

**INSTITUT ZA FIZIKU  
ZAGREB**

**GODIŠNJI IZVJEŠTAJ  
ZA 2001. GODINU**

**BIJENIČKA C. 46, P.P. 304, 10000 ZAGREB - REPUBLIKA HRVATSKA TELEFON:  
(01)4698-888, TELEFAX:(01)469-8889, 469-8890  
<http://www.ifs.hr/>**

# Predgovor

Pred Vama je Godišnji izvještaj Instituta za fiziku za 2001. godinu. To je efektivno posljednja godina odvijanja Programa trajne znanstvenoistraživačke djelatnosti "Fizika kondenzirane materije, plinova i plazme" koji je započeo krajem 1996. godine a u koji su bili uključeni svi znanstveni radnici Instituta raspodijeljeni u 9 znanstvenih tema navedenih na početku ovog izvještaja..

U proteklih 5 godina trajanja programa trajne znanstvenoistraživačke djelatnosti u Institutu su u prosjeku radila 32 profesionalna fizičara i deset znanstvenih novaka. Oni su u tom periodu objavili 234 znanstvena rada u časopisima iz Current Contents baze. Istovremeno se odvijala i vrlo intenzivna međunarodna suradnja grupa i pojedinaca. Tako je npr. u 2001. godini Institut ostvarivao 22 međunarodna projekta i 17 neformalnih suradnji. Pored toga Institut je na razne načine sudjelovao u edukaciji studenata, doktoranada i učenika, popularizaciji znanosti i sličnim aktivnostima.

Proteklu godinu snažno su obilježila dva događaja od značaja za znanstveni rad Instituta. Polovinom godine je raspisan natječaj za nabavu nove opreme te su Institutu odobrena sredstva od oko 1600000 kuna. Činjenica da je početkom 2002. raspisan novi natječaj ohrabruje nas u vjerovanju da se radi o novoj politici kontinuiranog ulaganja u instrumentarij za znanstveni rad.

Drugi događaj je bio raspis za predlaganje novih projekata znanstvenih istraživanja., To je dalo priliku da se osnovne gradbene jedinice Instituta (laboratoriji i grupe) samostalno natječu za sredstva za istraživanje te da, svaka za sebe, vlastitom kvalitetom osigura materijalnu osnovicu rada. To je zaoštrilo odgovornost svakog pojedinca i u velikoj mjeri će olakšati procjenu rada pojedinačnih grupa. Institut je prijavio 17 projekata kojima su obuhvaćeni svi zaposleni fizičari. Ti projekti su fokusirani na četiri značajna područja istraživanja unutar jednog programa kojeg smo nazvali Fizika novih stanja materije: 1) Novi fenomeni u fizici atoma, molekula i optici; 2) Kritične pojave i modeliranje u kompleksnim sistemima; 3) Supravodljivost i magnetizam kompleksnih sistema; i 4) Nanostrukture. Ovakva struktura istraživanja odražava značajna preusmjerenja u istraživanjima u Institutu. Naime, u proteklih desetak godina u atomskoj i molekularnoj fizici kao i u fizici kondenzirane materije desili su se ogromni pomaci i definirali potpuno novi pravci istraživanja. Femto-sekundna

laserska spektroskopija, atomske hladne klopke, Bose-Einstein kondenzati, novi fenomeni vezani uz visokotemperaturnu supravodljivost i magnetizam, prodori u razumijevanju važnosti nereda, kompleksnih struktura i koncepta samo-organizacije, znanost života, nanoznanost i nanotehnologije predstavljaju nekoliko primjera koji direktno utiču na reorijentaciju istraživačkih grupa Instituta za fiziku. To preusmjerenje se dešavalo kroz cijeli prošli period i rezultiralo je definiranjem novog programa sa četiri navedena područja .

2001. godinu ćemo zapamtiti i kao četrdesetu godišnjicu Instituta kao znanstvene ustanove. Institut je osnovan odlukom Sveučilišnog savjeta 1961. a u registar znanstvenih ustanova upisan je godinu dana kasnije. Rođendan smo proslavili Tjednom fizike (17. – 21. 12. 2001) u kojem smo održali 5. Konferenciju Instituta za fiziku sa 45 predavanja kroz tri dana. U radu konferencije su svojim izlaganjima sudjelovali gotovo svi znanstvenici i znanstveni novaci Instituta a cijelo jedno jutro je bilo posvećeno studentskim radovima. Bitan dio Tjedna bio je i Otvoreni dan IFa kada nas je posjetilo oko 250 građana zainteresiranih da vidi laboratorije i susretne uživo ljude koji se bave znanošću.

U vremenu koje dolazi Institut će sigurno nastaviti sa transformacijama. Dio neposredno vezan uz znanstvene probleme transformirat će se onoliko brzo koliko budemo držali korak sa frontalnim istraživanjima u našim područjima. Drugi dio transformacija odnosit će se na društvenu poziciju i odgovornost Instituta u odnosu na nove materijale, postupke i tehnologije s jedne strane i edukativnu djelatnost s druge strane. Postojeća aktivnost u tim područjima je značajna, u nekim segmentima i vrlo kvalitetna, ali nije dovoljno strukturirana a možda ni poticana. Vjerujemo da ćemo već u tekućoj godini napraviti ozbiljne pomake u ovim segmentima institutske aktivnosti.

Ravnatelj  
Dr. Milorad Milun

Predsjednica Znanstvenog vijeća  
Dr. Silvia Tomić

# Sadržaj

<b>1. STRUKTURA INSTITUTA .....</b>	<b>5</b>
1.1. ORGANI INSTITUTA .....	5
1.2. POPIS DJELATNIKA INSTITUTA.....	5
<b>2. IZVJEŠTAJI O RADU NA PROGRAMU TRAJNE ISTRAŽIVAČKE     DJELATNOSTI .....</b>	<b>8</b>
2.1. ATOMSKI SUDARI NISKE ENERGIJE U PLINOVIMA I PLAZMI .....	9
2.2. LASERSKO VOĐENJE I DIJAGNOSTIKA PROCESA U PARAMA I PLAZMI .....	11
2.3. NOVI MOLEKULARNI VODIČI .....	15
2.4. METALNA STAKLA I VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI .....	17
2.5. ELEKTRONSKA SVOJSTVA LOKALNO KORELIRANIH SISTEMA.....	19
2.6. STRUKTURNE MODULACIJE U NOVIM SINTETIČKIM MATERIJALIMA.....	22
2.7. KOMPLEKSNI MODULIRANI SISTEMI: OSNOVNA STANJA I POBUĐENJA.....	24
2.8. FIZIKA POVRŠINA I ADSORBIRANIH SLOJEVA .....	27
2.9. TEORIJA KRITIČNIH POJAVA I NISKODIMENZIONALNIH SISTEMA .....	29
2.10 MEĐUNARODNA ZNANSTVENA SURADNJA INSTITUTA .....	31
<b>3. NEKI OSNOVNI POKAZATELJI INSTITUTA ZA FIZIKU .....</b>	<b>i</b>

# 1. STRUKTURA INSTITUTA

## 1.1. ORGANI INSTITUTA

### Upravno vijeće:

Dr.sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik, predsjednik  
Prof. dr.sc. Aleksa Bjeliš, član  
Dipl.inž. Darko Cvjetko, član

### Ravnatelj:

Dr.sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik od 05.04.2001.  
Dr.sc. Čedomil Vadla, viši znanstveni suradnik do 04.04.2001.

### Pomoćnici ravnatelja:

Dr.sc. Mladen Movre, znanstveni savjetnik  
Dr.sc. Petar Pervan, viši znanstveni suradnik od 5.04.2001  
Dr.sc. Zlatko Vučić, viši znanstveni suradnik do 5.04.2001

### Predsjednica Znanstvenog vijeća:

Dr.sc. Silvia Tomić, znanstvena savjetnica od 24.04.2001.  
Dr.sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik do 24.04.2001

## 1.2. POPIS DJELATNIKA INSTITUTA

### Znanstvenici i istraživači:

Ivica Aviani, dr.sc.	- viši asistent
Davorka Azinović, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Ivo Batistić, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik (do 30.04.2001.)
Robert Beuc, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Katica Biljaković, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Nazif Demoli, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Đuro Drobac, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Jadranko Gladić, mr.sc.	- stručni suradnik
Branko Gumhalter, dr.sc.	- znanstveni savjetnik
Bojana Hamzić, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Berislav Horvatić, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Vlasta Horvatić, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Jovica Ivkov, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Davorin Lovrić, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Jagoda Lukatela, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Željko Marohnić, dr.sc.	- viši asistent
Ognjen Milat, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Slobodan Milošević, dr.sc.	- znanstveni savjetnik
Milorad Milun, dr.sc.	- znanstveni savjetnik

Marko Miljak, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Mladen Movre, dr.sc.	- znanstveni savjetnik
Miroslav Očko, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Petar Pervan, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Goran Pichler, dr.sc.	- znanstveni savjetnik
Mladen Prester, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Hrvoje Skenderović, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Ana Smontara, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Krešimir Šaub, dipl.inž.	- stručni suradnik
Silvia Tomić, dr.sc.	- znanstveni savjetnik
Eduard Tutiš, dr.sc.	- znanstveni suradnik
Katarina Uzelac, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Čedomil Vadla, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Zlatko Vučić, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Veljko Zlatić, dr.sc.	- znanstveni savjetnik

### **Znanstveni novaci:**

Ticijana Ban, mr.sc  
Osor Slaven Barišić, mr.sc.  
Ante Bilušić, mr.sc.  
Marko Kralj, mr.sc.  
Irena Labazan, mr.sc  
Damir Starešinić, dr.sc.  
Antonio Šiber, mr.sc.  
Tomislav Vuletić, dipl.inž.  
Ivica Živković, dipl.inž.  
Krešimir Salamon, dipl.inž. (od 01.09.2001.)

### **Tehničari:**

Krešimir Drvodelić	- tehnički suradnik
Branko Kiš	- viši tehničar
Marjan Marukić	- viši tehničar
Josip Pogačić	- viši tehničar
Milan Sertić	- tehnički suradnik
Alan Vojnović	- viši tehničar
Milan Vukelić	- tehnički suradnik

### **Opći i zajednički poslovi:**

Mladen Bakale	- ekonom
Ivanka Bakmaz	- računovodstveni referent
Marija Baričević	- administrativna tajnica
Golubica Begić	- namještenica IV vrste NSS
Marica Fučkar-Marasović, prof.	- diplomirani knjižničar

Željko Kneclin, dipl.oec.  
Matilda Kolarić  
Nevenka Kralj  
Gordana Lončarević  
Vesna Lončarević  
Darko Oštarčević  
Nataša Pilko  
Jadranka Rajić, dipl. pravnik  
Željko Rogin  
Draženka Zajec

- viši stručni savjetnik ekonomske struke
- namještenica IV vrste NSS
- računovodstveni referent
- namještenica IV vrste NSS
- namještenica IV vrste NSS
- namještenik IV vrste PKV
- namještenica IV vrste NSS
- tajnica Instituta
- tehnički suradnik
- namještenica IV vrste NSS



*Suradnici Instituta za fiziku, slikano 10. 4. 2001.*

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

### **"Fizika kondenzirane materije, plinova i plazme" (00350101)**

Temeljna znanstvena istraživanja organizirana su po znanstveno-istraživačkim skupinama (temama) financiranim od Ministarstva znanosti i tehnologije RH:

- 1. Atomski sudari niske energije u plinovima i plazmi (00350101)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Čedomil Vadla**, viši znanstveni suradnik
- 2. Lasersko vođenje i dijagnostika procesa u parama i plazmi (00350102)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Goran Pichler**, znanstveni savjetnik
- 3. Novi molekularni vodiči (00350103)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Silvia Tomić**, znanstveni savjetnik
- 4. Metalna stakla i visokotemperaturni supravodiči (00350104)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Jagoda Lukatela**, viši znanstveni suradnik
- 5. Elektronska svojstva lokalno koreliranih sistema (00350105)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Veljko Zlatić**, znanstveni savjetnik
- 6. Strukturne modulacije u novim sintetičkim materijalima (00350106)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Zlatko Vučić**, viši znanstveni suradnik
- 7. Kompleksni modulirani sistemi: osnovna stanja i pobuđenja (00350107)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Katica Biljaković**, viši znanstveni suradnik
- 8. Fizika površina i adsorbiranih slojeva (00350108)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Branko Gumhalter**, znanstveni savjetnik
- 9. Teorija kritičnih pojava i niskodimenzionalnih sistema (00350109)**  
Glavni istraživač: **dr.sc. Katarina Uzelac**, viši znanstveni suradnik



## 2.1. ATOMSKI SUDARI NISKE ENERGIJE U PLINOVIMA I PLAZMI

**Glavni istraživač:** dr.sc. Čedomil Vadla, viši znanstveni suradnik  
**Suradnici:** dr.sc. Mladen Movre, znanstveni savjetnik  
dr.sc. Robert Beuc, znanstveni suradnik  
dr.sc. Vlasta Horvatić, znanstveni suradnik

### Opis istraživanja:

Sažeti opis istraživanja objavljenog u radu [1] izložen je u godišnjem izvještaju za 2000. godinu.

