

**INSTITUT ZA FIZIKU  
ZAGREB**

**GODIŠNJI IZVJEŠTAJ  
ZA 2000. GODINU**

**BIJENIČKA C. 46, P.P. 304, 10000 ZAGREB - REPUBLIKA HRVATSKA  
TELEFON: (01)4680-211, TELEFAX:(01)4680-399, 4680-397  
<http://www.ifs.hr/>**

# Sadržaj

<b>1. STRUKTURA INSTITUTA .....</b>	<b>2</b>
1.1. ORGANI INSTITUTA .....	2
1.2. POPIS DJELATNIKA INSTITUTA.....	2
<b>2. IZVJEŠTAJI O RADU NA PROGRAMU TRAJNE ISTRAŽIVAČKE DJELATNOSTI .....</b>	<b>5</b>
2.1. ATOMSKI SUDARI NISKE ENERGIJE U PLINOVIMA I PLAZMI .....	6
2.2. LASERSKO VOĐENJE I DIJAGNOSTIKA PROCESA U PARAMA I PLAZMI .....	10
2.3. NOVI MOLEKULARNI VODIČI .....	20
2.4. METALNA STAKLA I VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI .....	25
2.5. ELEKTRONSKA SVOJSTVA LOKALNO KORELIRANIH SISTEMA.....	28
2.6. STRUKTURNE MODULACIJE U NOVIM SINTETIČKIM MATERIJALIMA.....	32
2.7. KOMPLEKSNI MODULIRANI SISTEMI: OSNOVNA STANJA I POBUĐENJA.....	36
2.8. FIZIKA POVRŠINA I ADSORBIRANIH SLOJEVA .....	44
2.9. TEORIJA KRITIČNIH POJAVA I NISKODIMENZIONALNIH SISTEMA .....	50
<b>3. OSTALE AKTIVNOSTI INSTITUTA.....</b>	<b>55</b>
3.1. SEMINARI.....	55
3.2. KNJIŽNICA.....	57
3.3. IZVJEŠTAJ O NAPREDOVANJU SURADNIKA.....	58
3.4. SUDJELOVANJE U DODIPLOMSKOJ I POSlijediplomskoj nastavi.....	59
3.5. KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI U 2000. ....	60
<b>4. PRILOG: NEKI OSNOVNI POKAZATELJI INSTITUTA ZA FIZIKU.....</b>	<b>i</b>

# **1. STRUKTURA INSTITUTA**

## **1.1. ORGANI INSTITUTA**

### **Upravno vijeće:**

Akademik Slaven Barišić, predsjednik do 04.04.2000.  
Dr.sc. Mladen Prester, znanstveni suradnik, član do 04.04.2000.  
Prof. dr.sc. Vjera Krstelj, član do 04.04.2000.

Dr.sc. Branko Gumhalter, znanstveni savjetnik, predsjednik od 12.07.2000.  
Prof. dr.sc. Aleksa Bjeliš, član od 12.07.2000.  
Dipl.inž. Darko Cvjetko, član od 12.07.2000.

### **Ravnatelj:**

Dr.sc. Čedomil Vadla, viši znanstveni suradnik

### **Pomoćnici ravnatelja:**

Dr. sc. Mladen Movre, znanstveni savjetnik  
Dr.sc. Zlatko Vučić, viši znanstveni suradnik

### **Predsjednik Znanstvenog vijeća:**

Dr.sc. Milorad Milun, znanstveni savjetnik

## **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
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 Ivković, 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
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
Damir Veža, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik (do 31.12.2000.)
Zlatko Vučić, dr.sc.	- viši znanstveni suradnik
Veljko Zlatić, dr.sc.	- znanstveni savjetnik

### **Znanstveni novaci:**

Ante Aničić, mr.sc.	- (do 31.01.2000.)
Ticijana Ban, mr.sc	
Osor Slaven Barišić, dipl.inž.	
Ante Bilušić, mr.sc.	
Marko Cvitaš, dipl.inž.	- (od 01.03.2000. do 01.11.2000.)
Marko Kralj, dipl. inž.	
Irena Labazan, mr.sc	
Hrvoje Skenderović, dr.sc.	
Damir Starešinić, dr.sc	
Antonio Šiber, mr.sc.	
Tomislav Vuletić, dipl.inž.	
Ivica Zerec, dipl.inž.	- (od 15.03.2000. do 04.04.2000.)
Ivica Živković, dipl.inž.	- (od 01.07.2000.)

### **Tehničari:**

Krešimir Drvodelić	- ostali poslovi II vrste
Branko Kiš	- viši tehničar II vrste
Marjan Marukić	- viši tehničar II vrste
Josip Pogačić	- viši tehničar II vrste
Milan Sertić	- tehničar III vrste
Alan Vojnović	- viši tehničar II vrste
Milan Vukelić	- tehničar III vrste

## **Opći i zajednički poslovi:**

Mladen Bakale	- voditelj III vrste
Ivanka Bakmaz	- namještenica III/4 vrste
Marija Baričević	- tajnički poslovi III vrste
Golubica Begić	- namještenica bez spreme
Marica Fučkar-Marasović, prof.	- bibl.spec.
Željko Kneklin, dipl.oec.	- šef računovodstva i nabave
Matilda Kolarić	- namještenica niže spreme
Nevenka Kralj	- namještenica III/4 vrste
Gordana Lončarević	- namještenica niže spreme
Vesna Lončarević	- namještenica niže spreme
Darko Oštarčević	- predradnik IV vrste zvanja
Nataša Pilko	- namještenica niže spreme
Jadranka Rajić, dipl. pravnik	- tajnica Instituta
Željko Rogin	- voditelj odsjeka III vrste
Draženka Zajec	- namještenica niže spreme

## **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 opisi istraživanja koja su objavljena u radovima [1], [2] i [3] izloženi su u godišnjim izvještajima za 1997., 1998., odnosno 1999. godinu.

