na ultratankim slojevima alumine.

U suradnji s Universit'e de Cergy-Pontoise (dr. Vita Ilakovac) završen je rad na problemu rezonantnog prijelaza oko vanadijevog 2p nivoa.

Kroz prvu polovinu godine projekt je bio uključen u Kolaborativni projekt "Nanoznanosti: put u nove tehnologije" gdje je služio kao koordinator aktivnosti. Ovaj projekt je zaključen predanim završnim izvještajem za cijelokupni period.

Nastavljen je rad na HITRA – STIRP projektu Složeni fotonaponski modul, kojeg je sa MZOŠ ugovorio Institut Ruđer Bošković (glavni istraživač dr. D. Gracin) uz Institut za fiziku kao podugovaratelja.

Nastavljen je rad na projektu Framework 6 STREP "Production process for industrial fabrication of low price amorphous-microcrystalline silicon solar cells (LPAMS)", Pr. No.: PL 509178, gdje je Institutu za fiziku jedna od šest ravnopravnih institucija.

Zahvaljujući ovim projektima napravljena je još jedna ultravisoko vakuumska aparatura koja omogućava istraživanja elektronske strukture upotrebom starog VSW-HA100 analizatora (sa lošijom kutnom i

energetskom rezolucijom) većim brojem metoda: ultraljubičasta fotoelektronska spektroskopija, rendgenska fotoelektronska spektroskopija i Augerova elektronska spektroskopija od kojih posljednje dvije nisu bile dostupne uz upotrebu analizatora visoke rezolucije.

Napravljena je i posebna test-komora za ispitivanja vezana uz desorpciju materijala, evaporaciju metala i sl. Ona je uspješno upotrebljena za studij desorpcije bakra iz laboratorijskih i industrijskih čelika. Ova problematika rađena je u suradnji sa Institutom za kovinske materijale in tehnologije iz Ljubljane.

Projektu se početkom veljače pridružila znanstvena novakinja Sanja Pletikosić. Tijekom cijele godine je mr.sci. Vesna Mikšić-Trontl sa Fakulteta za elektroniku i računarstvo u Zagrebu radila na doktorskoj disertaciji koju je uspješno obranila krajem studenog..

## **Electronic properties of nanostructured materials and surfaces**

We continued investigations of electronic properties of subnanometer silver films (up to a few monolayers) on Ni(110) and Pd(111), using photoelectron spectroscopy of high energy and angle resolution. The main focus was development of d-derived Quantum Well States. Structural properties were studied by means of Scanning Tunnelling Microscopy (STM) and Low Energy Electron Diffraction (LEED). A theoretical group of dr. Brako from Ruđer Bošković Institute provided a full theoretical support to this research by modelling structure and electronic states using the density functional theory.

In collaboration with the Institute of physical and theoretical chemistry in Bonn (K. Wandelt group) we continued research related to formation of nanoclusters on ultra-thin alumina layers.

A study of resonant transition around vanadium 2p was completed in collaboration with Universit'e de Cergy-Pontoise (V. Ilakovac).

This group continued working as a subcontractor on HITRA – STIRP technological project “Complex photovoltaic modules”, led by Ruđer Bošković Institute (D. Gracin) and, in collaboration with other five groups, on the Framework 6 project STREP "Production process for industrial fabrication of low price amorphous-microcrystalline silicon solar cells (LPAMS)", Pr. No.: PL 509178.

The research capacity of the laboratory has been greatly increased by setting up two new ultrahigh vacuum experimental chambers. One experimental chamber is dedicated to investigation of electronic structure of surfaces and nanostructures using number of techniques: ultraviolet photoelectron spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, Auger electron spectroscopy. All techniques use VSW-HA100 hemispherical analyser.



One experimental test-chamber is dedicated to evaporation experiments as well as to temperature programmed desorption spectroscopy. This chamber was used for the study of copper desorption from laboratory- and industrial-steel samples. This research was performed in collaboration with Institute of metals and technologies from Ljubljana.

At the beginning of this year, a new PhD student, ms. Sanja Krajinović, has joined the group. A PhD student, mr. Vesna Mikšić Trontl has successfully completed her PhD study in this laboratory.