Napravljena su istraživanja niskotlačnog izboja malih dimenzija sa dielektričnom barijerom, namijenjenog da služi kao detektor pri analizi halogeniranih hidrokarbonata. Izboj je ispitivan pomoću diodno-laserske apsorpcijske spektroskopije pobuđenih atoma u plazmi, mjerenjem širenja profila apsorpcijskih linija, što omogućava određivanje temperature izboja i koncentracije elektrona. Raspodjela i difuzija pobuđenih atoma mjerena je s visokom prostornom i vremenskom razlučivošću. Ustanovljeno je [12] da se glavnina pobuđenih atoma nalazi u vrlo ograničenom volumenu izboja karakteriziranom maksimalnom temperaturom od približno 1000 K i elektronskom gustoćom većom od  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ .

U proteklom razdoblju razvijene su nove te poboljšane postojeće poluklasične metode računanja apsorpcijskih i emisijskih spektara dvoatomskih molekula [3, 4, 5]. Te metode kao i kvantnomehanički račun spektra zasnovan na Fourier grid Hamiltonijan metodi primjenjene su u analizi čitavog niza pojava, kako u termalnim uvjetima tako i u uvjetima ekstremno niskih temperatura. Rezultati analize satelita i difuznih vrpca u spektrima  $\text{Rb}_2$ ,  $\text{Cs}_2$  i K-Rb molekula u termalnim uvjetima primjenjeni su pri definiranju scenarija tvorbe ultra-hladnih molekula fotoasocijacijom. Na primjeru spektra K-Rb molekule uspoređen je poluklasični i kvantnomehanički račun slobodno-slobodnog kao i slobodno-vezanog spektra. Pokazano je da račun spektra u kojem je gibanje atoma opisano klasičnim putanjama daje praktično isti rezultat kao i puni kvantnomehanički postupak čak i u uvjetima ultra niskih temperatura ( $T=100 \mu\text{K}$ ).

U suradnji s Prof. W. Meyerom (Kaiserslautern) nastavljen je rad na teorijskom izučavanju procesa ionizacije za niske kinetičke energije, posebno procesa koji uključuju pobuđene atome plemenitih plinova (autoionizacija sudarnih kompleksa  $\text{Ar}^* + \text{H}$  i  $\text{Ar}^* + \text{Hg}$ ). Započet je rad na razvoju kompjuterskog paketa programa temeljenih na kompleksnom višekanalnom algoritmu, koji su potrebni za numeričko rješavanje problema raspršenja za opći, kompleksni, energijski ovisan nelokalni potencijal.

### POPIS RADOVA:

#### Redovni radovi u časopisima

1. Č. Vadla, V. Horvatić and K. Niemax, *Oscillator strength of the strongly forbidden Pb  $6p^2 \ ^3P_0 \rightarrow 6p^2 \ ^3P_1$  transition at 1278.9 nm*, Eur. Phys. J. D **14** (2001) 23-25.

2. R. Beuc, H. Skenderović, T. Ban, D. Veža, G. Pichler and W. Meyer, *Cesium satellite band at 875.2 nm stemming from the  $Cs_2 O_g^+(6p^2P_{1/2} + 6s^2S_{1/2})$  state*, Eur. Phys. J. D **15** (2001) 209-214.
3. M.-L. Almazor, O. Dulieu, F. Masnou-Seeuws, R. Beuc and G. Pichler, *Formation of ultracold molecules via photoassociation with blue detuned laser light*, Eur. Phys. J. D **15** (2001) 355-363.
4. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, I. Krajcar Bronić, S. Rousseau, A. R. Allouche, M. Aubert-Frécon and G. Pichler, *Pure long-range ion-pair  $Cs_2$  molecules*, Chem. Phys. Lett. **345** (2001) 423-428.

### Radovi objavljeni u zbornicima

5. G. Pichler, T. Ban, H. Skenderović and R. Beuc, S. Rousseau, A. R. Allouche and M. Aubert-Frecon, *Diffuse bands of  $Rb_2$  molecule: Detection of ultracold  $Rb_2$* , Eds. (AIP Conf. Proc.559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 290-292.
6. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, G. Pichler, I. Krajcar, S. Rousseau, A. R. Allouche and M. Aubert-Frecon, *Strange long-range satellite bands in the blue wing of  $Cs$  455 nm line*, Eds. (AIP Conf. Proc.559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 325-327.
7. H. Skenderović, R. Beuc, T. Ban, G. Pichler, S. S. Ter-Avetisyan, S. Rousseau, A. R. Allouche and M. Aubert-Frecon, *Triplet satellite bands of  $KRb$  molecule in the far blue wings of  $K$  and  $Rb$  resonance lines*, Eds. (AIP Conf. Proc.559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 328-330.



Laboratorij za lasersku spektroskopiju

## 2.2. LASERSKO VOĐENJE I DIJAGNOSTIKA PROCESA U PARAMA I PLAZMI

**Glavni istraživač:** dr. sc. Goran Pichler, znanstveni savjetnik  
**Suradnici:** dr. sc. Slobodan Milošević, znanstveni savjetnik  
dr. sc. Nazif Demoli, znanstveni suradnik  
dr. sc. Davorka Azinović, znanstveni suradnik  
dr. sc. Hrvoje Skenderović, znanstveni suradnik  
mr. sc. Ticijana Ban, asistent, znanstveni novak  
mr. sc. Irena Labazan, asistent, znanstveni novak  
prof.dr.sc. Damir Veža, vanjski suradnik

### Opis istraživanja

U skladu sa suradnjom s inozemnim grupama mi smo intenzivirali naš eksperimentalni rad u nekoliko pravaca. Pored laserske spektroskopije visoke moći razlučivanja na alkalijskim parama, ostvaren je napredak u metodi laserske apsorpcije unutar rezonatora, gdje se mjeri efektivno vrijeme života fotona, promjenjive valne dužine. Novi razvoj digitalne holografije i holografske interferometrije omogućio je primjenu u nekoliko područja izvan fizike, i definitivno ukazuje na nove mogućnosti primjene u stomatologiji i prepoznavanju slova. Sva tri nastojanja u četiri eksperimentalna laboratorija omogućuju i prijedloge za nekoliko razvojnih projekata.

Objavljeni radovi iz područja alkalijskih para rječito govore o dobrom razumijevanju sudarnih procesa koji vode prema širenju spektralnih linija i pojavi satelitskih vrpca ionsko-kovalentnog tipa. Ovi radovi također omogućuju dublji uvid u prirodu novih izvora svjetlosti na bazi teških alkalija, gdje očekujemo da će naša razvojna istraživanja pokazati njihovu prednost i omogućiti proizvodnju efikasnih izvora svjetlosti.

Postoje zanimljive molekule i nanočestice koje sadrže alkalijske (litijeve) atome a važne su za astrofiziku ili predstavljaju osnovu za nove materijale. Mnoge od njih poznate su kroz ab-initio račune, kao stabilne u osnovnom stanju, no dosad nisu eksperimentalno opažene. Jedan od ciljeva naših istraživanja je odrediti i optimalizirati eksperimentalne uvjete za formiranje takvih molekula. Trenutno kao osnovnu metodu pripreme koristimo lasersku ablaciju. Analizu laserski stvorenog oblaka pare i detekciju molekula provodimo pomoću masene spektrometrije vremenom proleta (TOFMS), vremenski razlučivom emisijskom spektroskopijom i laserskom apsorpcijom pomoću optičkog rezonatora (CRDS). Najveće postignuće u 2001. godini je primjena CRDS metode na detekciju neutralnih atoma i molekula u oblaku pare stvorenog laserskom ablacijom.

Primjenom optičkih i numeričkih metoda računanja analizirana je sličnost slova najstarijeg hrvatskog tipa glagoljskog pisma s idealiziranim modelima trokutastog i okruglog tipa glagoljskog pisma. Za eksperimentalna mjerenja postavljen je hibridni optoelektronički korelator s preklopljenim Fourierovim transformatima (joint transform correlator), a analizirani su spomenici Krčki natpis i Valunska ploča.

Metodom digitalne laserske interferometrije nastavljeno je mjerenje fotopolimerizacijske kontrakcije kompozitnih smola koje se koriste u stomatologiji. Za stvrđnjavanje kompozita korišten je, pored standardnih izvora, pulsni laser na 468 nm. Rezultati su u fazi pripreme za tisak. Također je nastavljeno s interferometrijskim mjerenjima pomaka plohe nestehiometrijskog monokristala bakar selenida na temperaturi od oko 800 K.

Opažen je modulirani način rasta plohe, a dobiveni rezultati se obrađuju primjenom metode Fourierove transformacije.

Započet je rad na optimiziranju uvjeta za digitalno bilježenje holograma korištenjem CCD kamere. Dobiveni rezultati omogućuju uspješno rekonstruiranje zabilježenih holograma pomoću LCD zaslona.

U okviru bilateralne suradnje sa SR Njemačkom nastavljen je rad na karakteriziranju klinastog pisma primjenom numeričkih metoda i metoda optičkog koreliranja. Analizirana je originalna pločica 'VAT 12890' s velikim brojem znakova klinastog pisma (više od 400). Temelj analize predstavlja originalni algoritam za raspoznavanje znakova, prvo testiran numerički a zatim realiziran optički. Eksperimentalni rezultati dobiveni su primjenom proširenog hibridnog korelatora koji koristi tri zaslona s tekućim kristalima (LCD zaslona) i tri svjetlosna detektora. LCD zaslone su upotrijebljeni za prikaz informacija ulazne i filtarskih ravnina, a detektori za prihvatanje ulazne informacije te za mjerenje dvaju parametara izlazne korelacijske ravnine. Jedna filtarska ravnina je korištena za analizu značajki ulaznih signala u Fourierovom prostoru primjenom 'wavelet' funkcija. Prošireni korelator je također upotrijebljen za analizu značajki i detekciju deformacija u interferometrijskim uzorcima. Suradnja još uključuje primjenu LCD zaslona na problem rekonstrukcije difraktivnih elemenata. Podešeni na linearizirani fazni mod rada, LCD zaslone postaju efikasni elementi za dijeljenje i oblikovanje laserskog snopa.

## POPIS RADOVA:

### Redovni radovi u časopisima

1. T. Ban, H. Skenderović, S. Ter-Avetisyan and G. Pichler, *Absorption measurements in dense cesium vapor using UV-violet light emitting diode*, Applied Physics B, **72** (2001) 337.
2. D. Azinović, S. Milošević and G. Pichler, *Resonance 2s-2p excitation of lithium in the Li-Cd system*, Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, **34** (2001) 2715.
3. A. Knežević, Z. Tarle, A. Meniga, J. Šutalo, G. Pichler, M. Ristic, *Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes*, Journal of Oral Rehabilitation, **28** (2001) 586.
4. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, D. Veža and G. Pichler, *Cesium satellite band at 875.2 nm from the  $Cs_2 0_g^+(6p^2P_{1/2}+6s^2S_{1/2})$  state*, European Physical Journal D, **25** (2001) 209.
5. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, I. Krajcar Bronić, S. Rousseau, A.R. Allouche, M. Aubert-Frécon and G. Pichler, *Pure long-range ion-pair Cs<sub>2</sub> molecules*, Chemical Physics Letters, **345** (2001) 423.
6. M.-L. Almazor, F. Masnou-Seeuws, O. Dulieu, R. Beuc and G. Pichler, *Ultracold molecules formation via intermediate long-range molecules*, European Physical Journal D, **15** (2001) 355.
7. S. Krüger, G. Wernicke, W. Osten, D. Kayser, N. Demoli, H. Gruber, *Fault detection and feature analysis in interferometric fringe patterns by the application of wavelet filters in convolution processors*, Journal of Electronic Imaging **10** (1), (2001) 228.