U radu [4] objavljeni su rezultati potpunih *ab initio* računa provedenih za autoionizacijski proces u sudarnom kompleksu  $\text{He}^*(2s\ ^3S) + \text{Li}(2s\ ^2S)$ . Korištenjem Feshbachove projekcije temeljene na orbitalnoj popunjenošći i primijenjene u kodu multireferentnog konfiguracijskog međudjelovanja, definirano je rezonantno stanje i određene potencijalne krivulje ulaznog kanala te dobivene pridružene informacije o vezanju rezonantnog stanja i kontinuma. Projiciranjem kompaktne jednoelektronske funkcije (Penningova molekularna orbitala) na valnu funkciju izbačenog elektrona odgovarajuće energije dobiveni su l-ovisni elementi vezanja u lokalnoj aproksimaciji. Valna funkcija kontinuma određena je računom vezanih kanala u aproksimaciji statičkog međudjelovanja izmjene. Konvergentni skup od sedam kompleksnih matričnih elemenata, korišten u računima dinamike jezgre koji se temelje na kompleksnom Numerovom algoritmu, u potpunosti opisuje prijenos elektronskog angularnog momenta. Izračunati kutno ovisni spektri, kao i udarni presjeci za ionizaciju integrirani po energiji, dobro se slažu s dostupnim eksperimentalnim podacima.

Poluklasične metode računa spektara dvoatomskih molekula primijenjene su u izučavanju čitavog niza kontinuiranih pojava u spektrima alkalija. Analizirani su izrazito dalekodosežni sateliti u plavom krilu drugog rezonantnog dubleta kalija, rubidija i cezija [6, 10] koji nastaju kao posljedica izbjegnutog presijecanja potencijalnih krivulja kovalentnih stanja sa potencijalnom krivuljom najnižeg stanja ionskog para. U spektrima čistih para kalija i rubidija kao i u njihovo mješavini proučavani su sudašom inducirani dipolni spektri u okolini dipolno zabranjenih S-D prijelaza [7]. U mješavini kalija i rubidija analiziran je nastanak tripletnih satelita i difuznih vrpcu K-Rb heteronuklearne molekule [9, 11]. Prijelazi iz osnovnog tripletnog stanja u drugo pobuđeno stanje  ${}^3\Pi_g$  simetrije mogu poslužiti kao detektor ultra-hladnih tripletnih stanja što je diskutirano u radu [8].

U radu [11] izloženi su rezultati eksperimentalnog određivanja jakosti oscilatora za dipolno zabranjeni prijelaz  $6p^2\ {}^3P_0 \rightarrow 6p^2\ {}^3P_1 (\lambda = 1278.9 \text{ nm})$  u olovu. Olovne pare generirane su u toplovodnoj peći na temperaturi  $T = 1170 \text{ K}$  i koncentraciji olovnih atoma u osnovnom stanju od  $2.4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , a argon je korišten kao zaštitni plin. Jakost oscilatora zabranjene olovne linije na 1278.9 nm mjerena je metodom laserske apsorpcije. Zračenje odgovarajuće valne duljine dobiveno je pomoću jednomodne frekventno stabilizirane uskopojasne laserske diode (Laser Components; DFB dioda;

tip SPECDILAS D-Series). Jakost oscilatora može se odrediti iz mjerene vrijednosti ekvivalentne širine optički tanke apsorpcijske linije, temperature izračunate iz mjerene Dopplerove poluširine te koncentracije Pb atoma u osnovnom stanju određene pomoću krivulje tlaka para. Međutim, na taj način dobivene vrijednosti imaju preveliku eksperimentalnu grešku uzrokovanu nedovoljno točnim poznavanjem temperature, odnosno koncentracije. S ciljem poboljšanja točnosti napravljena su posebna, klasična apsorpcijska mjerena na rezonantnoj liniji olova ( $\lambda = 283.3$  nm) te su iz mjerene podataka za ekvivalentnu širinu rezonantne linije u ovisnosti o tlaku argona, primjenom metode krivulje rasta, dobiveni podaci o temperaturi i koncentraciji Pb atoma s poboljšanom odnosno zadovoljavajućom točnošću. Osim toga, jakost oscilatora moguće je u tom slučaju odrediti pomoću mjerene ekvivalentnih širina zabranjene i rezonantne linije te temperature, bez potrebe poznavanja koncentracije Pb atoma, što bitno smanjuje ukupnu eksperimentalnu grešku. Vrijednost jakosti oscilatora dobivena iz eksperimenta iznosi  $f_F = 4.5 \times 10^{-7}$ , a njoj odgovarajuća radijativna vjerojatnost prijelaza  $A_F = 6.1 \text{ s}^{-1}$ . Dobiveni rezultati u dobrom su slaganju s teorijskim vrijednostima koje su objavili različiti autori. Radijativna vjerojatnost zabranjenog  $6p^2 \ ^3P_0 \rightarrow 6p^2 \ ^3P_1$  prijelaza u olovu predmet je teorijskih računa već više od 35 godina (najnoviji računi objavljeni su 1999.), a našim mjerenjima ova veličina bila je po prvi puta eksperimentalno određena.