**Objavljeni radovi:  
redovni rad u CC časopisu**

1. Experimental and theoretical study of structural and electronic properties of subnanometer silver films on Pd(111)

V. Mikšić Trontl, I. Pletikosić, M. Milun, P. Pervan P. Lazić, D. Šokčević, and R. Brako  
Phys. Rev. B, 72 (2005) 235418

2. Final-state screening dynamics in resonant Auger decay at the 2p edge of vanadium

V. Ilakovac, M. Kralj, P. Pervan, M.C. Richter, A. Goldoni, R. Larciprete, L. Petaccia, K. Hricovini  
Phys. Rev. B. 71 (2005) 085413

3. Determination of the coincidence lattice of an ultra thin alumina films on Ni<sub>3</sub>Al(111).

S. Degen, A. Krupski, M. Kralj; A. Langner, C. Becker, M. Sokolowski, K. Wandelt,  
Surface Sci.. 576 (2005) ; L557-L664

4. Hybridization schemes for Ag films on V(100). // Surface Science. 599 (2005) ; 150-159 M. Kralj.

Surface Sci.. 599 (2005) ; 150-159

**Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

M. Milun

Plenarno predavanje: Atomic structure of surfaces and thin films  
14th Croatian-Slovenian Crystallographic Meeting, Vrsar, June 15-17, 2005

M. Milun

Pozvano predavanje: Nano sretne bio: narcis ili brak iz računa?

4. Znanstveni sastanak hrvatskih biofizičara  
Zagreb, 9.9.2005

I. Pletikosić, V. Mikšić, P. Pervan, M. Milun  
Predavanje: Stanja kvantne jame u ultratankim slojevima srebra na  
(111) površini paladija  
12. Međunarodni sastanak Vakuumska znanost i tehnika  
Trakošćan, 18.5.2005

M. Milun  
Bez rada  
Conference on Concepts in Electron Correlation  
Hvar, 30.9. – 5.10.2005

#### **Sudjelovanje na stručnim skupovima:**

M. Milun  
Workshop: Emerging technologies: New skill needs in the field of  
nanotechnology  
Stuttgart, 11-12. 6. 2005

M. Milun  
Predavanje: Mladen Paić i 45 godina Instituta za fiziku  
Skup za obilježavanje 100. obljetnice rođenja akademika Mladena  
Paića, HAZU, Zagreb 13.12.2005

P. Pervan  
Pretražni tunelski mikroskop – ključ nastanka i razvoja  
nanotehnologije  
Skup za obilježavanje 100. obljetnice rođenja akademika Mladena  
Paića, HAZU, Zagreb 13.12.2005

#### **Kolaborativni projekti**

Nano-znanosti: put u nove tehnologije, koordinator M. Milun

#### **Tehnološki projekti**

HITRA – STIRP projekt Složeni fotonaponski modul, Institucija  
nositelj Institut Ruđer Bošković (glavni istraživač dr. D. Gracin),  
podugovaratelj Institut za fiziku (glavni istraživač dr. M. Milun)

#### **Međunarodna znanstvena suradnja**

**Projekti:**

Framework 6 STREP "Production process for industrial fabrication of low price amorphous-microcrystalline silicon solar cells (LPAMS", Pr. No.: PL 509178, voditelj na Institutu za fiziku M. Milun

**Formalna suradnja**

"Electronic properties of manganese nanostructures at surfaces" bilateral project DAAD (Germany) – MZOS (Croatia) bilateral project, 2006 – 2007, Voditelj P. Pervan

**Neposredna suradnja**

Department of Physics, Warwick University, Prof. P. Woodruff  
Department of Physics, Brookhaven National Laboratory, Dr. P.D. Johnson, Dr. T. Valla  
Institut za kovinske materijale in tehnologije, Ljubljana

**Sudjelovanje u nastavi:****poslijediplomska nastava**

M. Milun, Nanotehnologije, poslijediplomski studij, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, smjer kemija

**diplomski, magistarski i doktorski radovi****doktorska disertacija**

Mikšić Trontl, Vesna.  
Elektronska i strukturna svojstva adsorbiranih metalnih nanosistema.  
Zagreb : Prirodoslovno-matematički fakultet, 24.11 2005, 143 str.  
Voditelj: M. Milun.