## Konferencijski radovi u časopisima

8. M. C. Castex, C. Olivero, G. Pichler, D. Adès, E. Cloutet, A. Siove, *Photoluminescence of donor-acceptor carbazole chromophores*, *Synthetic Metals*, **122** (2001) 59-61.
9. C. Olivero, M. C. Castex, G. Pichler, D. Ades, E. Cloutet, A. Siove, *Microcavities with carbazole polymers: Development of blue plastic lasers*, *Journal de Physique IV. (PR7)*., (2001) 61.
10. G. Wernicke, L. Bouamama, O. Kruschke, N. Demoli, H. Gruber, S. Krüger, *Some investigations in holographic microscopic interferometry with respect to the estimation of stress and strain in micro-opto-electro-mechanical systems (MOEMS)*, *Optics and Lasers in Engineering (5 Special Issue SI)* **36** (2001) 475-485

## Radovi objavljeni u zbornicima

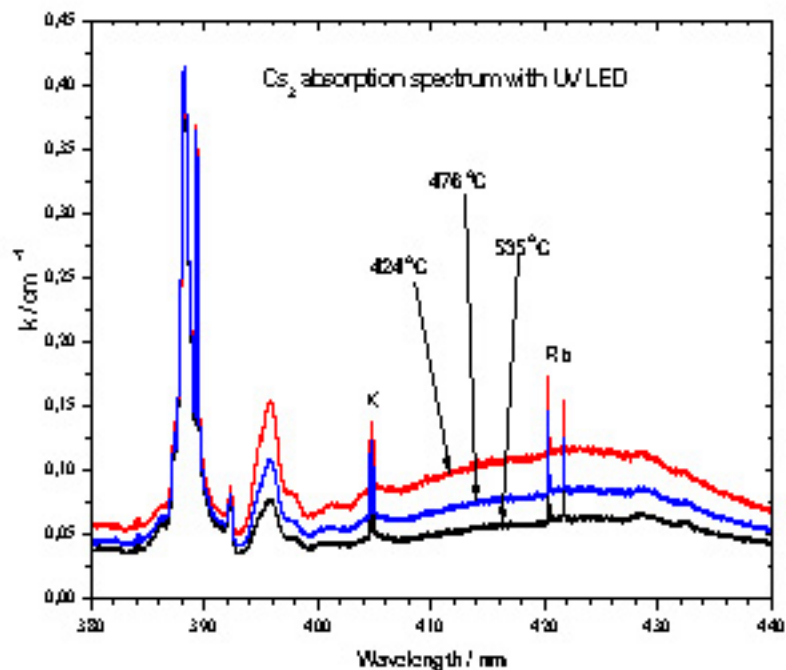
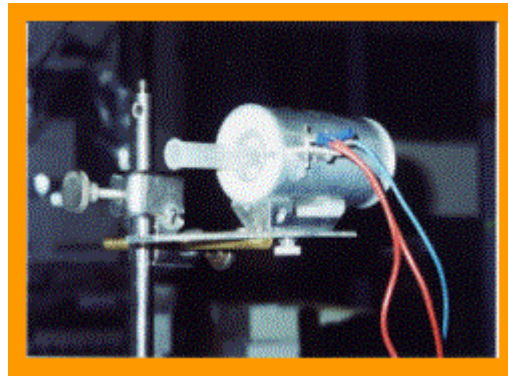
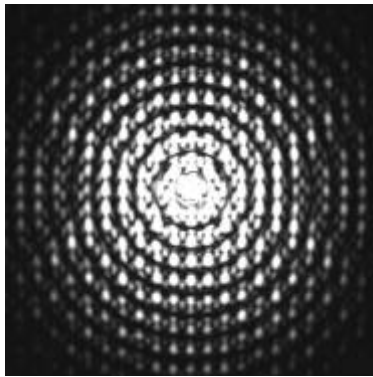
11. I. Labazan and S. Milošević, *Absorption spectra of lithium dimer in the region of X-B band by Cavity Ringdown Spectroscopy* Eds. (AIP Conf. Proc. 559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 307-309.
12. D. Azinovic, S. Milosevic and G. Pichler, *Resonance excitation of Lithium and Radiative Collision in Li+Cd system* Eds. (AIP Conf. Proc. 559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 428-430.
13. S. Milosevic, D. Azinovic, I. Labazan and G. Pichler, *Quasiresonant excitation of lithium vapor* Eds. (AIP Conf. Proc. 559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 431-432.
14. N. Demoli, G. Wernicke, S. Krüger, H. Gruber, *Holographic approach to conserving and analysing the cuneiform inscription, in Laser Techniques and Systems in Art Conservation*, R. Salimbeni, Ed., Proc. SPIE Vol. 4402, (2001) 153-161.
15. S. Krüger, G. Wernicke, W. Osten, D. Kayser, N. Demoli, H. Gruber, *The application of wavelet filters for the automatic detection of faults in fringe pattern systems*, in *Fringe 2001*, 4th International Workshop on Automatical Processing of Fringe Patterns, Bremen 2001, W. Osten, W. Jüptner, Eds., Elsevier, (2001) 193-198.
16. D. Lovrić, Z. Vučić, J. Gladić, S. Mitrović, M. Milas, N. Demoli, *Nanometre resolution investigations of facet displacement during the single crystal growth using the real/time analysis of full twodimensional digitised interferograms* in *Fringe 2001*, 4th International Workshop on Automatical Processing of Fringe Patterns, Bremen 2001, W. Osten, W. Jüptner, Eds., Elsevier, (2001) 259-264.
17. S. Krüger, G. Wernicke, H. Gruber, N. Demoli, M. Dürr, S. Teiwes, *New challenges for spatial light modulators: laser beam splitting and beam shaping, reconstruction of digital holograms* in *Diffraction and Holographic Technologies for Integrated Photonic Systems*, R. L. Sutherland, D. W. Prather, I. Cindrich, Eds., Proc. SPIE Vol. 4291, (2001) 132-140.
18. S. Krüger, G. Wernicke, H. Gruber, N. Demoli, M. Dürr, S. Teiwes, *Liquid crystal display as dynamical diffractive element*, In *Projection Displays VII*, Ming H. Wu, Ed., Proc. SPIE Vol. 4294, (2001) 84-91.

19. G. Wernicke, S. Krüger, H. Gruber, N. Demoli, M. Dürr, S. Teiwes, *Liquid crystal display as spatial light modulator for diffractive optical elements and the Reconstruction of digital holograms in Advanced Photonic Sensors and Applications II*, A. K. Asundi, W. Osten, V. K. Varadan, Eds., Proc. SPIE Vol. 4596, (2001) 182-190.

20. G. Pichler, T. Ban, H. Skenderović and R. Beuc, S. Rousseau, A. R. Allouche and M. Aubert-Frecon, *Diffuse bands of Rb<sub>2</sub> molecule: Detection of ultracold Rb<sub>2</sub>*, Eds. (AIP Conf. Proc.559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 290-292.

21. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, G. Pichler, I. Krajcar, S. Rousseau, A. R. Allouche and M. Aubert-Frecon, *Strange long-range satellite bands in the blue wing of Cs 455 nm line*, Eds. (AIP Conf. Proc.559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 325-327.

22. H. Skenderović, R. Beuc, T. Ban, G. Pichler, S. S. Ter-Avetisyan, S. Rousseau, A. R. Allouche and M. Aubert-Frecon, *Triplet satellite bands of KRb molecule in the far blue wings of K and Rb resonance lines*, Eds. (AIP Conf. Proc.559, Spectral Line Shapes Vol. 11 2001.) page 328-330.



## 2.3. NOVI MOLEKULARNI VODIČI

**Glavni istraživač:** dr.sc. Silvia Tomić, znanstveni savjetnik  
**Suradnici:** dr.sc. B.Hamzić, viši znanstveni suradnik  
mr.sc. M.Pinterić, znanstveni novak  
dipl.ing.T.Vuletić, znanstveni novak

### Opis istraživanja

Istraživanja dubine prodiranja u monokristalima dvodimenzionalnih organskih supravodiča su dala jake dokaze da se supravodljivost (SV) d tipa simetrije uspostavlja isključivo u osnovnom stanju sa zanemarivo malim rezidualnim neredom. Nered je koreliran sa brzinom hlađenja u području temperature faznog red-nered prijelaza (oko 80 K) te ima odlučujući utjecaj na veličinu i temperaturno ponašanje dubine prodiranja. Povećani nered vodi na povećanu vrijednost dubine prodiranja i njezino sporije mijenjaje sa temperaturom. Mjerenja se izvode u suradnji sa dr.sc.M.Presterom i dr.sc.Đ.Drobce, tema 00350104. Istraživanje prirode poluvodičkog stanja u monokristalima kompozitnog kvazi-jednodimenzionalnog materijala  $Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$  pokazala su postojanje temperaturno zavisne dielektrične relaksacije u kHz-MHz području ispod faznog prijelaza na 220 K u poluvodičko stanje. Ujedno, opažen je zanemarivo mali nelinearni doprinos istosmjernom električnom transportu koji se javlja već na vrlo malim poljima reda veličine 5 mV/cm. Rezultati ukazuju na postojanje nekonvencionalnog vala gustoće (VG) naboja. Istraživanja faznog dijagrama pod tlakom kvazi-jednodimenzionalnog materijala  $(TMTSF)_2PF_6$  pokazala su postojanje 0.8 kbar širokog područja koegzistencije VG spina i SV faze. Nehomogeni karakter te domene objašnjen je u jednostavnom teorijskom modelu koji pokazuje da je segregacija faza energetski povoljnija u odnosu na domenu homogenih faza. U cilju pokretanja istraživanja biomaterijala, započeti su radovi na adaptaciji uređaja za dielektričnu spektroskopiju za mjerenja uzoraka u tekućoj fazi te su rađena test mjerenja na organskim tekućinama različitih koncentracija.

Istraživanja galvanomagnetskih svojstava organskih vodiča obavljaju se u uskoj suradnji sa grupom prof.A.Hamzića (Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu). Vrlo detaljni nastavak istraživanja nelinearnosti u vodljivosti, te ovisnosti nelinearnosti u magnetskom polju, u spoju  $\alpha$ - $(BEDT-TTF)_2KHg(SCN)_4$ , nije dao pozitivne rezultate, vjerojatno uslijed nedovoljne čistoće dostupnih uzoraka. Istraživanja galvanomagnetskih svojstava organskih vodiča na visokim temperaturama su zbog malih signala vrlo zahtjevna te je bilo potrebno nadograditi postojeću tehniku dodatnim kapacitivnim termometrom. Rezultati mjerenja organskog vodiča  $(TMTSF)_2ReO_4$  na temperaturama do 300K pokazuju vrlo anizotropnu vodljivost (samo u smjeru najveće vodljivosti je ponašanje metalnog tipa), vrlo mali i pozitivni magnetootpor u posebno izabranoj geometriji te pozitivni Hall efekt koji ne pokazuje znatnu ovisnost o temperaturi. Analiza rezultata je u tijeku i očekujemo da će naši rezultati pridonjeti trenutačno vrlo aktuelnom pitanju o prirodi fizikalnih svojstava organskih vodiča na visokim temperaturama (teoretski radovi ukazuju na mogućnost prisustva "non-Fermi-liquid" stanja, odnosno "Luttinger-liquid" efekata). Naime, iako su organski vodiči niskodimenzionalni sistemi još uvijek je upitno u kojoj mjeri su međulančane korelacije odgovorne za fizikalna svojstva na visokim temperaturama.