U okviru istraživanja metastabilnih stanja olova mjereni su širenje i pomak zabranjene 1278.9 nm linije uzrokovani sudarima s atomima argona i helija. Ova mjerena napravljena su, kao i u radu [5] metodom laserske apsorpcije. Laserski snop podijeljen je u dva dijela od kojih je svaki propušten kroz zasebnu toplovodnu peć. Jedna peć, napunjena plemenitim plinom pod malim tlakom, služila je kao referentna. Tlak plemenitog plina u drugoj peći mijenjan je u području 5 - 400 mbar. Valna duljina lasera kontinuirano je mijenjana preko prijelaza a apsorpcijski spektri bilježeni su istovremeno. U kombinaciji s našim prethodnim mjerenjima širenja i pomaka linija u prijelazima između osnovnog i prvih pobuđenih stanja olova, objavljenih u radu [2], moguće je dobiti osnovne informacije o oblicima relevantnih potencijala u kvazimolekularnim sustavima  $Pb^* + Ar$  i  $Pb^* + He$ . Obrada ovih podataka je u tijeku.

Teorijski su istraživana svojstva spektara difuznih vrpcu dvoatomskih molekula u vrućim parama natrija, kalija i cezija nastalih pri prijelazu između osnovnog elektronskog  $1^3\Sigma_u^+$  stanja i drugog pobuđenog  $2^3\Pi_g$  stanja. Zbog oblika potencijala osnovnog i pobuđenog stanja dominantan doprinos spektru difuznih vrpcu pripada klasi slobodno-vezanih kontinuiranih spektara pogodnih za primjenu poluklasične teorijske simulacije, u kojoj je gibanje atoma opisano klasičnim putanjama. Posebna pažnja je posvećena odabiru klasične putanje u slučaju interakcije molekule sa elektromagnetskim poljem. Rezultati teorijskih simulacija spektara difuznih vrpcu, dobivenih različitim teorijskim pristupima, uspoređeni su sa eksperimentom. Pokazano je da teorijska simulacija spektra zasnovana na Fourierovoj transformaciji, uz korištenje ab initio potencijalnih krivulja, mnogo bolje opisuje spektar od uobičajenih metoda zasnovanih na kvazistatičkoj i Airy aproksimaciji.

## **Redovni radovi u časopisima**

1. M. Movre, Č. Vadla and V. Horvatić, *Mixing and quenching of the Cs 5D<sub>J</sub> states induced by collisions with caesium ground-state atoms* J. Phys. B **33** (2000) 3001-3012
2. J. Franzke, H. D. Wizemann, K. Niemax and Č. Vadla, *Impact broadening and shift rates for the 6p<sup>2</sup> 3P<sub>J</sub> → 7s 3P<sub>J</sub><sup>0</sup> transitions of lead induced by collisions with argon and helium*, Eur. Phys. J. D **8** (2000) 23-28
3. Č. Vadla, M. Movre, R. Beuc, J. Franzke, H.-D. Wizemann and K. Niemax, *Optimization of Pb metastable production in a low pressure argon discharge* Spectrochimica Acta Part B **55** (2000) 1759-1769
4. M. Movre, L. Thiel and W. Meyer, *Theoretical investigation of the autoionization process in molecular collision complexes: He<sup>\*</sup>(2 3S) + Li(2 2S) → He + Li<sup>+</sup> + e<sup>-</sup>* J. Chem. Phys. **113** (2000) 1484-1491

## **Rad prihvaćen za tisk**

5. Č. Vadla, V. Horvatić and K. Niemax, *Oscillator strength of the strongly forbidden Pb 6p<sup>2</sup> 3P<sub>0</sub> → 6p<sup>2</sup> 3P<sub>1</sub> transition at 1278.9 nm*, The European physical Journal, 2001

## **Radovi u zbornicima skupova**

6. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, and G. Pichler, *Ion pair satellite bands in heavy alkali dimers*, The Brijuni Conference VII, Book of Abstracts, pp 10-10, ed. D. Bosanac and N. Došlić, Zagreb: Institut Ruđer Bošković, 2000.
7. R. Beuc, H. Skenderović, T. Ban, G. Pichler, *Collision-induced forbidden lines of alkali atoms*, The Brijuni Conference VII, Book of Abstracts, pp 12-12, ed. D. Bosanac and N. Došlić, Zagreb: Institut Ruđer Bošković, 2000.
8. G. Pichler, T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc, *Diffuse bands of alkali dimers: Detection of ultracold molecules*, The Brijuni Conference VII, Book of Abstracts, pp 37-37, ed. D. Bosanac and N. Došlić, Zagreb: Institut Ruđer Bošković, 2000
9. Skenderović H. , R. Beuc, T. Ban, G. Pichler, S. S. Ter-Avetisyan, S. Rousseau, A. R. Allouche, M. Aubert-Frecon, *Diffuse and triplet satellite bands of KRb molecule*, The Brijuni Conference VII, Book of Abstracts, pp 43-43, ed. D. Bosanac and N. Došlić, Zagreb: Institut Ruđer Bošković, 2000
10. Ban T., H. Skenderović, I. Krajcar, R. Beuc, G. Pichler, *Strange long-range satellite bands in the blue wing of Cs 455 nm line*, 15th International Conference on Spectral Line Shapes, Program and Abstracts, pp 77-77, ed. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin, 2000

11. H. Skenderović, R. Beuc, T. Ban, G. Pichler, *Triplet satellite bands of KRb molecule in the far blue wings of K and Rb resonance lines*, 15th International Conference on Spectral Line Shapes, Program and Abstracts, pp 78-78, ed. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin, 2000

### **Magistarski rad**

Damir Modrić, *Poluklasični račun spektara difuznih vrpcu alkalijskih molekula*, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb 2000.