**Ostalo**

M. Milun  
Član Međunarodnog programskog odbora 12. Konferencije o materialih in tehnologijah,  
Portorož, 13-15. 11. 2005

P. Pervan  
Član izdavačkog savjeta časopisa VACUUM, Elsevier  
Član "Regional Expert Council of COSENT NETWORK (South-East European Network on

NANO - Science and Technologies: Nanostructured Materials and Devices)

Član programskog savjeta međunarodne konferencije CUC-2004 (CARNet user conference).

Koordinator projekta "Multimedijalni centar Instituta za fiziku"

Voditelj projekta "Magnetizam-multimedijalni moduli"

Član rektorskog povjerenstva Sveučilišta u Rijeci "e-sveučilište"

Član programskog odbora "e-learning akademije" CARNeta

Voditelj e-škola FIZIKA, Hrvatskog fizikalnog društva

Član upravnog odbora Hrvatskog Vakuumskog društva

## **MODELIRANJE SVOJSTAVA MIKRO- I NANOSTRUKTURIRANIH POVRŠINA (0035017)**

Glavni istraživač: Dr. sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik

Suradnici: Dr. sc. Antonio Šiber, znanstveni suradnik

### **Opis istraživanja:**

U 2005. godini nastavljen je rad na teorijskom proučavanju, interpretiranju i modeliranju strukturnih, dinamičkih i elektronskih svojstava površina odnosno granica faza (interfaces) i njihovih interakcijama sa atomskim česticama i elektromagnetskim zračenjem. Proučavane granice faza uključuju planarne granice između kondenzirane i plinovite faze ili vakuuma (gas-solid interface) i 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, proučavana su neelastična i rezonantna raspršenja atoma na vibracijama monoslojeva atoma inertnih plinova adsorbiranim na metalnim površinama. Posebno su proučeni i interpretirani efekti dimenzionalnosti sistema na neelastične rezonantne procese raspršenja na površinama[1].

Istraživana je dinamika kvazičestica pobuđenih u površinskim elektronskim vrpčama apsorpcijom ili emisijom elektromagnetskog zračenja. U tu svrhu razvijen je kvantni formalizam koji opisuje evoluciju kvazičestica na ultrabrzoj vremenskoj skali, što omogućuje opis i interpretaciju eksperimenata u kojima se elektronska struktura i dinamika površina i adsorbiranih nanostrukture istražuju metodama vremenski razlučive dvofotonske fotoemisije. Dodatno su u tom kontekstu diskutirana i svojstva dekoherencije elektronskih pobuđenja u kvazi-dvodimenzionalnim vrpčama na metalnim površinama[2].

Ab initio metodama istraživana je fenomen slabe adsorpcije (fizisorpcije) atoma plemenitih plinova na metalnim površinama. Proširenim funkcionalima gustoće ispitana je uloga van der Waalsovskih interakcija u prototipnom primjeru fizisorpcije

monoslojeva atoma Xe na (111) kristalnim površinama bakra i platine. Rezultati tih istraživanja su pokazali dobro slaganje s eksperimentalnim rezultatima strukture tih sistema kao i njihovih dinamičkih (vibracijskih) svojstava čije su dosadašnje interpretacije smatrane kontroverznim[3].

Znanstvene informacije proizašle iz ovih istraživanja doprinose su fundusu znanja u području nanoznanosti (nanoscience) i ultrabrzih fenomena i procesa (ultrafast processes) koje se izrazito brzo razvijaju u zadnjih desetak godina zbog potencijalno važnih tehnoloških primjena.

## **Modeling of the properties of micro- and nanostructured surfaces**

In the year 2005 we have continued the work on theoretical investigations, interpretations and modeling of structural, dynamical and electronic properties of surfaces and interfaces and their interactions with atomic particles and electromagnetic radiation. The investigated systems include planar gas-solid interfaces and interfaces of condensed phases and quasi-two-dimensional structures (solid-monolayer interfaces). Special attention has been focused on the systems with at least one nanoscale dimension (nanostructures and nanosystems).