### POPIS RADOVA:

#### Redovni radovi u časopisima

1. T. Vuletić, C. Pasquier, P. Auban-Senzier, S. Tomić, D. Jérôme, K. Maki and K. Bechgaard, *Influence of quantum Hall effect on linear and nonlinear conductivity in*

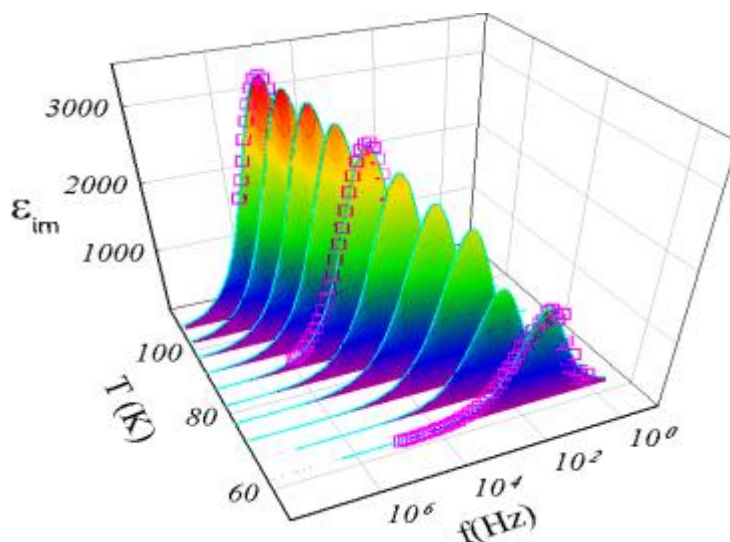
the FISDW states of the organic conductor  $(TMTSF)_2PF_6$ , [Eur. Phys. J. B](#) **21**, (2001) 53 – 60.

2. M. Pinterić, T. Vuletić, S. Tomić and J.U. von Schütz, *Complex low-frequency dielectric relaxation of the charge-density wave state in the  $(2,5(OCH_3)_2DCNQI)_2Li$* , [Eur. Phys. J. B](#) **22**, (2001) 335 – 341.

### Konferencijski radovi u časopisima

3. S. Tomić, M. Pinterić, T. Vuletić, J.U. von Schütz and D. Schweitzer, *Low-frequency dielectric spectroscopy of commensurate density waves*, [Synth. Metals](#) **120**, (2001) 695 – 698.
4. M. Basletić, B. Korin-Hamzić, M.V. Kartsovnik and H. Müller, *Nonlinear conductivity in the ground state of  $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ KHg(SCN) $_4$* , [Synth. Metals](#) **120**, (2001) 1021 – 1022.
5. B. Korin-Hamzić, M. Basletić, A. Hamzić, K. Bechgaard and M. Nagasawa, *Angular dependence of magnetoresistance of several Bechgaard salts*, [Synth. Metals](#) **120**, (2001) 833 – 834.
6. S. Tomić, M. Pinterić, M. Prester, D. Drobac and K. Maki, *Superconductivity and magnetism in organic layered superconductors*, to be published in [Physica C](#) **364-365**, (2001) 247 – 250.

T. Vuletić, M. Pinterić, M. Lončarić, S. Tomić and J.U. von Schütz, *Non-ohmic electrical transport in the Peierls-Mott state of deuterated copper-DCNQI systems*, [Synth. Metals](#) **120**, (2001) 1001 – 1002.





## 2.4. METALNA STAKLA I VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI

**Glavni istraživač:** dr. sc. Jagoda Lukatela, viši znanstveni suradnik  
**Suradnici:** dr. sc. Jovica Ivkov, viši znanstveni suradnik  
dr. sc. Mladen Prester, znanstveni suradnik  
dr. sc. Đuro Drobac, znanstveni suradnik  
dr. sc. Željko Marohnić, viši asistent  
dipl. inž. Ivica Živković, znanstveni novak

### Opis istraživanja

U prethodnom programskom razdoblju, naša istraživanja odnosila su se na proučavanje transportnih, supravodljivih, magnetskih i nanotopoloških svojstva amorfnih slitina 4d-3d (3d = Fe, Co, Ni) prijelaznih metala korištenjem vodika kao atomske probe. Objašnjeno je niz pojava vezanih uz supravodljivost i pojavu spinskih fluktuacija i magnetskih momenata u jako neuređenim sistemima. Vodikom kao dopantom uspješno smo mijenjali elektronska i nanotopološka svojstva i tako identificirali i kvantitativno mjerili doprinose pojedinih kvantnomehaničkih procesa u takovim neuređenim sistemima (kao što su incipijentna lokalizacija, Maki-Thompson i Aslamazov-Larkin i spin-orbitalna interakcija i sl.) i njihovu ovisnost o topologiji matrice.

Istraživanja na prijelazu iz feromagnetske u paramagnetsku fazu u razrijeđenim amorfnim feromagnetskim slitinama Fe-Ni-B-Si pokazala su da kompozicijska nehomogenost i strukturna neuređenost ne utječu na fazni prijelaz do velikog stupnja razrijeđenosti i/ili neuređenja, te da kvantitativni parametri prijelaza ostaju isti kao kod homogenih, kristalnih sustava.

Razvijena je tehnika mjerenja električne otpornosti do 1000 K koja je omogućila precizno mjerenje temperature kristalizacije amorfnih slitina (tanki filmovi AlW), određivanje pojava vezanih uz relaksaciju i stabilizaciju amorfne strukture na višim temperaturama te određivanje utjecaja slabe lokalizacije elektrona na otpornost stabiliziranih slitina sve do temperature kristalizacije.

Značajno je unaprijeđeno razumijevanje disipativnog i nedisipativnog transporta naboja u kemijski čistim, ali mikrostrukturno neuniformnim i neuređenim visokotemperaturnim supravodičima (VTS). Pokazano je da model heterogenog sistema najbolje opisuje nastanak i razvoj disipacije u ishodišno supravodljivim sinteriranim VTS uzorcima i da pri tome vrijede univerzalne zakonitosti karakteristične za heterogene sisteme. Razvijen je novi fenomenološki model za sparivanje nosilaca naboja u kupratnim supravodičima.

U 2001. godini nastavljena je suradnja s temom 00350103 i temom 00350105 mjerenjem AC susceptibilnosti organskih supravodiča (rad 6) i teških fermiona (radovi 2 i 3).

U suradnji s kolegama s PMF-a sudjelovali smo u realizaciji međunarodnog projekta *Metallic Glasses and High- $T_c$  Superconductors; Electronic Properties* (US-Croatian Joint Fund, JF 136, gl. istraživač prof. dr. B. Leontić, 1996.-1998.). U 2001. godini odobren je projekt *Studies of magnetic ordering and superconductivity in ruthenocuprates and other related oxides*, gl. istraživač dr. M. Prester, financiran od Swiss National Foundation u okviru programa SCOPES.

Od 1996. godine do konca 2001. godine objavili smo 53 znanstvena rada s međunarodnom recenzijom, od čega: 32 u časopisima s Current Contents popisa (23 redovna i 9 konferencijskih radova), jedan s SCI popisa, 9 u ostalim sekundarnim publikacijama, te 11 u

zbornicima međunarodnih skupova ( dva pozvana predavanja i dva cijela rada i sedam sažetaka). Sudjelovali smo u radu nekoliko domaćih skupova bilo s predavanjima ili posterima (jedanaest sažetaka). Đ. Drobac i Ž. Marohnić izradili su i obranili doktorske disertacije, iz teme projekta, na zagrebačkom Sveučilištu, a izrađen je i jedan diplomski rad.

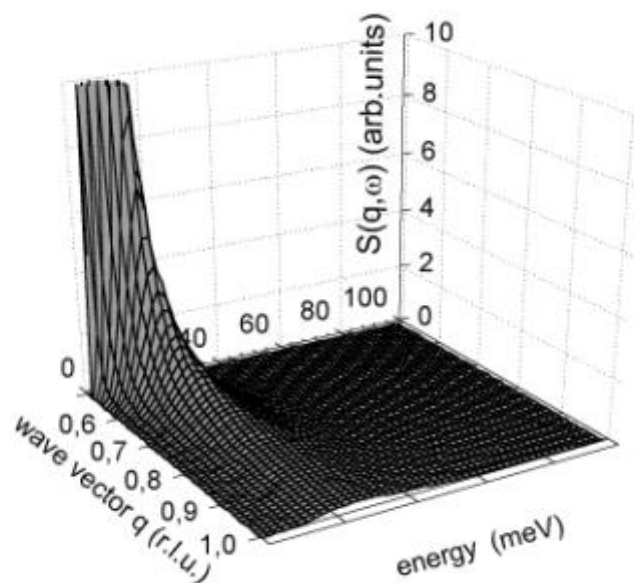
## POPIS RADOVA:

### Redovni radovi u časopisima

1. I. Kokanović, B. Leontić, J. Lukatela, *Magnetic susceptibility of  $(Zr_{80}Fe_{20})_{1-x}H_x$  metallic glasses*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials. **236** (2001) 42-48.
2. M. Očko, Đ. Drobac, B. Buschinger, C. Geibel, F. Steglich, *Transport properties of  $Ce_xLa_{1-x}Cu_{2.05}Si_2$  heavy fermion alloy system*, Physical Review B. **64** (2001) 195106.
3. M. Očko, Đ. Drobac, J.L. Sarrao, Z. Fisk, *Thermopower of the  $YbIn_{1-x}Ag_xCu_4$  alloys ( $x \leq 0.275$ )*, Physical Review B. **64** (2001) 085103.
4. I. Kokanović, B. Leontić, J. Lukatela, *Magnetic susceptibility of  $(Zr_{80}Co_{20})_{1-x}H_x$  metallic glasses*, Fizika A **10** (2001) 113-120.
5. E. Babić, Đ. Miljanić, K. Zadro, I. Kušević, Ž. Marohnić, Đ. Drobac, X.L. Wang, S.X. Dou, *Enhancement of flux pinning in neutron irradiated  $MgB_2$  superconductor*, Fizika A **10** (2001) 86-94.

### Konferencijski radovi u časopisima

6. S. Tomić, M. Pinterić, M. Prester, Đ. Drobac, K. Maki, *Superconductivity and magnetism in organic layered superconductors*, Physica C **364** (2001) 247-250.



## 2.5. ELEKTRONSKA SVOJSTVA LOKALNO KORELIRANIH SISTEMA

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

**Suradnici:** dr.sc. Ivica Aviani, viši asistent  
dr.sc. Berislav Horvatić, znanstveni suradnik  
dr.sc. Ognjen Milat, viši znanstveni suradnik  
dr.sc. Marko Miljak, znanstveni suradnik  
dr.sc. Miroslav Očko, znanstveni suradnik

### Opis istraživanja

Istraživanje jakih elektronskih korelacija u novim materijalima jedno je od najvažnijih i najizazovnijih područja moderne fizike kondenzirane materije. Jaka međudjelovanja dovode do odstupanja od 'Fermi liquid' ponašanja, magnetskih anomalija, prijelaza metal-izolator, povećanja mase teških fermiona, visokotemperaturne supervodljivosti, orbitalnog uređenja, Coulombske blokade, itd. Analizirali smo te učinke u teškim fermionima, sustavima s miješanom valencijom, kupratnim supervodičima, oksidima prijelaznih metala i Kondo sustavima. Pojave koje se opažaju u tim sustavima ne mogu se objasniti uobičajenim konceptima fizike kondenzirane materije i zato su predmet intenzivnih istraživanja ne samo na Institut za fiziku, nego širom svijeta. Ovdje ćemo ukratko opisati neka od područja na kojima smo radili prošle godine. Detalji naših rezultata opisani su u publikacijama koje navodimo na kraju ovog izvještaja.

Eksperimentalnim i teorijskim metodama istraživana su transportna i termodinamička svojstva teških fermiona. Eksperimentalni rezultati dobiveni na legurama  $Ce_xLa_{1-x}Cu_2Si_2$  analizirani su teorijom kristalnog polja i teorijom skaliranja Coqblin-Schriefferovog modela. Teorijski opis dobro se slaže s eksperimentalnim rezultatima. (Vidi rad 1.) Istim postupkom objasnili smo i temperaturno ponašanje termalne struje većine cerijevih i iterbijevih intermetalnih spojeva.