Voditelj: Dr. sc. Robert Beuc  
Rad je obranjen 17. siječnja 2001.

### **Znanstvena suradnja**

Projekt:

1. *Besetzungs- und Entvoelkerungsprozesse der metastabilen Zustände 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

Potpore: Deutsche Forschungsgemeinschaft i Ministarstvo znanosti i tehnologije RH.

Voditelji: Prof. Dr. Kay Niemax (Institut fuer Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie, Dortmund) i dr.sc. Čedomil Vadla (Institut za fiziku, Zagreb)

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

**Glavni istraživač:**

dr. sc. Goran Pichler, znanstveni savjetnik

**Suradnici:**

dr. sc. Damir Veža, viši znanstveni suradnik

dr. sc. Nazif Demoli, znanstveni suradnik

dr. sc. Slobodan Milošević, znanstveni savjetnik

dr. sc. Davorka Azinović, znanstveni suradnik

dr. sc. Hrvoje Skenderović, znan.novak

mr. sc. Ticijana Ban, znanstveni novak

mr. sc. Irena Labazan, znanstveni novak

### **Opis istraživanja**

U prošloj godini nastavljeno je istraživanje u skladu s našim ciljevima iz Teme 2. sa značajnim iskorakom prema određenim primijenjenim istraživanjima različitog karaktera i namjene. Doseg naših novouvedenih eksperimentalnih metoda u znatnoj je mjeri unaprijedio kvalitetu znanstvenih rezultata kako u fundamentalnom tako i u primjenjenom aspektu. Program istraživanja ostvaren je unatoč nepovoljnoj finansijskoj situaciji. Brojni problemi su ipak riješeni unutarnjom posudbom, velikom pomoći iz raznih korisnih donacija od nekoliko Max-Planck Instituta i Alexander von Humboldt Fondacije u Njemačkoj, te vlastitom izradom uređaja i naklonošću organizatora nekoliko konferencija.

U prvom segmentu našeg prošlogodišnjeg istraživanja usredotočili smo se na potragu za novim vrstama molekula. Postoje, naime, brojne molekule koje sadrže alkalijske (litijeve) atome, a zanimljive su za astrofiziku ili predstavljaju osnovne elemente 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. Za tu svrhu, u laboratoriju za vremensku lasersku spektroskopiju, primjenjujemo laserski ablatiranu plazmu, koja je poznata kao dobra okolina za formiranje molekularnih iona. U protekloj godini upotrebljavali smo eksimerski XeCl laser na 308 nm za ablaciju čiste litijeve mete, litijevih slitina ili litijem prekrivenih površina aluminija, silicija, cinka, bez i uz dodavanje raznih plinova (vodik, dušik, helij, argon, ugljični dioksid, itd.). Plazmeni plamičak analiziran je pomoću linearног vremenskog masenog spektrometra vlastite izrade, mijenjajući položaj mete o odnosu na os spektrometra, gustoću laserske energije, te iznos i vrstu plina. U određenim područjima plamička opaženi su razni molekularni ioni kao npr.  $\text{LiN}^+$ ,  $\text{LiAr}^+$ ,  $\text{LiAl}^+$ , itd. Potvrdu opaženih čestica pružit će u emisiji vremenski razlučiva fluorescentna (VRAF) mjerena, i u apsorpciji laserska apsorpcijska spektroskopija pomoću optičkog rezonatora (LASPOR), metode koje su uspješno primjenjivane u toplovodnim pećima, u nekoliko paralelno izvođenih eksperimenta. U jednom, precizno su mjereni apsorpcijski spektri litijevih para u području dvoftonskih prijelaza, a u drugom opaženo je, i proučavano, crveno koherentno svjetlo pri

pumpaju litijevih para plavim pulsnim laserom oko kvazirezonantnog litijevog prijelaza ( $2p$ - $4d$ , 460 nm).

Objavili smo jedan rad o kvazirezonantnoj pobudi litijevih  $2p$ - $4d$  i  $2p$ - $4s$  prijelaza u Li-Cd mješavini. Proučavali smo sudarni i radiativni prijenos pobjuđenja s pobjuđenih litijevih atoma na pobjuđene atome kadmija. Rješavanjem sistema diferencijalnih jednadžbi za naseljenost u osnovnim i pobjuđenim nivoima litija i kadmija određeni su rate-koeficijenti za procese:  $Li(3d) + Cd \rightarrow Li(2s) + Cd(5^3P_J)$  i  $Li(2p) + Cd + h\nu_{670.8\text{ nm}} \rightarrow Li(2s) + Cd(5^3P_0)$ . U vezi s tim smo također objavili jedan rad, a jedan je poslan u tisk.

Za vrijeme studijskog boravka na Institut für Chemie anorganischen Materialien –Technische Universität München D. Azinović je proučavala spektralna svojstva silsesquioxana tipa  $R_8Si_8O_{12}$ . To su molekule sa  $O_h$  simetrijom, gdje su atomi silicija smješteni na vrhove kocke, atomi kisika na stranice i ligandi, koji mogu biti vodik ili alkilna skupina, su spojeni na atome silicija. Na deset silsesquioxana s istom Si-O jezgrom i različitim ligandima mjerila je ultraljubičastu apsorpciju, fotoluminescenciju i eksitacijske spekture. Spektri su mjereni u otopinama u spektrosil-kvarcnim posudicama, gdje su kao otapala korišteni pentan i n-hexan, u silsesquioxan gelu i u krutom stanju (tankom sloju na kvarcnoj površini). Primjećeno je općenito da intenziteti apsorpcije i emisije rastu s veličinom liganada. Jedan rad je pripomljen i poslan u tisk.