Using diverse theoretical methods and algorithms, of which some have been specially developed in the framework of the current and the previous projects, we have studied inelastic and resonant scattering of atoms on vibrations of noble gas atoms adsorbed on metal surfaces. Special attention has been paid to the effect of dimensionality of the system on inelastic resonant processes of atoms on surfaces[1].

We have studied the dynamics of quasiparticles that are excited (promoted) in surface electronic bands by absorption (emission) of electromagnetic radiation. To this end we have developed a fully quantum formalism for description of quasiparticle evolution on ultrafast time scale, that enables the interpretation of experiments in which the electronic structure and dynamics of surfaces and adsorbed nanostructures are investigated by time resolved electron spectroscopies. In this context we have discussed the decoherence of electronic excitations in quasi-two-dimensional bands on metallic surfaces[2].

Using ab initio methods we investigated the phenomenon of weak adsorption (physisorption) of noble gas atoms on metallic surfaces.

Employing the density functional method, conveniently extended to enable the studies of soft matter, we have investigated the role of van der Waals interactions on the examples adsorption of Xe atoms on Cu(111) and Pt(111) surfaces. The results of our calculations were found to be in a good agreement with experimental data on the structure and vibrational dynamics of the studied systems. This has enabled us to remove some controversies present in some earlier theoretical interpretations of these prototype physisorption systems. The results of our studies make a contribution in the research field of nanoscience and ultrafast phenomena at surfaces that have witnessed a rapid development in the past decade due to their scientific importance and potential technological applications.

**Objavljeni radovi:  
redovni radovi u CC časopisu:**

[1] A. Šiber and B. Gumhalter:  
Suppression of inelastic bound state resonance effects by the dimensionality of an atom-surface scattering event,  
Phys. Rev. B 71 (2005) 081401-4.

[2] B. Gumhalter:  
Ultrafast dynamics and decoherence of quasiparticles in surface bands: Development of the formalism,  
Phys. Rev. B 72 (2005) 165406-17.

[3] P. Lazić, Ž. Crljen, R. Brako and B. Gumhalter  
The role of van der Waals interactions in adsorption of Xe on Cu(111) and Pt(111),  
Phys. Rev. B 72 (2005) 245407-5.

**Pozvano predavanje**

B. Gumhalter:  
Entangled and disentangled decoherence of intermediate electron-hole pairs in two-photon photoemission from surface bands,  
Symposium: Catalysis: Nanotechnology with the Past (Berlin, 22-25 May 2005)

A. Šiber

“Cuboctahedral and icosahedral Lennard-Jones clusters: ground states and vibrations”,  
MATH/CHEM/COMP 2005 (Dubrovnik, Hrvatska, Lipanj 2005.)

### **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima:**

1. B. Gumhalter:

Ultrafast dynamics and entangled decoherence of electrons in intermediate states of two-photon photoemission from surface bands, 23-rd European Conference on Surface Science (Berlin, 4-8 Sept. 2005).

2. P. Lazić, Ž. Crljen, R. Brako and B. Gumhalter

Ab initio calculations of the adsorption of Xe on Cu(111) and Pt(111 surfaces),  
23-rd European Conference on Surface Science (Berlin, 4-8 Sept. 2005).

3. B. Gumhalter:

Ultrafast dynamics and entangled decoherence of electrons in intermediate states of two-photon photoemission from surface bands, Workshop on Noise and Instabilities in Quantum Mechanics (ICTP Trieste, 3-7 Oct. 2005).

### **Međunarodna znanstvena suradnja:**

1. Suradnja B. Gumhalter (Institut za fiziku, Zagreb) i Profs. E.V. Chulkov i P.M. Echenique (Donostia International Physics Center, San Sebastian, Španjolska).

### **Studijski boravci**

B. Gumhalter

Donostia International Physics Center (San Sebastian, Španjolska, 1-31.03.2005).