Fluktuacija valencije u sustavima tipa  $YbInCu_4$  analizirana je pomoću egzaktnog rješenja Falicov-Kimballovog modela na beskonačno dimenzionalnoj rešetci. Teorijskom analizom smo objasnili magnetske i električne anomalije u spojevima tipa  $YbInCu_4$ . Te anomalije prate valentni prijelaz Yb iona iz  $3+$  u  $2+$  stanje i pojavu prijelaza metal-izolator u vodljivoj vrpci. Naša teorija objašnjava ujedno i pojavu metamagnetizma u visokim poljima. Teorijskim rezultatima objasnili smo ponašanje niza  $Yb_xY_{1-x}InCu_4$  i  $YbIn_xAg_{1-x}Cu_4$  intermetalnih spojeva. (Vidi radove 2-4.)

Elektron-fonon međudjelovanja opisano Holsteinovim modelom analizirali smo računom smetnje za Greenove funkcije. Koristeći Holsteinov model u beskonačno dimenzija istražili smo utjecaj 'vršnih' popravki na temperaturu prijelaza u CDW stanje. Pokazali smo da zakon skaliranja vrijedi ne samo za harm0ničke nego i za anharmonične fonone. (Vidi rad 5.)

Spektralna svojstva metalnih kuprata analizirali smo pomoću 2-D Hubbardovog modela. Izračunali smo jednoelektronsku spektralnu funkciju koristeći račun smetnje, što nam je omogućilo da analiziramo ponašanje jednoelektronske disperzije, topologiju Fermijeve plohe i gustoću stanja u raznim točkama Brillouinove zone, kao funkciju koncentracije elektrona i temperature. Naši teorijski rezultati omogućili su interpretaciju eksperimentalnih spektara dobivenih fotoemisijom iz supervodljivih kuprata. (Vidi rad 6.)

Eksperimentalno smo istraživali transportna svojstva  $YbInCu_4$  jedinog do sada poznatog intermetalnog spoja kod kojeg dolazi do valentnog prijelaza pri ambijentnom tlaku na 42 K.

(Vidi rad 7). Izučavane su karakteristike visoko i niskotemperaturne faze u sistemu  $\text{YbIn}_{1-x}\text{Ag}_x\text{Cu}_4$  slitina. Zamjenom In sa Ag povisuje se temperatura valentnog prijelaza, pa smo mogli po prvi puta uočiti postojanje  $T^b$  člana u otporu. Termostruja, koja do sada nije mjerena, ukazuje na teško fermionski karakter niskotemperaturne faze. Interesantno je da nismo opazili Kondo značajke u visokotemperaturnoj fazi.

Mjerali smo transportna svojstva  $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Cu}_{2.05}\text{Si}_2$  sistema slitina, kako bismo razriješili pitanje, da li se Kondo temperatura mijenja s koncentracijom. (Vidi rad 8.) Taj sistem slitina već je istraživan, ali postojali su kontradiktorni odgovori na to fundamentalno pitanje. Pokazali smo da se Kondo temperatura mijenja i da je promjena povezana s promjenom parametra rešetke, te da je u skladu s Andersonovim modelom. No promjena je relativno mala, tako da smo izvršili mjerenja na sistemu  $\text{Ce}_x\text{Y}_{1-x}\text{Cu}_{2.05}\text{Si}_2$ , gdje dolazi do još većeg smanjenja parametra rešetke, pa je promjena Kondo temperature uočljivija. (Vidi rad 9.)

Primjenom magnetskog polja u smjerovima visoke simetrije kristala uspješno su selektirane željene domene antiferomagnetski uređenog NdMg, čime je omogućeno dilatometrijsko mjerenje njegove spontane magnetostrikcije. (Vidi rad 10.)

Tekstura nanosa polikristalnog na monokristalni silicij istraživana je u ovisnosti o temperaturi nanošenja. Nađeno je da se, uz prevladavajuću  $\langle 110 \rangle$  orijentaciju kristalita do  $960^\circ\text{C}$ , pojavljuju i orijentacije  $\langle 111 \rangle$  i  $\langle 311 \rangle$  kod  $1100^\circ\text{C}$ ; iznad  $1240^\circ\text{C}$  prevladava izotropna orijentacija u kolunarnim kristalitima nanešenog poli-Si filma. (Vidi rad 11.)

## POPIS RADOVA:

### Redovni radovi u časopisima

1. I. Aviani, M. Miljak, V. Zlatic, K.D. Schotte, C. Geibel and F. Steglich, *Kondo effect in  $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Cu}_2\text{Si}_2$  intermetallics*, Phys. Rev. B **64** (2001) 184438
2. J. K. Freericks and V. Zlatić, *Thermal transport in the Falicov-Kimball model* Phys. Rev. B **64** (2001) 245118.
3. V. Zlatić, J. K. Freericks, R. Lemanski, and G. Czycholl, *Exact solution of the multi-component Falicov-Kimball model in infinite dimensions*, Phil. Mag. B **81** (2001) 1443.
4. V. Zlatić and J. K. Freericks, *Theory of valence transition in Ytterbium and Europium intermetallics*, Acta Phys. Pol. **32** (2001) 647.
5. J. K. Freericks and V. Zlatić, *Gap ratio in anharmonic charge-density-wave systems*, Phys. Rev. **64** (2001) 073109.
6. V. Zlatić, B. Horvatić, B. Dolički, S. Grabowski, P. Entel and K. D. Schotte, *Perturbation expansion for the two-dimensional Hubbard model*, Phys. Rev. B **63** (2001) 035104.
7. M. Očko, Đ. Drobac, J.L. Sarrao, Z. Fisk, *Thermopower of the  $\text{YbIn}_{1-x}\text{Ag}_x\text{Cu}_4$  alloy system ( $x \leq 0.25$ )*, Phys.Rev.B **64** (2001) 085103-1-5.
8. M. Očko, Đ. Drobac, C. Geibel, F. Steglich, *Transport properties of the  $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Cu}_{2.05}\text{Si}_2$  heavy fermion alloy system*, Phys.Rev.B **64** (2001) 195106-1-10.

9. M. Očko, C. Geibel, F. Steglich, *Transport properties of the  $Ce_xY_xCu_{2.05}Si_2$  heavy fermion alloy system*, Phys.Rev.B **64** (2001) 195107-1-7.

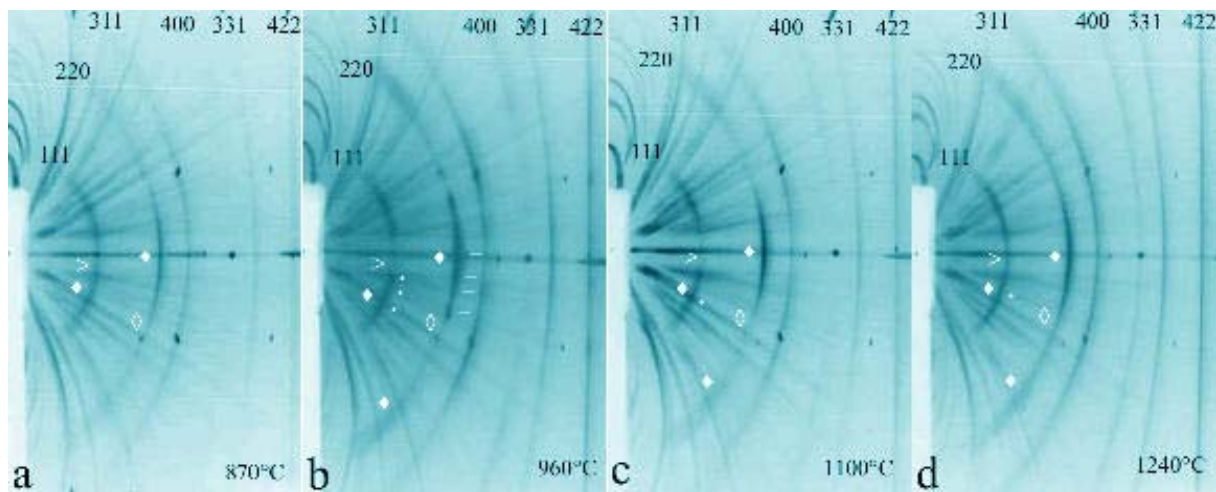
10. M. Amara, I. Aviani, S. E. Luca, D. Dufeu, P. Lethuillier, and R. M. Galera, *Dilatometric study of spontaneous magnetostriction in NdMg antiferromagnet* J. Magn. Magn. Mater **226** (2001) 1005.

### Konferencijski radova u časopisima

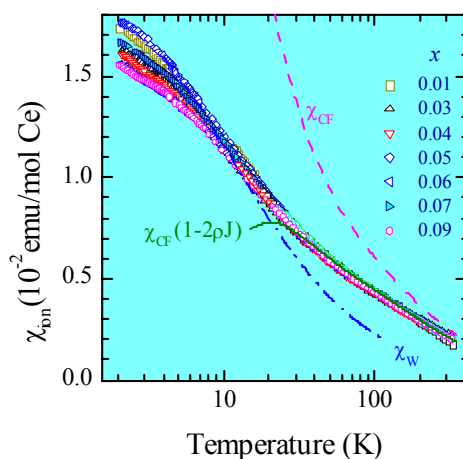
11. D. Grozdanić, O. Milat, B. Rakvin, B. Pivac, A. Slaoui, R. Monna, *Grain boundary defects in RTCVD polycrystalline silicon for solar cells*, Vacuum (2001) 257-262.

### Radovi u zbornicima

12. V. Zlatić and J. K. Freericks, *Theory of valence transitions in ytterbium-based compounds*, In NATO Science Series, in {Open Problems in Strongly Correlated Electron Systems, eds. J. Bonca, P. Prelovsek, A. Ramsak and S. Sarkar (Kluwer Academic Publishers, 2001), (2001) p. 371.



XRD patterns representing variation of texture of polycrystalline Silicon films deposited onto mono-Si substrate at various temperature. Full and empty diamonds indicate maxima and minima of Debye rings intensity that correspond to the dominant  $\langle 110 \rangle$  texture component.



The average single-ion susceptibility of  $Ce_xLa_{1-x}Cu_{2.05}Si_2$  plotted vs temperature for  $x \leq 0.09$  samples. The solid line shows the scaling result, the dashed line shows CF result, and the dashed-dotted line shows the exact solution for the spin-1/2 Kondo model.

## 2.6. STRUKTURNE MODULACIJE U NOVIM SINTETIČKIM MATERIJALIMA

**Glavni istraživač:** dr. sc. Zlatko Vučić, viši znanstveni suradnik

**Suradnici:** dr. sc. Davorin Lovrić, znanstveni suradnik  
mr. sc. Jadranko Gladić, stručni suradnik

### Opis istraživanja

Kristali ravnotežnog oblika površine (ECS) dragocjeni su izvor podataka o energijskim parametrima površine te o njihovoj ovisnosti o relativnoj orijentaciji u odnosu na glavne kristalografske osi. Teorijski modeli koji oblik ECS kristala opisuju u aproksimaciji srednjeg polja (Landau, Andreev), dobro opisuju zakrivljenost površine daleko od ruba plohe. Noviji modeli (Jayaprakash, Nozieres) uzimaju u obzir mikroskopske fluktuacije površine. Rezultat je univerzalni oblik površine blizu ruba plohe opisan kritičnim eksponentom  $3/2$  (Pokrovsky-Talapov klasa univerzalnosti). Zbog malog broja istraženih sustava ( $^4\text{He}$ , led, Pb, In, Si, Au) i ograničenog broja pouzdanih podataka, teorijski rezultati još uvijek nisu potvrđeni.