Dva smo rada, proizišla iz disertacije dr. Skenderovića, koji se bave električnim izbojem u litijevom hidridu i laserskim uključivanjem i vođenjem električnog izboja u mješavini litija i helija publicirali u vodećim časopisima iz fizike.

Pored spektroskopskih i laserskih istraživanja na litijevim parama usredotočili smo se i na mjerjenje apsorpcijskih i fluorescentnih spektara u gustim parama cezija, kalija, rubidija i mješavini kalija i rubidija. Sve navedene pare alkalija su sadržane u safirnim kivetama koje omogućavaju mjerjenja pri velikim koncentracijama alkalija i na visokim temperaturama (do  $800\text{ }^\circ\text{C}$ ). Uz korištenje najnovijih ab initio potencijalnih krivulja uspješno su objašnjene mnoge pojave u molekulskim spektrima alkalnih dimera. Pokazano je da mnoge pojave u spektrima gustih alkalijskih para mogu biti iskorištene u fizici ultrahladnih sudara. Rezultati dobiveni ovim mjerjenjima su publicirani na znanstvenim skupovima i u časopisima, a nekoliko radova je u rukopisu.

U suradnji s dva francuska Instituta (Paris-Nord i Paris Sud) rađeno je na nekoliko problema od zajedničkog interesa u području ultrahladnih sudarnih procesa, gdje je naglasak na stvaranju i detekciji ultrahladnih dimernih molekula rubidija i cezija. Pored toga su istraživane molekule karbazola i dikarbazola s raznim radikalima kao novi fotoluminiscentni materijali, koji vode ka novim organskim polimernim laserima.

Započeta je suradnja s Max-Planck Institutom za kvantnu optiku iz Garchinga na projektu femtosekundne laserske spektroskopije  $NaH_2$  sudarnog kompleksa. Dizajnirane su dvije modificirane toplovodne peći za visoke tlakove koje omogućavaju pregrijavanje natrijevih para i redukciju  $Na_2$  dimera. U okviru suradnje je dr. Skenderović održao pozvano predavanje na seminaru instituta u Garchingu i proveo preliminarna mjerjenja tijekom jednomjesečnog boravka u Njemačkoj.

T. Bizjak je završila diplomski rad "Visokotlačni izboj u mješavinama para  $Na-Hg$  i  $Na-Cd$ " u kojem smo istražili osobine visokotlačnih izboja u spomenutim mješavinama korištenjem vremenski razlučive spektroskopske metode. Dobiveni su podaci o vremenskoj ovisnosti elektronske temperature, elektronske gustoće, gustoće atoma natrija i žive (kadmija) tokom jednog perioda izmjeničnog pobudnog napona.

Rezultat: diplomski rad i napisan članak (prosinac 2000). Ž. Mioković (Mr. sc. Željka Mioković, Elektrotehnički fakultet, K. Trpimira 2B, 31000 Osijek) nastavila je rad na svom doktoratu "Istraživanje izboja u mješavinama para alkalija i rijetkih zemalja". Istraživanje smo trenutačno usmjerili na vremenski razlučeno mjerjenje širenja i pomaka atomskih linija natrija u visokotlačnoj plazmi NaHg, NaCd te DyHgNa mješavina, te na odgovarajuće prateće računanje i simulacije spektara korištenjem Bartelsove metode. Rezultat: napisan članak (prosinac 2000). U svibnju i lipnju 2000 na studijskom boravku u Atomic Physics Division, Physics Laboratory, NIST, Washington D.C. je D. Veža metodom Fourierove spektroskopije istraživao niskotlačni RF-pobuđeni izboj u mješavini izotopa žive  $^{198}$ Hg i argona. Izmjereni su pomaci i širenje 38 živih linija u vidljivom i UV dijelu spektra uzrokovani tlakom argona, te određeni odgovarajući parametri međuatomske interakcije. Za većinu živih linija koje su mjerene to su ujedno i prvi izmjereni podaci te vrste; a za ostale je točnost podataka poboljšana za red veličine. Podaci o širenju i pomaku atomskih linija  $^{198}$ Hg važni su, jer je  $^{198}$ Hg sekundarni standard valnih duljina u ICP spektroskopiji. Rezultat: članak u pripremi (prosinac 2000)

U okviru bilateralne suradnje sa SR Njemačkom (Nazif Demoli) nastavljen je rad na karakteriziranju klinastog pisma primjenom numeričkih metoda i metoda optičkog koreliranja. Temelj analize predstavlja algoritam za raspoznavanje znakova koji je prvo numerički testiran na originalnoj pločici 'VAT 12890'. Eksperimentalni rezultati dobiveni su primjenom hibridnog korelatora koji koristi dva panela s tekućim kristalima i dva izlazna detektora. Paneli su upotrijebљeni za prikaz informacija ulazne i filtarske ravnine, a detektori za mjerjenje dvaju parametara izlazne korelacijske ravnine. Mjereni izlazni parametri omogućuju dobivanje normirane mjere sličnosti ulaznog i referentnog signala, što predstavlja ključni element za realiziranje algoritma. Algoritam je testiran na velikom broju uzoraka. Razmatrana je mogućnost analiziranja značajki u Fourierovom prostoru primjenom 'wavelet' funkcija. Nastavljen je rad na optimizaciju implementiranja panela s tekućim kristalima u području difraktivne optike s naglaskom na dinamičke difraktivne elemente.