### **Ostalo**

B. Gumhalter:

Član International Programme Committee 23. Evropske konferencije o fizici površina (ECOSS-23, Berlin 4-8 Sept. 2005)



## Seminari

A. Šiber

Metoda vezanih kanala u log-derivative implementaciji: primjena na vezana stanja i stanja raspršenja

Seminar grupe za teorijsku kemiju, Institut Ruđer Bošković, Zagreb

B. Gumhalter

Ultrafast dynamics and entangled decoherence of electrons in intermediate states of two-photon photoemission from surface bands, Donostia International Physics Center (San Sebastian, March 2005)

B. Gumhalter

Ultrafast dynamics and entangled decoherence of electrons in intermediate states of two-photon photoemission from surface bands, Humboldt Universität Berlin (Berlin May 2005).



### **3. OSTALE AKTIVNOSTI INSTITUTA**

#### **3.1. SEMINARI**

Voditelj seminara: dr.sc. Ognjen Milat

16.12.2005

Surface relief grating for light manipulation

Prof. Dr Marie-Claude Castex

Laboratoire de Physique des Lasers - UMR CNRS 7538

Université Paris 13, 99, Avenue J.-B. Clément, 93430

VILLETANEUSE - FRANCE

15.12.2005

Light emitting 3-6 Carbazole based polymers and molecular compounds: From synthesis to devices

Prof. Dr Alain Siove

Laboratoire des Biomatériaux et des Polymères de Spécialité

(LBPS) Institut Galilée, Université Paris Nord - 99,

Avenue J.B. Clément, 93430 Villetaneuse, FRANCE

09.11.2005

Energy relaxation in disordered charge and spin density waves.

Dr. Regis Melin

CRTBT-CNRS, Grenoble, France

22.09.2005

Model Kondove rešetke sa Lanczosovom metodom na konačnim temperaturama

Dr. Ivica Zerec

Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids,

Dresden Germany

14.09.2005

Crystal growth and some transport properties of REM3 intermetallics M = Sn, In

Dr. Zbigniew Kletowski

Institute of Low Temperature and Structure Research,

Polish Academy of Sciences, 50-950 Wroc law,

P. O. Box 1410, Poland.

08.09.2005

Dynamics of alkali atoms and molecules on cold helium droplets  
Dr. Wolfgang E. Ernst  
Institute of Experimental Physics, Graz University of Technology  
Petersgasse 16, A-8010 Graz, Austria, Europe

01.09.2005  
Pristup elektronskoj strukturi s nanometarskom rezolucijom  
Dr. Marko Kralj  
Institut za fiziku Bijenička cesta 46 Zagreb, HRVATSKA

21.07.2005  
Commercialization of University Technology: From  
Innovation to License  
Donna M. Cyr  
Center for Science and Technology Commercialization,  
University of Connecticut, Farmington, CT

20.07.2005  
Transportna mjerenja pod visokim tlakom : slučaj BaVS3  
Dr. Neven Barišić  
EPFL CH-1015 Lausanne, i Institut za fiziku HR10000 Zagreb

19.07.2005  
D-wave density wave in high-Tc cuprates and CeCoIn5  
Prof. Dr Kazumi Maki  
Department of Physics & Astronomy, University of Southern  
California, Los Angeles, CA

15.07.2005  
Quantum Percolation in Antiferromagnets  
Prof. Dr Stephan Haas  
Department of Physics & Astronomy, University of Southern  
California, Los Angeles, CA

07.07.2005  
Holsteinovi polaroni i bipolaroni  
Dr. Osor Slaven Barišić  
Institut za fiziku, Zagreb, Hrvatska

14.06.2005  
Sustav na čipu: hrvatske mogućnosti na svjetskom tržištu znanja

dr.sc. Žarko Nožica  
Tehničko veleučilište u Zagrebu

12.05.2005

Kvantni plin atoma: neka temeljna pitanja koja potiču  
Dr. Slobodan Danko Bosanac  
Institut R. Bošković, Bijenička 54, Zagreb, Hrvatska