Rast ECS kristala u uvjetima stalne temperature i kontrole kemijskih potencijala ( $\mu$ ) kristalne faze i okolnog medija akutni je problem ovog područja fizike. Nedavno su (Ruutu et al) na ECS kristalima  $^4\text{He}$ , bez dislokacija, na temperaturama od 2mK do 250mK, nađeni novi modovi rasta atomski glatkih (0001) ploha. Za prosječne brzine rasta ispod 1nm/s nađeno je da je brzina rasta plohe linearna funkcija nametnutog tlaka. Pri prosječnim brzinama rasta iznad 1 nm/s (do 600 nm/s) nađen je tzv. eruptivni mod rasta. Glavna značajka je probojni tlak za rast plohe. U trenutku proboja ploha eruptivno naraste do 2000 atomskih slojeva, dok prije proboja raste brzinama manjim od 0.5 nm/s. Interpretacija prirode modova rasta ostaje otvorenom, a zbog specifične temperaturne ovisnosti, kvantna nukleacija je predložena kao temeljni proces eruptivnog rasta.

Uvođenje bakar i srebro selenida u istraživanje oblika i rasta ECS kristala pokazuje se ključnim za razumijevanje mehanizma rasta. Uz  $^4\text{He}$  to su jedini sustavi koji su, sa skoro *cm* dimenzijama, bliski termodinamičkoj granici (tj praktički  $\infty$  veličine). Ostali sustavi su mikronski. Za razliku od  $^4\text{He}$ , čije ECS područje pokriva temperaturni interval od 1mK do 1.23 K, ECS područje Cu i Ag halkogenida postoji na temperaturama od 350 K do 900 K. Iako je ECS klasičan termodinamički problem, a  $^4\text{He}$  najčešće istraživani sustav, učestali su pokušaji da se novoopažene pojave tumače kvantnim pojavama. Cu i Ag halkogenidi isključuju takvu interpretaciju, i stoga predstavljaju izvrstan fizikalni komplement ECS  $^4\text{He}$ .

Prošlih godina radili smo na razvoju metode za rast ECS kristala bakar selenida, testiranju ECS svojstava u ovisnosti o parametrima ( $T$ ,  $\mu$ , geometrija rasta), te mjerenju oblika tijekom rasta. Rezultati su objavljeni u člancima i konferencijskim priopćenjima. Pri testovima ovisnosti ECS-a o veličini kristala na temperaturama od oko 800 K opazili smo nove pojave gotovo identične onima opaženim u  $^4\text{He}$  na 2 mK. Konvencionalna optička razlučivost mjerenja oblika od 2  $\mu\text{m}$  pokazala se nedovoljnom za kvantificiranje mjerenih pojava pa smo se odlučili na primjenu i razvoj nove mjerne metode koja teorijski omogućava nanometarsku razlučivost.

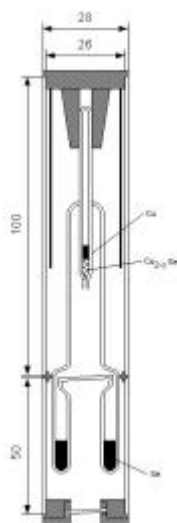
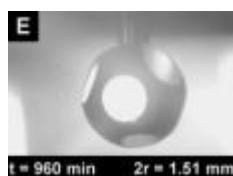
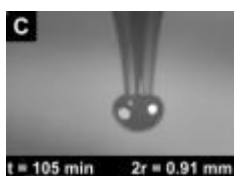
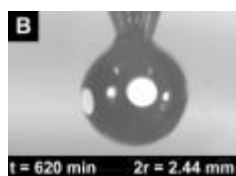
Proteklu smo godinu u suradnji s laboratorijem za koherentnu optiku (dr Demoli) uspješno primijenili i razvili metodu laserske interferometrije za mjerenje rasta ravnih ploha pri velikim prosječnim brzinama rasta (preko 100 nm/s) s razlučivosti pomaka od 1 - 10 nm. Preliminarno je istraživan ECS kristal  $\text{Cu}_{1.75}\text{Se}$ , na oko 800 K. Pokazano je da brzina rasta plohe, neovisno o volumnoj brzini rasta, oscilira tijekom rasta vrlo slično eruptivnom rastu u

$^4\text{He}$ . Drugim riječima, izmjenjuju se razdoblja bez rasta s razdobljima ubrzanog rasta. Usprkos mehaničkim vibracijama koje ograničavaju razlučivost mjerenja, naši nas rezultati upućuju na zaključak da je rast plohe ECS-a bez dislokacija moguće objasniti standardnom 2D homogenom nukleacijom, pri bilo kojoj volumnoj brzini rasta.

## POPIS RADOVA:

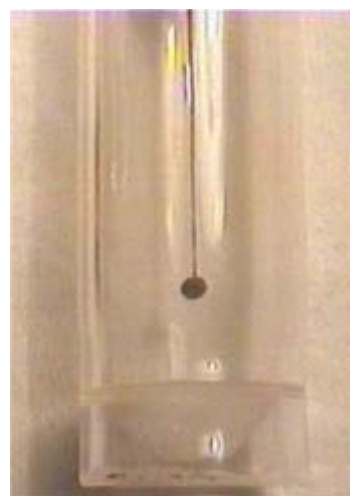
### Radovi u zbornicima

1. D.Lovrić, Z. Vučić, J. Gladić, S. Mitrović, M. Milas, N. Demoli, *Nanometre resolution investigations of facet displacement during the single crystal growth using real – time analysis of full two – dimensional digitised interferograms*, Bremen Germany, 17 –19 September 2001, Fringe 2001- Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Workshop on Automatic Processing of Fringe Patterns, Wolfgang Osten, Werner Jüptner eds., Elsevier, Paris (2001) 259 – 264.

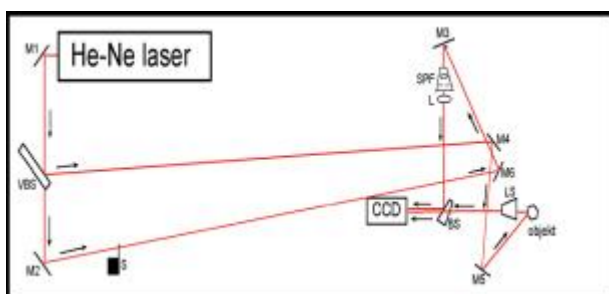


a) izrasli ECS kristali Cu-Se na vrhu kapilare na  $T \approx 770 - 800 \text{ K}$

b) shematski prikaz aparature za rast kristala i realna slika naraslog kristala na vrhu kapilare



c) shema postave za lasersku interferometriju



## 2.7. KOMPLEKSNI MODULIRANI SISTEMI: OSNOVNA STANJA I POBUĐENJA

**Glavni istraživač:** dr. sc. Katica Biljaković, viši znanstveni suradnik

**Suradnici:** dr. sc. Smontara Ana, znanstveni suradnik  
dr. sc. Starešinić Damir, znanstveni novak  
mr.sc. Bilušić Ante, znanstveni novak

### Opis istraživanja

Eksperimentalni rad (Biljaković i suradnici) odvijao se uglavnom u okvirima ispitivanja termodinamičkih svojstava sistema baziranih na ugljiku i to jedno-stjenčanih nanocjevčica i tvrdog ugljika (TU) na bazi  $C_{60}$  (suradnja 3.). Kompletirana su prethodna ispitivanja TU (Izvještaj za 2000, dva rada pripremljena za slanje) mjerenjem toplinskog kapaciteta od 2 do 300 K. Izgleda da je neobično veliki linearni doprinos toplinskom kapacitetu na  $T \ll$  zajedničko svojstvo sistema baziranih na ugljiku, jer smo ga ustanovili i u nanocjevčicama (rad 4 i 7.). Pretpostavljamo da je to specifično svojstvo uzrokovano poroznošću. Završeno je ispitivanje magnetske susceptibilnosti i njezine anizotropije na nekoliko sistema s valovima gustoće naboja ili spina (VGN/S) u suradnji s M. Miljakom. Indicirano je razdvajanje stupnjeva slobode naboja i spina te razlučeni njihovi doprinosi susceptibilnosti. Posebno interesantni rezultati su vezani uz nehomogenost samog VGS prijelaza u  $(TMTSF)_2PF_6$  te tipično ponašanje za tzv. Heisenbergov antiferomagnetski lanac s nasumičnom razmjenom u VGN sistemu o-TaS<sub>3</sub>, jedinom neorganskom lančastom sistemu koji pokazuje ta svojstva (dva rada u pripremi). U okviru međunarodne suradnje nastavili smo ispitivanje nisko-energetskih pobuđenja VG sistema, posebno utjecaja magnetskog polja (projekt 1, radovi 3. i 6.), kao i utjecaj otpinjanja VGN na elastična svojstva materijala (projekt 2, rad 2). Nastavljen je rad na teorijskim modelima, od kojih je najdalje došla primjena nasumično raspoređenih solitona za modeliranje kompleksne relaksacije energije na niskim temperaturama (rad 8.).

Istraživanja A. Bilušića i A. Smontara u 2001 bila su orijentirana na nastavak istraživanja toplinskih svojstava tvrdih ugljikovih faza na bazi molekule  $C_{60}$ , kvazikristala iz obitelji Al-Pd-Mn, VGN-vodiča  $(TaSe_4)_2I$  i novog sistema iz obitelji rutenokuprata  $RuSr_2GdCu_2O_8$ .

Opsežna istraživanja strukturnih, akustičkih i toplinskih svojstava tvrde ugljikove fazi na bazi molekula  $C_{60}$  pokazuju da se radi o novoj vrsti neuređenih sustava. Detaljna strukturna ispitivanja ukazuju na vrlo nehomogenu strukturu na različitim skalama, baziranu na amorfnim nakupinama fraktalnog oblika na  $\mu m$  do submilimetarske skale, koje se ponašaju kao jaki akustički raspršivači, i na vrlo malo mikrokristalita na  $nm$  skali. Ultrazvučna mjerenja pokazuju velik porast atenuacije s frekvencijom, što odgovara smanjenju duljine lokalizacije. Rezultati daju dokaz za prijelaz s dugovalnih fononskih pobuđenja na lokalizirana fraktonska pobuđenja. Linearna temperaturna ovisnost toplinske vodljivosti iznad 20 K povezano je s linernom temperaturnom ovisnosti brzine zvuka u istom temperaturnom području. Oba linearna ponašanja su karakteristična za neuređene ili općenito aperiodične strukture, i mogu se analizirati u okviru modela "fonon-frakton preskakanja" razvijenog za fraktalne i amorfne strukture.



Mjerenja termoelektričnog transporta na kvazikristalima iz obitelji Al-Pd-Mn, zajedno s mjerenjima magnetizacije i spektra NMR u sklopu hrvatsko slovenske suradnje, upućuju da je temperaturno ponašanje električne otpornosti, koje je prema kvazikristalima iz ostalih obitelji anomalno, posljedica raspršenja elektrona na magnetskim ionima Mn. Toplinska vodljivost na sobnoj temperaturi je reda veličine W/mK, i pokazuje plitak maksimum na oko 30 K. Njena temperaturna ovisnost može se objasniti Debyeovim modelom za temperature ispod 50 K, dok na osnovi modela preskakanja s promjenljivim dosegom iznad 120 K.

Ispitivanja električne vodljivosti i termostruje na istom uzorku uzduž i poprečno na smjer lanaca VGN-vodiča  $(\text{TaSe}_4)_2\text{I}$  pokazuju veliku anizotropiju u električnoj vodljivosti i termostruji, što je posljedica jake anizotropije u strukture vrpci, a različito temperaturno ponašanje anizotropija objašnjava se pojavom jakog fononskog povlačenja u tom sustavu.

Mjerenja toplinskih i termoelektričnih svojstava rutenokuprata  $\text{RuSr}_2\text{GdCu}_2\text{O}_8$ , kod kojeg je uočena koegzistencija supravodljivosti (ispod 30K) i feromagnetizma (magnetska uređenja oko 130 K) bez magnetskog polja ukazuju na ponašanje karakteristično za poddopirane supravodljive kuprate. U tijeku su istraživanja istih svojstava u magnetskom polju.