Metodom digitalne holografike interferometrije praćen je rast monokristala nestehiometrijskog bakar-selenida u smjeru okomitom na plohu (111). Mjerena su rađena u laboratoriju za koherentnu optiku, a u suradnji s Temom 6 (Strukturne modulacije u novim sintetičkim materijalima, voditelj: Dr. Z. Vučić). Osjetljivost metode je u potpunosti iskoristena upotreborom dvodimenzionalne Fourierove analize za obradu interferograma. Unatoč velikom šumu, do sada dobiveni rezultati nedvosmisleno dokazuju očekivanu periodičnost u rastu kristala.

Metoda digitalne holografike interferometrije korištena je također za dokazivanje polimerizacijske kontrakcije kompozitnih smola koje se koriste u stomatologiji za ispunu zuba. Načinjen je uređaj koji omogućuje praćenje polimerizacijskog skupljanja u realnom vremenu. Pri tome su korišteni pored standardnih i drugi izvori svjetlosti kao što je višestruka plava svjetleća dioda (blue LEDs), a planira se i korištenje pulsnog plavog lasera na oko 470 nm. Iz ove vrlo plodne suradnje s kolegama sa stomatološkog fakulteta u Zagrebu prihvaćeno je za tisak tri znanstvena rada.

Pored navedenih rezultata iz domene fundamentalnih istraživanja imali smo i mjerjenja raznih vrsta fotoosjetljivih stakala za firmu Marin Getaldić iz Zagreba. Pored toga smo razvili novu metodu za lasersko ispitivanje uređaja za kontrolu eksploziva u suradnji s Rudarskim fakultetom iz Zagreba.

## **Redovni rađovi u časopisima**

1. D. Azinović, I. Labazan, S. Milošević and G. Pichler, *Energy transfer in Li-Cd vapor mixture:  $Li(3d) + Cd \rightarrow Li(2s) + Cd(5^3P_J)$* , Optics Communications, **183** (2000) 425-435.
2. I. Labazan and S. Milošević, *Lithium vapour excitation at 2S to 3D two-photon resonance*, European physical journal D, **8** (2000), 1; 41-47.
3. I. Labazan, S. Rudić and S. Milošević, *Nonlinear effects in pulsed cavity ringdown spectroscopy of lithium vapour*, Chemical physics letters, **320** (2000) 613-622.
4. H. Skenderović, I. Labazan, S. Milošević, G. Pichler, *Laser-ignited glow discharge in lithium vapor*, Physical Review A, **62** (2000) 052707.
5. S. Milošević, D. Azinović, I. Labazan, G. Pichler, *Quasiresonant excitation of lithium 2p-4d and 2p-4s transitions in Li-Cd vapor mixture*, Physica scripta, **62** (2000.), 137-140.
6. D. Adès, V. Boucard, E. Cloutet, A. Siove, C. Olivero, M. C. Castex and G. Pichler, *Photoluminescence of donor-acceptor carbazole-based molecules in amorphous and powder forms*, Journal of Applied Physics, **87** (2000) 7290-7294.
7. H. Skenderovic, T. Ban and G. Pichler, LiH emission spectrum from the glow discharge in the heat-pipe oven, Journal of Physics D:Applied Physics, **33** (2000) 396-404.
8. D. Pavičić and D. Veža, *Optovoltaic spectroscopy of a miniature neon discharge*, FIZIKA A **8** (1999) 195-204.

## **Rađovi prihvaćeni za tisk**

9. T. Ban, H. Skenderović, S. Ter-Avetisyan and G. Pichler, *Absorption measurements in dense cesium vapor using UV-blue light emitting diode*, Applied Physics B, **72** (2001) 337 – 341
10. M. C. Castex, C. Olivero, G. Pichler, D. Adès, E. Cloutet, A. Siove, *Photoluminescence of donor-acceptor carbazole chromophores*, Synthetic Metals.
11. Z. Tarle, A. Meniga, A. Knežević, J. Šutalo, G. Pichler, M. Ristić, *Blue LED or plasma light as an alternative to conventional curing units*, Journal of Oral Rehabilitation.
12. A. Knežević, Z. Tarle, A. Meniga, J. Šutalo, G. Pichler, M. Ristić, *Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes*, Journal of Oral Rehabilitation.
13. Tarle, A. Meniga, A. Knežević, J. Šutalo, M. Ristić and G. Pichler, *Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc and an experimental blue LED curing unit*, Journal of Oral Rehabilitation.
14. 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.

## **Radovi poslani u tisk**

15. D. Azinović, S. Milošević and G. Pichler, *Resonance 2s-2p excitation of lithium in Li+Cd system*, Journal of Physics B:Atomic Molecular and Optical Physics.
16. D. Azinović, J. Cai, C. Eggs, H. König, C. Marsmann and S. Veprek, *Photoluminescence from silsesquioxanes R<sub>8</sub>(SiO<sub>1.5</sub>)<sub>8</sub>*, Journal of Photoluminescence.
17. T. Bizjak, Ž. Mioković and D. Veža, *A comparison of NaHg and NaCd high-pressure discharges*, Journal of Physics D:Applied Physics.
18. E. Dumanić, D. Pavičić and D. Veža, *Line broadening and anomalous discharge resistivity of a neon hollow cathode discharge*, Journal of Physics B:Atomic Molecular and Optical Physics.
19. N. Demoli, J. Kamps, S. Krüger, H. Gruber, G. Wernicke, *Characterization of cuneiform inscription by use of a recognition algorithm and a hybrid optoelectronic correlator device*, Applied Optics.