28.04.2005

Spektroskopija cezijevih dimera  
Dr. Robert Beuc  
Institut za fiziku, Zagreb, Hrvatska

24.03.2005

Mjerenja helijeve linije 1083 nm na Suncu  
Dr Sci Roman Brajša  
Opservatorij Hvar, Geodetski fakultet, Kaciceva 26 Zagreb

03.03.2005

Neoliberalna globalizacija i ambivalentnost znanosti  
dr. sc Slavko Kulić  
Ekonomski institut, Zagreb Hrvatska

10.02.2005

Četvorovalno mješanje s ultrakratkim pulsevima  
Dr Hrvoje Skenderović  
Institut za fiziku, Zagreb, Bijenička 46, Hrvatska

03.02.2005

Laser spectroscopy of Rb atomic vapour with extra-thin cells  
(sub-micron sizes)  
Dr Tigran Varzhapetyan  
Institute for Physical Research, NAS of Armenia, Ashtarak-2,  
378410, Armenia

### 3.2. KNJIŽNICA

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

STRUČNI SURADNIK: dr. Vlasta Horvatić, 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 2004. godine, nastavila svojom aktivnošću.

Tokom godine knjižnica je dobila novo računalo na ime projekta «Sustav znanstvenih informacija – podsustav Prirodoslovlje i tehnologija» .

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 3827 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/hr/library.html>

#### FOND KNJIŽNICE:

1. knjige 4565 knjiga
2. periodika 83 tekuća naslova
3. diplomske 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: 410
2. Posuđene knjige: 41
3. Čitaonica - izdani časopisi:303
4. Međuknjižnična posudba
  - a) zahtjevi putem pošte

- primljenih zahtjeva: 11
- upućenih zahtjeva 3
- b) zahtjevi putem telefona ili osobno
- primljenih zahtjeva: 27
- upućenih zahtjeva 12

KORISNICI: Znanstveno-istraživačko osoblje: 47  
Znanstveno-nastavno osoblje: 20  
Studenti: 420  
Ostali: 30  
Ukupno: 517

### **3.3. IZVJEŠTAJ O NAPREDOVANJU SURADNIKA**

#### **Doktorirali:**

Dr.sc. Osor Slaven Barišić, 24.05.2005.

#### **Izbori u znanstvena zvanja:**

Dr.sc. Jagoda Lukatela, izbor u znanstveno zvanje znanstveni savjetnik

Dr.sc. Ana Smontara, izbor u znanstveno zvanje znanstveni savjetnik

Dr.sc. Marko Kralj, izbor u znanstveno zvanje znanstveni suradnik

Dr.sc. Tomislav Vuletić, izbor u znanstveno zvanje znanstveni suradnik

Dr.sc. Jadranko Gladić, izbor u znanstveno zvanje znanstveni suradnik



### **3.4. SUDJELOVANJE U DODIPLOMSKOJ I POSLIJEDIPLOMSKOJ NASTAVI**

#### **Dodiplomska nastava**

Dipl.inž. Krešimir Salamon, Praktikum iz fizike 1 i 2, PMF  
Dipl.inž. Igor Smiljanić, Praktikum iz fizike 4, PMF  
Dr.sc. Ticijana Ban, Praktikum iz fizike, PMF  
Dipl.inž. Mirta Herka, Praktikum iz fizike, PMF  
Dr.sc. Petar Pervan, Seminar iz fizike, Filozofski fakultet, Sveučilište u Rijeci  
Dr.sc. Goran Pichler, Eksperimentalne metode atomske fizike, Atomska fizika i optika, PMF  
Dr.sc. Miroslav Očko, Laboratorijske vježbe Fizike, PMF  
Dipl. inž. Ivan Balog, dipl.inž. Praktikum 4, PMF  
Dr.sc. Osor Slaven Barišić, Seminar iz ireverzibilnih procesa, PMF  
Dr.sc. Katarina Uzelac, Ireverzibilni procesi, PMF  
Dipl.inž. Ivica Živković, Uvod u računarstvo, PMF