U metodološkom smislu dovršen je novi nosač za mjerenje toplinske vodljivosti, kojim se opseg mjerenja na temperaturnoj skali povećava za red veličine

## **POPIS RADOVA:**

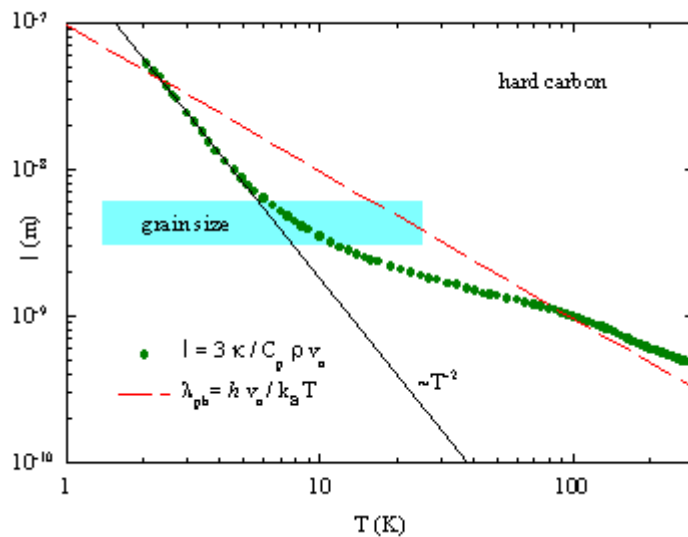
### **Redovni radovi u časopisima**

1. A. Zorko, D. Arčon, K. Biljaković, C. Carcel, J. M. Fabre, and J. Dolinšek, *Spin-Peierls fluctuations in  $(\text{TMTTF})_2\text{Br}$  studied by pulsed electron spin resonance spin-lattice relaxation*, Phys. Rev. B, 64, (2001) 172404.
2. D. Starešinić, A. Borovac, K. Biljaković, H. Berger, F. Levy and J.W. Brill *Effects of charge-density-wave depinning on the low frequency shear compliance of  $\text{NbSe}_3$*  Eur. Phys. J. B, 24, (2001) 425.
3. J.Odin, J.C. Lasjaunias, K. Biljaković, K. Hasselbach, P. Monceau. *Low temperature specific heat of blue bronze  $\text{K}_0.3\text{MoO}_3$*  Eur. Phys. J. B, 24, (2001) 315.
4. A. Bilušić, Ž. Budrović, A. Smontara, *Thermal conductivity of icosahedral  $\text{Al}_{72}\text{Pd}_{19.5}\text{Mn}_{8.5}$  quasicrystal*, Fizika A 10 (2001) 121-128.

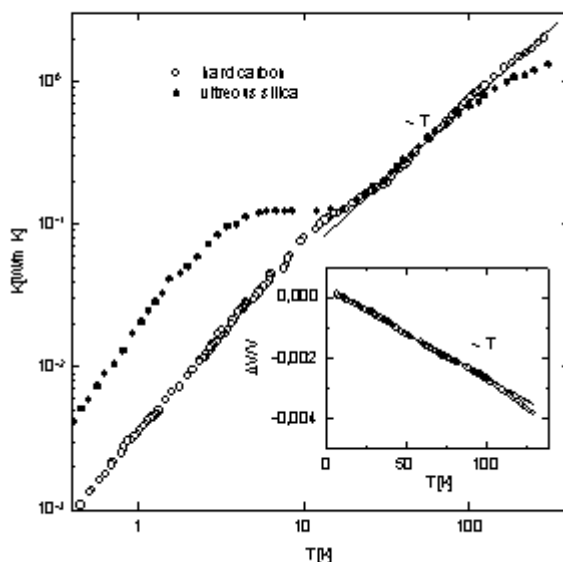
### **Konferencijski radovi u časopisima**

5. A. Bilušić, D. Pavuna, A. Smontara, *Figure of merit of quasicrystals: the case of  $\text{Al-Cu-Fe}$* , Vacuum 61 (2001) 345-348.

6. A. Bilušić, S. Gradečak, A. Tonejc, A. Tonejc, J.C. Lasajunias, A. Smontara, *Transport properties of fullerite samples*, Synthetic Metals 120 (2001) 1121-1122.
7. I. Tkalčec, A. Bilušić, H. Berger, L. Forró, A. Smontara, *Anisotropy of the transport properties of (TaSe4)2I*, Synthetic Metals 120 (2001) 883-884.
8. J. C. Lasjaunias, K. Biljaković, Z. Benes, J. E. Fischer, *Low temperature specific heat of single-wall carbon nanotubes*, Molecular Nanostructures (ed. H. Kuzmany, J. Fink, M. Mehring and S. Roth) AIP Conf. Proc. 591 (2001), p. 380.



The mean free path  $l$  calculated from the experimental data of  $C_p$  and  $\kappa$  of hard carbon in the Debye approximation (solid circles) is compared to the shortest wavelength of thermal phonons  $\lambda_{ph}$  (dashed line) and typical grain size.  $l < \lambda_{ph}$  indicates non-phononic origin of the thermal conductivity in this temperature region. A change of regime occurs when  $l$  increases above the grain size



## 2.8. FIZIKA POVRŠINA I ADSORBIRANIH SLOJEVA

**Glavni istraživač:** dr. sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik

**Suradnici:** dr.sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik  
dr.sc. Petar Pervan, viši znanstveni suradnik  
mr.sc. Antonio Šiber, znanstveni novak  
mr.inž. Marko Kralj, znanstveni novak

### Opis istraživanja

U teorijskom dijelu teme rad je bio koncentriran na tri pravca istraživanja opisanih u prijedlogu programa. Nastavljen je rad na teorijskoj interpretaciji spektara nisko-energetskih atoma raspršenih na dobro definiranim površinama kristala i adsorbiranih slojeva. Protumačeni su eksperimentalni spektri atoma helija (He) neelastično raspršenih na (111) površini van der Waalsovskog kristala izgrađenog neparavanjem atoma ksenona (Xe) na površini platine (u suradnji sa Max-Planck Institut für Strömungs forschung, Göttingen). Pri tome je posebna pažnja posvećena procesima u kojima atomi He bivaju neelastično raspršeni u tzv. dvofononskim procesima, odnosno procesima u kojima se izmjenjuju dva vibracijska kvanta sa vibrirajućom površinom kristala Xe (Surf. Sci., in press). Tokom prošle godine završen je rad na opsežnoj monografiji o neelastičnim raspršenjima niskoenergetskih (termalnih) atoma na vibracijama (fononima) kristalnih površina i adsorbiranih slojeva (Physics Reports 351(2001)1). Započet je rad na formulaciji opisa difraktivnih raspršenja atomskih snopova termalnih energija na periodičkim strukturama kristalnih površina i adsorbiranih slojeva. Cilj ovog istraživanja je proračun amplituda raspršenja koje se mogu direktno uspoređivati sa rezultatima eksperimentalnih istraživanja u kojima su mjerene kutne raspodjele intenziteta raspršenih snopova. Nastavljen je rad na teorijskoj formulaciji dekoherencije ("dephasing") parova elektron-šupljina koji se neadijabatski pobudjuju u površinskim stanjima i vrpčama ("image potential bands") pri eksperimentalnim istraživanjima elektronske strukture površina metodom dvo-fotonske fotoemisije. Proračunata su vremena života i neadijabatski efekti za parove pobudjene u površinskim vrpčama karakterističnim za (111) površinu bakra, i ustanovljeno je dobro slaganje sa dostupnim eksperimentalnim rezultatima.

U eksperimentalnim dijelu teme intenzivno se radilo na studiju stanja kvantnih jama i rezonancija u ultra-tankim slojevima srebra na V(100). Istraživanja su se odvijala u laboratoriju i VUV liniji sinhrotrona Elettra. Posebna pažnja posvećena je d- kvantnim stanjima.

Završen je i rad na revijalnom članku o kvantiziranim stanjima u ultra-tankim metalnim slojevima i rad je krajem godine bio u tisku u časopisu Reports on Progress in Physics.

U suradnji s grupom K. Wandelta, sveučilište u Bonnu, studirali smo efekte depozicije bakra i vanadija na ultratanki sloj alumine u svrhu dobivanja homogenih i uredjenih nanočestica. Početna istraživanja koncentrirana su na dobivanje strukturalnih karakteristika, uglavnom koristeći skenirajući tunelirajući mikroskop (STM).

Tu metodu smo koristili i u laboratoriju Instituta za fiziku za detaljni studij kisikom izazvane 5x1 rekonstrukcije V(100) površine. Dodatna LEED i UPS mjerenjima u Elettri omogućila su nam detaljniji uvid pitanja uloge kisika i ugljika u ovoj rekonstrukciji.

U suradnji s grupom u Ljubljani započet je rad na studiju ultratankih slojeva selena na (110) površinama željeza i vanadija koji se odvija u okviru bilateralnog hrvatsko-slovenskog projekta.

## POPIS RADOVA:

### Redovni radovi u časopisima

1. M. Kralj, A. Šiber, P. Pervan, M. Milun, T. Valla, P.D. Johnson and D.P. Woodruff, *Temperature dependence of photoemission from quantum-well states in Ag/V(100): moving surface-vacuum barrier effects*, Phys. Rev. B 64 (2001) 085411 (9).
2. B. Gumhalter, *Single and multiphonon atom-surface scattering in the quantum regime*, Physics Reports 351(2001)1-159.
3. A. Šiber, B. Gumhalter, A.P. Graham and J.P. Toennies, *A He atom scattering and theoretical study of the surface phonons of a simple benchmark system: Xe(111)*, Phys. Rev. B63 (2001) 115411(14).

### Konferencijski radovi u časopisima

4. A. Wiltner, A. Rosenhahn, J. Schneider, C. Becker, P. Pervan, M. Milun, M. Kralj and K. Wandelt, *Growth of copper and vanadium on a thin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-film on Ni<sub>3</sub>Al(111)*, Thin Solid Films 400 (2001) 71-75
5. M. Milun, *Electron in a box and ultrathin metallic films as probed by ARUPS*, Croat. Chem. Acta 74 (2001) 887- 902

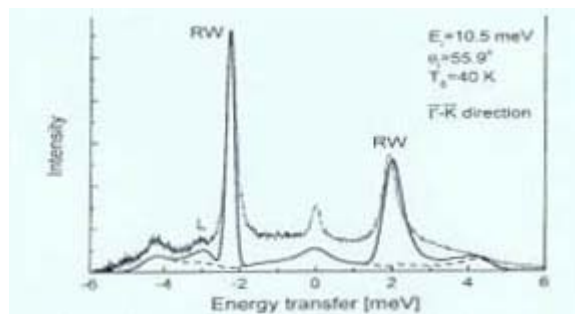
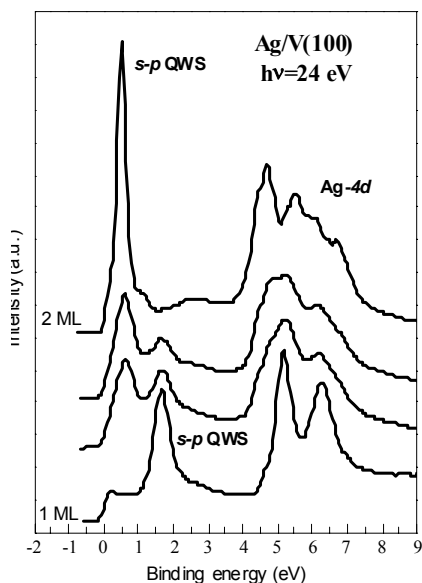


Fig. 1. Full noisy line: experimental time-of-flight spectrum for He atom scattering from Xe(111) surface along the  $\bar{\Gamma}$ K direction of the first SBZ for the scattering conditions given in the inset. Full thick line: theoretical total scattering spectrum calculated in the EBA formalism (see main text) for the same set of scattering parameters. Dashed line: theoretical many-phonon spectrum (total minus one-phonon component) which in the present scattering regime is dominated by the two-phonon contributions. The symbols RW and L denote the one-phonon peaks that originate from excitation and annihilation of the Rayleigh wave and longitudinal resonance modes. The no-loss or zero energy transfer line in the experimental spectrum bears additional weight due to elastic He atom scattering from surface defects.