## **Radovi u zbornicima skupova**

20. N. Demoli, H. Gruber, S. Krüger, J. Kamps, G. Wernicke, *Use of a hybrid correlator device in analysing cuneiform inscription*, Proc. International Conference on Trends in Optical Nondestructive Testing, P. K. Rastogi, D. Inaudi, Eds., 599-607 (2000)
21. S. Krüger, J. Kamps, G. Wernicke, H. Gruber, N. Demoli, M. Dürr, S. Teiwes, *Spatial light modulator system for the application as a dynamic diffractive element and in optical image processing*, Diffractive/Holographic Technologies and Spatial Light Modulators VII, I. Cindrich, S. H. Lee, R. L. Sutherland, Eds., Proc. SPIE **3951**, 179-187 (2000)
22. 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*, Machine Vision Applications in Industrial Inspection VIII, K. W. Tobin Jr., N. S. Chang, Eds., Proc. SPIE **3966**, 145-153 (2000).

## **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. I. Labazan, S. Milošević, *Absorption spectra of the lithium dimer in the region of X ISigma g+ - B 1P<sub>1</sub> band by cavity ringdown spectroscopy*, Program and Abstracts, Seidel, Joachim (ur.). Berlin : Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2000. 112-112.
2. S. Milošević, D. Azinović, I. Labazan, G. Pichler, *Quasiresonant excitation of lithium vapor*, Program and Abstracts, Seidel, Joachim (ur.). Berlin : Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2000. 80-80.
3. D. Azinović, S. Milošević and G. Pichler, *Resonance excitation of lithium and radiative collisions in Li+Cd system*, Spectral Line Shapes XV, ed. Seidel J., Berlin, Njemačka, srpanj 2000, 79-79.
4. G. Pichler, T. Ban, H. Skenderović and R. Beuc, *Diffuse bands of Rb<sub>2</sub> molecules: Detection of ultracold Rb<sub>2</sub>*, Spectral Line Shapes XV, ed. Seidel J., Berlin, Njemačka, srpanj 2000, 70-70.

5. R. Beuc, H. Skenderović, T. Ban and G. Pichler, *Collision-induced forbidden lines of Cs*, Spectral Line Shapes XV, ed. Seidel J., Berlin, Njemačka, srpanj 2000, 125-125.
6. Skenderović H., Beuc R., Ban T., Pichler G., *Triplet Satellite Bands of KRb Molecule in the Far Blue Wings of K and Rb Resonance Lines*, Spectral Line Shapes XV, ed. Seidel J., Berlin, Njemačka, srpanj 2000, 78-.
7. T. Ban, H. Skenderović, I. Krajcar, R. Beuc and G. Pichler, *Strange long-range satellite bands in the blue wing of Cs 455 nm line*, Spectral Line Shapes XV, ed. Seidel J., Berlin, Njemačka, srpanj 2000, 77-77.
8. Skenderović H., Beuc R., Ban T., Pichler G., Ter-Avetisyan S., Rousseau S., Allouche, A. R. and Aubert-Frecon M, *Diffuse and triplet satellite bands of KRb molecule*, Important problems for the XXI century, Brijuni, kolovoz 2000, 43-43.
9. T. Ban, H. Skenderović, R. Beuc and G. Pichler, *Ion-pair satellite bands in heavy alkali dimers: ultracold ion-pair molecule*, Important problems for the XXI century, Brijuni, kolovoz 2000, 10-10.
10. R. Beuc, H. Skenderović, T. Ban and G. Pichler, *Collision-induced forbidden lines of alkali atoms*, Important problems for the XXI century, Brijuni, kolovoz 2000, 12-12.
11. I. Labazan, S. Milošević, *Non-linear effects in cavity ringdown spectroscopy of the lithium dimer*, Book of Abstracts, Bosanac, Slobodan D., Došlić, Nadja (ur.). Zagreb : Institut Rudjer Bošković, 2000. 25-25.
12. Goran Pichler, Robert Beuc, Hrvoje Skenderović, Ticijana Ban, Damir Veža, *Intermediate long-range cesium satellite band at 875.2 nm*, DAMOP 14-June 17, 2000, Storrs, CT, USA.
13. Hrvoje Skenderović, Irena Labazan, Slobodan Milošević, Goran Pichler, *Laser Ignited Glow Discharge in Lithium Vapour*, DAMOP 14-June 17, 2000, Storrs, CT, USA.

## Predavanja

1. G. Pichler (T. Ban, H. Skenderović and R. Beuc), *Diffuse bands of alkali dimers: Detection of ultracold molecules*, Important problems for the XXI century, Brijuni, kolovoz 2000, 37.
2. G. Pichler, *Photoassociation in dense and hot cesium vapor*, Topical lecture, 25-29.9.2000, Oesterreichische Physikalische Gesellschaft, 50 Jahrestagung, Graz, Austria.
3. G. Pichler, *Detection of ultracold heavy alkali molecules*, Workshop on Prospects of Cold Molecules II, 13-15.11.2000, Graz, Austria.
4. H. Skenderović, *Spectroscopy of interalkali molecules*, Mini-symposium on laser spectroscopy of alkali vapors, 17.11. 2000, Zagreb.
5. T. Ban, *Ion-pair satellite bands of heavy alkali dimers*, Mini-symposium on laser spectroscopy of alkali vapors, 17.11. 2000, Zagreb.
6. I. Labazan, *Cavity ringdown spectroscopy of lithium vapour*, Mini-symposium on laser spectroscopy of alkali vapors, 17.11.2000, Zagreb.
7. S. Milošević, *Study of new alkali containing molecules produced by laser ablation*, Mini-symposium on laser spectroscopy of alkali vapors, 17.11.2000, Zagreb.