#### **Poslijediplomska nastava**

Dr.sc. Milorad Milun, Nanotehnologije, poslijediplomski studij, PMF  
Dr.sc. Eduard Tutiš, Fizika poluvodiča, PMF  
M. Milun, Moderne spektroskopije i struktura materije, Poslijediplomski studij didaktike prirodnih znanosti, Sveučilište u Splitu

### **3.5. KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI U 2005. GODINI**

1. D. Aumiler  
21.06.05.-24.06.05.- Hrvatska, sudjelovanje na ljetnoj školi mladih fizičara  
18.07.05.-27.07.05.- Argentina, sudjelovanje na konferenciji  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
24.10.05.-30.10.05.- Francuska, studijski boravak
2. I. Aviani  
21.02.05.-24.02.05.- Belgija, prisustvovanje na sastanku  
21.06.05.-24.06.05.- Hrvatska, sudjelovanje na ljetnoj školi mladih fizičara  
24.09.05.-06.10.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
01.12.05.-04.12.05.- Hrvatska, održavanje predavanja
3. T. Ban  
22.05.05.-25.05.05.- Njemačka, sudjelovanje na simpoziju  
01.07.05.-31.07.05.- Italija, studijski boravak  
01.08.05.-07.08.05.- Irska, sudjelovanje na konferenciji  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
4. R. Beuc  
06.11.05.-12.11.05.- Austrija, znanstveni posjet
5. K. Biljaković  
13.03.05.-17.03.04.- Francuska, znanstveni posjet  
30.05.05.-12.06.05.- Francuska, znanstveni posjet  
07.07.05.-17.07.05.- Francuska, sudjelovanje na konferenciji  
20.08.05.-29.08.05.- Francuska, sudjelovanje na konferenciji  
04.12.05.-12.12.05.- Francuska, studijski boravak
6. N. Demoli  
08.06.05.-11.06.05.- Francuska, radni posjet  
11.09.05.-15.09.05.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji
7. M. Fučkar-Marasović  
20.04.05.-23.04.05.- Hrvatska, službeni put  
22.11.05.-25.11.05.- Hrvatska, sudjelovanje na seminaru
8. B. Gumhalter  
28.02.05.-01.04.05.- Španjolska, studijski boravak  
21.05.05.-30.05.05.- Njemačka, studijski boravak

- 04.09.05.-11.09.05.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
02.10.05.-08.10.05.- Italija, prisustvovanje na Workshop-u
9. B. Horvatić  
24.09.05-01.10.05.- Hrvatska, prisustvovanje na konferenciji
10. V. Horvatić  
26.02.05.-08.03.05.- Njemačka, studijski boravak
11. T. Ivek  
01.10.05.-17.01.05.- Italija, sudjelovanje na ljetnoj školi
- 12.M. Kralj  
04.09.05.-09.09.05.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
24.10.05.-23.12.05.- Njemačka, studijski boravak
13. N. Krstulović  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
14. I. Labazan  
01.09.04.-31.01.05.- Nizozemska, studijski boravak  
28.02.05.-30.04.06.- Njemačka, stručno usavršavanje
15. J. Lukatela  
06.09.05.-09.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
16. Ž. Marohnić  
14.07.05.-21.07.05.- Švicarska, sudjelovanje na sastanku
17. O. Milat  
26.06.05.-30.06.05.- Slovenija, sudjelovanje na kongresu
18. M. Milun  
17.03.05.-21.03.05.- Češka, sudjelovanje na sastanku  
24.05.05.-27.05.05.- Slovenija, znanstveni suradnja  
15.06.05.-18.06.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
29.09.05.-03.10.05.- Hrvatska, prisustvovanje na konferenciji  
13.11.05.-16.11.05.- Njemačka, znanstveni posjet
19. S. Milošević  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
20. M. Movre  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji

- 06.11.05.-12.11.05.- Austrija, znanstveni posjet
21. M. Očko  
24.07.05.-04.08.05.- Austrija, sudjelovanje na konferenciji  
23.09.05.-06.10.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
22. P. Pervan  
13.11.05.-16.11.05.- Njemačka, znanstveni posjet  
01.12.05.-04.12.05.- Hrvatska, održavanje predavanja
- 23 G. Pichler  
20.02.05.-25.02.05.- Njemačka, sudjelovanje na Workshop-u  
14.02.05.-17.02.05.- Austrija, znanstvena suradnja  
29.03.05.-30.05.05.- Austrija-Njemačka, sudjelovanje na Workshop-u i stud. Boravak  
12.06.05.-16.06.05.- Njemačka, znanstveni posjet  
18.06.05.-21.06.05.- Bugarska, prisustvovanje na sastanku  
01.08.05.-07.08.05.- Irska, sudjelovanje na konferenciji  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
11.09.05.-14.09.05.- Njemačka, znanstvena suradnja  
07.10.05.-31.10.05.- Francuska, studijski boravak  
19.11.05.-23.11.05.- Austrija, znanstveni posjet
- 24 M. Prester  
31.03.05.-04.04.05.- Švicarska, radni posjet  
16.04.05.-26.04.05.- Švicarska, radni posjet  
16.07.05.-25.07.05.- Švicarska, radni posjet
- 25 K. Salamon  
30.09.05.-06.10.05.- Italija, radni posjet
- 26 H. Skenderović  
03.03.05.-09.03.05.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
01.04.05.-31.05.05.- Njemačka, studijski boravak  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
- 27 I. Smiljanić  
24.09.05.-01.10.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
07.12.05.-21.12.05.- Mađarska, znanstveni posjet
- 28 A. Smontara  
19.06.05.-24.06.05.- Hrvatska, sudjelovanje na ljetnoj školi mladih fizičara  
04.11.05.-12.11.05.- Švicarska, studijski boravak  
07.12.05.-21.12.05.- Mađarska, znanstveni posjet
29. M. Sobol

- 23.09.05.-02.10.05.- Hrvatska, prisustvovanje na konferenciji
30. D. Starešinić  
28.02.05.-01.03.05.- Hrvatska, službeni put  
11.05.05.-18.05.05.- Rusija, znanstveni posjet  
07.07.05.-17.07.05.- Francuska, sudjelovanje na Workshop-u  
20.08.05.-28.08.05.- Francuska, sudjelovanje na konferenciji  
21.11.05.-05.12.05.- Francuska, znanstveni posjet
31. Ž. Šimek  
20.08.05.-28.08.05.- Francuska, sudjelovanje na konferenciji  
23.09.05.-02.10.05.- Hrvatska, prisustvovanje na konferenciji
32. S. Tomić  
29.05.05.-03.06.05.- Italija, znanstveni posjet  
03.12.05.-18.12.05.- Francuska, studijski boravak
33. E. Tutiš  
26.04.05.-11.05.05.- Švicarska, studijski boravak
34. K. Uzelac  
02.04.05.-07.04.05.- Italija, sudjelovanje na konferenciji
35. Č. Vadla  
26.02.05.-08.03.05.- Njemačka, studijski boravak  
19.10.05.-20.12.05.- Njemačka, studijski boravak
36. S. Vdović  
01.08.05.-07.08.05.- Irska, sudjelovanje na konferenciji  
28.08.05.-02.09.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
37. T. Vuletić  
29.05.05.-03.06.05.- Italija, znanstveni posjet  
20.08.05.-27.08.05.- Francuska, sudjelovanje na međunarodnom skupu  
28.08.05.-04.09.05.- Francuska, sudjelovanje na međunarodnom skupu
38. V. Zlatić  
07.02.05.-04.03.05.- SAD, studijski boravak  
06.04.05.-13.05.05.- Njemačka, studijski boravak  
17.05.05.-20.05.05.- Poljska, sudjelovanje na Workshop-u  
25.07.05.-03.08.05.- Austrija, sudjelovanje na konferenciji  
01.09.05.-03.09.05.- Francuska, sudjelovanje na konferenciji  
22.08.05.-26.08.05.- Hrvatska, organizacija konferencije  
23.09.05.-06.10.05.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
29.11.05.-24.12.05.- SAD, studijski boravak

39. I. Živković  
31.07.05.-04.08.05.- V. Britanija, sudjelovanje na međunarodnom skupu