## 2.9. TEORIJA KRITIČNIH POJAVA I NISKODIMENZIONALNIH SUSTAVA

**Glavni istraživač:** dr.sc. Katarina Uzelac, viši znanstveni suradnik

**Suradnici:** dr. Ivo Batistić, viši znanstveni suradnik  
dr. Eduard Tutiš, znanstveni suradnik  
dipl. ing. Krešimir Šaub, stručni suradnik  
mr.sc. Osor Slaven Barišić, znanstveni novak

### Opis istraživanja

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

Niz novih rezultata dobiven je za Pottsov model, koji ostaje paradigmatički model za proučavanje niza faznih prijelaza i u slučaju dugodosežnih interakcija, ovisno o broju stanja  $q$ , obuhvaća različite tipove prijelaza. Numeričke studije za dugodosežni slučaj su nastavljene proučavanjem statistike grozdova inače korištene u geometrijskim prijelazima poput perkolacije, a uz ranije razvijane posebno prilagođene numeričke algoritme. Uspjeli smo iz numeričkih simulacija odrediti eksponent bitnog singulariteta u slučajevima interakcije oblika  $1/r^2$  u 1D koji odgovaraju prijelazu tipa Kosterlitz-Thouless za proizvoljni  $q$ .

U slučaju modela u kojem su sve interakcije jednake i odgovara granici srednjeg polja, te je egzaktno rješiv, proveli smo detaljan analitički i numerički račun nula particijske funkcije za konačne sisteme vrlo velikih dimenzija. Pokazali smo da nule u ravnini kompleksnog  $q$  leže na konturama sličnim kružnici, te da je konvergencija najbliže nule k realnoj osi opisana kritičnim eksponentom korelacijske duljine  $\nu$ , slično kao što vrijedi za Fisherove nule (u ravnini kompleksne temperature). Provedeni su preliminarni računi za složeniji tip dugodosežnih interakcija, a detaljni računi su u tijeku.

Treća grupa problema vezanih uz fazne prijelaze obuhvaća proučavanje zamrznutog razrjeđenja motivirano pojavom novih faznih prijelaza unutar poroznih materijala. Na osnovu ranije dobivenih numeričkih rezultata da dovoljno jaki nered vodi do transformacije prijelaza prvog reda u novi prijelaz drugog reda, poduzeta su opsežnija istraživanja radi karakterizacije novog prijelaza.

Proučavano je osnovno i prvo pobuđeno stanje polarona u 1d Holsteinovom modelu. Primijenjene su različite variacione metode u računu za slučaj jakog i slabog vezanja te u prijelaznom režimu.

Nastavljen je razvoj modeliranja procesa transporta, injekcije i rekombinacije u organskim materijalima i uređajima.

Razvijan je novi 3D numerički model u kojem bi se mogao studirati utjecaj dopiranja na preskočni (engl. hopping) transport u unutrašnjosti organskog materijala te naročito u blizini granica dvaju organskih materijala. Razvoj i testiranje ovog opširnog modela još je u tijeku. Pojedine segmente modela i odgovarajućih simulacija uspoređujemo s 3D Monte Carlo simulacijama skačućeg transporta u neuređenom mediju.

Bolje razumijevanje utjecaja dopiranja i nereda na procese na granicama organskih slojeva (rekombinacija, injekcija) omogućilo bi da se neki fenomenološki opisi procesa u efektivnom 1D numeričkom modelu cijele višeslojne diode zamijene/opravdaju detaljnijim mikroskopskim opisima. Sam 1D model, objavljen početkom godine, primijenjen je u međuvremenu na studiju više konkretnih višeslojnih struktura koje su razvijene u suradnji s

laboratorijem na EPFL-u. Model je iskorišten i za objašnjavanje jakog utjecaja vrlo tankih slojeva LiF i CuPc na injekciju elektrona i šupljina s metalne elektrode u organski medij. Utjecaj termičkih fluktuacija dipolnog momenta organskih molekula na tuneliranje elektrona s elektrode u organski medij obrađeno je u diplomskom radu koji je vođen u okviru teme. Tom prilikom je pokazano da je uzimanje u obzir tih procesa nužno za razumijevanje temperaturne ovisnosti izmjerenih injekcijskih karakteristika.

## **POPIS RADOVA:**

### **Redovni radovi u časopisima**

1. K. Uzelac, Z. Glumac and A. Aničić, *Critical behaviour of the long-range Ising chain from largest-cluster probability distribution*, Phys. Rev. E **63** (2001) 037101
2. E. Tutiš, M. N. Bussac, B. Masenelli, M. Carrard, and L. Zuppiroli, *Numerical model for organic light-emitting diodes*, J. Appl. Phys. **89** (2001) 430-439

### **Konferencijski radovi u časopisima**

3. B. Masenelli, E. Tutiš, MN. Bussac, L. Zuppiroli, *Numerical model for simulation of transport and recombination in OLEDs*, Synth. Metals. 121 (2001) 1513-1514.
4. B. Masenelli, E. Tutiš, MN. Bussac, L. Zuppiroli, *Numerical model for injection and transport in multilayers OLEDs*, Synth. Metals. 122 (2001) 141-144.

## 2.10. MEĐUNARODNA ZNANSTVENA SURADNJA INSTITUTA

*Besetzungs- und Entvoelkerungsprozesse der metastabilen Zustaende des Bleis und anderer Schwermetalle in Niederdruckplasmen* (Procesi populacije i depopulacije metastabilnih stanja olova i drugih teških metala u niskotlačnim plazmama), DFG-KRO 113/00; Deutsche Forschungsgemeinschaft i Ministarstvo znanosti i tehnologije RH; Prof. Dr. Kay Niemax (Institut fuer Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie, Dortmund) i dr.sc. Čedomil Vadla (Intitut za fiziku, Zagreb)

Bilateralni projekt sa SR Njemačkom, "*Kohärent-optische Filter*" (KRO-003-98), Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF, BRD) i Ministarstvo znanosti i tehnologije RH (Insitut für Physik, Humboldt-Universität, Berlin i Institut za Fiziku, Zagreb); Dr. G. Wernicke i dr. N. Demoli.

Projekt u okviru bilateralne suradnje sa Njemačkom (do 1. studenog 2001.)

*The nature of the low temperature density wave, its pinning and the superconducting ground state in anisotropic radical ion salts;* S.Tomić (IFS) i D.Schweitzer i J.U.von Schütz (3.Physikalisches Institut, Universität Stuttgart)

DFG projekt 436 KRO 113/5/0-1 (od 1. listopada 2001.)

*Frequency-dependent conductivity of commensurate density waves in organic metals: a search for the pinned mode;* S.Tomić (IFS) i prof.M.Dressel (1.Physikalisches Institut, Universität Stuttgart)

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

Zajednička istraživanja sa grupom dr.sc.D.Jérôme, Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris Sud, Orsay, Francuska.

Zajednička istraživanja sa grupom dr.sc M.V.Kartsovnik, Garching, Njemačka.

*Studies of magnetic ordering and superconductivity in ruthenocuprates and other related oxides,* gl. istraživač dr. M. Prester, financiran od Swiss National Fundation u okviru programa SCOPES.

*Combining ab initio methods and many-body theory to describe the electron-phonon interaction in real materials.* Suradnja s Prof. J. Freericsom, Georgetown University, Washington, Projekt NSF (SAD) i MZT RH.

*Electron crystallography of locally correlated systems,* Suradnja s G. Calestani, Universita di Parma, I-43100 Parma, Italia, Projekt bilateralne suradnje s Italijom financira MZT. RH

*Thermodynamic and thermoelectric properties of heavy fermions,* Suradnja s Prof. R. Monier, ETH, Zurich, Švicarska. Projekt funancira Swiss National Science Foundation s 40.000 SFR

*Strongly correlated electron systems,* Suradnja s Prof. P. Prelovšekom, Univerza v

Ljubljani, Slovenija. Projekt bilateralne suradnje Slo-Cro.

Projekt bilateralne (CNRS) suradnje:

IF (dr. K. Biljaković) - CRTBT, CNRS, Grenoble (dr. P. Monceau)

*L'origin et la nature de la transition vitreus dans l'état de base des ondes de densite de charge ou de spin*

NSF projekt

IF- dr. Biljaković, University Kentucky-prof. Brill

*Experimental probes of density wave deformations*

Bilateralna suradnja sa Slovenijom:

IF (dr. K. Biljaković) – Institut “Jožef Stefan” (dr. D. Mihailović)

*Proizvodnja i ispitivanje novih sistema nanocjevčica*

Regionalni projekt Bavarska – R. Hrvatska

IF (dr. K. Biljaković) – Experimentalphysik, Universität Augsburg

(prof. P. Lunkenheimer)

*Microwave response of new materials with complex charge modulation*

Bilateralna suradnja sa Slovenijom:

*Fizikalna svojstva kvazikristala*; Janez Dolinšek, (“Jožef Stefan” Institute, Ljubljana) i Ana Smontara, (Institut za fiziku, Zagreb)

NSF projekt: Collaboration in basic science and engineering (Cobase) – 2000-2001

Cobase project development & initiation visits

*Understanding the role of phonons in novel electronic and magnetic material*; Janice Musfeld, (The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee), Ana Smontara, i Ante Bilušić, (Institut za fiziku, Zagreb)

Bilaterarni projekt Hrvatska-Slovenija (2001-2003)

*“Utjecaj segregata i adsorbata na strukturna i elektronska svojstva metalnih površina”*;

P.Pervan, Institut za fiziku, Đ. Mandrino, Institut za kovinske materijale in tehnologije"

Bilaterarni projekt Hrvatska-Velika Britanija ALIS (1999-2001)

*“Površinska stanja i stanja kvantnih jama te njihova uloga u nano-strukturama”*;

P.Pervan, Institut za fiziku, D.P.Woodruff, Physics Department, University of Warwick

Hrvatsko-Bavarska znanstvena suradnja između Instituta za fiziku u Zagrebu (dr B. Gumhalter), Instituta Rudjer Boskovic u Zagrebu (dr R. Brako) i Physik Department der TU Muenchen (Prof. W. Brenig) na projektu *“Interaction of Gases with Surfaces”*.

Znanstvena suradnja Instituta za fiziku u Zagrebu s Ruhr Universitaet Bochum (Prof. Ch. Woell) na projektu HRV 97/007:

*“Dynamik der Wechselwirkungen zwischen Molekuelen und Oberflaechen”*.

National Science Foundation Joint Fund Project JF 133 između Instituta za fiziku u Zagrebu (B. Gumhalter) i Rutgers University, New Jersey, USA (Prof. D.C. Langreth):*“Investigations of multiple excitation processes in dynamical interactions of atomic particles and radiation with solid surfaces”*



Institut fuer physikalische und theoretische Chemie, Uni Bonn, Prof. Klaus Wandelt

Brookhaven National Laboratory, Physics Dept., Dr.P.D. Johnson

*Charge transport in molecular materials*

(koord.: Zuppiroli (EPFL) - Tutiš (IFS))

SCOPEs, NSF, Švicarska

Nastavak suradnje: Institut für Physik, Humboldt-Universitaet zu Berlin, na programu "*Holographische und kohärent-optische Filterung von handschriftlich erstellten kulturhistorischen Quellen*", Dr. G. Wernicke, voditelj.

Neposredna suradnja između Max-Planck-Institute für Strömungsforschung (MPISF), Göttingen (Prof. Rudolf Dueren) and Institute of Physics (IP), Zagreb (S. Milošević) pod naslovom: *LASER SPECTROSCOPY OF MOLECULES AND SMALL PARTICLES PRODUCED IN BEAMS*.

Dr. Dolinšek, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Prof. J. E. Fischer, Department of MSE, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA10.

Dr.M. E. Kozlov, New Jersey Inst. of Technology/Honeywell Inc., Morristown, USA

dr. A. Hassaniien, dr. M. Tokumoto, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan

Prof. Saint-Paul, CRTBT-CNRS i Univerite "J. Fourier", Grenoble, Francuska

Zajednička istraživanja s J. C. Lasjaunias, CRTBT-CNRS, i prof. Saint-Paul, prof. R. Maynard, Univerite "Joseph Fourier", Grenoble, Francuska.

Zajednička istraživanja s H. Berger, dr. L. Forró, S. Gradečak, EPFL, Lausanne, Švicarska

Zajednička istraživanja s J.R. Fisher, P.C. Canfield, Ames Laboratory, Department of Physics and Astronomy, Ames, USA

*Kritične pojave i fazni prijelazi u kvantnim sistemima,*

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

nastavak ranije bilateralne suradnje s Francuskom