8. D. Veža, *Cesium intermediate satellite bands*, Mini-symposium on laser spectroscopy of alkali vapors, 17.11.2000, Zagreb.
9. G. Pichler, *Diffuse bands of alkali molecules*, Mini-symposium on laser spectroscopy of alkali vapors, 17.11.2000, Zagreb.

### **Studijski boravci i seminari**

1. N. Demoli, 25.4. - 25.5.2000. studijski boravak na Institut für Physik, Humboldt-Universität zu Berlin, BRD u sklopu bilateralnog projekta KRO-003-98.
2. N. Demoli, 1.11. – 30.11.2000. Studijski boravak na Institut für Physik, Humboldt-Universität zu Berlin, BRD u sklopu bilateralnog projekta KRO-003-98.
3. D. Veža, Atomic Physics Division, Physics Laboratory, NIST, Washington DC, SAD svibanj-lipanj, 2000.
4. G. Pichler, Department of Physics, University of Connecticut, Storrs, Connecticut, SAD 15.5.-20.6.2000.
5. G. Pichler, Laboratoire Aime Cotton, Orsay, Francuska, travanj, listopad, 2000.
6. G. Pichler, Paris-13, Laboratoire des Physique des Lasers, Villetaneuse, Francuska, listopad, 2000.

### **Gostovanja vanjskih suradnika i posjetitelja na temi**

1. Prof. Dr. Kenji Ohmori, srpanj, 2000, Sendai, Japan.
2. Dr. Carlo Gabbanini, studeni, 2000, Pisa, Italija.
3. Prof. Dr. William C. Stwalley, studeni, 2000, Storrs, SAD.
4. Dr. Olivier Dulieu, studeni, 2000, CNRS, LAC, Orsay, Francuska.
5. Prof. Dr. Guenther Wernicke, prosinac, 2000, Humboldt Universitaet, Berlin, Njemačka.
6. Dipl. Phys. Sven Krueger, srpanj-kolovoz, 2000, Humboldt Universitaet, Berlin, Njemačka.

### **Seminari i predavanja**

1. H. Skenderović, *Laser Ignited Glow Discharge in Lithium Vapour and LiH emission spectrum from the glow discharge in the heat-pipe oven*, Seminari Max-Planck Instituta za kvantnu optiku u Garchingu, ožujak 2000.
2. G. Pichler, *Photoassociation and pair-absorption in superheated cesium all-sapphire cells*, AMP Weekly Seminars, Atomic and Molecular Physics Division, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics ,4:00 PM Wednesday, June 7, 2000
3. S. Milošević, *Kvantna elektrodinamika u optičkom rezonatoru*, Seminar za nastavnike fizike povodom 50 godišnjice Matematičko fizičkog lista, HFD, 5.7.2000. Zagreb

## **Diplomski i magistarski radovi**

1. Ticijana Ban, *Fotoasocijacija cezijevih atoma*, magistarski rad. Zagreb : Prirodoslovno-matematički fakultet, 3.3. 2000. Voditelj: Goran Pichler.
2. Irena Labazan, *Laserska apsorpcijska spektroskopija litijevih para pomoću optičkog rezonatora*, magistarski rad. Zagreb : Prirodoslovno-matematički fakultet, 7.04. 2000., 83 str. Voditelj: Slobodan Milošević.
3. Eduard Vrbanek, *Analiza laserski inducirane plazme vremenskim masenim spektrometrom*, diplomski rad. Zagreb : Prirodoslovno-matematički fakultet, 10.05. 2000., 46 str. Voditelj: Slobodan Milošević.
4. Tanja Bizjak, *Visokotlačni izboj u mješavinama para NaCd i NaHg* (ožujak 2000); diplomski rad. Zagreb : Prirodoslovno-matematički fakultet, Voditelj: Damir Veža.

## **Znanstvena suradnja**

Projekti:

1. 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 (Institut für Physik, Humboldt-Universität, Berlin i Institut za Fiziku, Zagreb). Voditelji: Dr. G. Wernicke i dr. N. Demoli.

Neposredna suradnja:

1. US-HR projekt, nastavak u 4 godinu bez dodatnog financiranja, Stwalley-Pichler, Laser guided discharge in lithium.
2. 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.
3. Neposredna suradnja između Max-Planck-Institute für Strömungsforschung (MPISF), Göttingen (Prof. Rudolf Dueren) i Institut za fiziku, Zagreb (S. Milošević) pod naslovom: "Laser spectroscopy of molecules and small particles produced in beams".
4. Neposredna suradnja između NIST-a i Instituta za fiziku.

## **Sudjelovanje u nastavi**

Dodiplomska nastava:

Goran Pichler, Eksperimentalne metode atomske fizike, IV godina fizike stručni smjer  
Goran Pichler, Atomska fizika i optika, IV godine fizike nastavni smjer

Irena Labazan, Fizički praktikum I (za profesorski smjer matematike i fizike, kod docenta M. Stubičara)  
Ticijana Ban, Fizički praktikum I (za profesorski smjer matematike i fizike, kod docenta M. Stubičara).

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.  
V. Vujnović i N. Demoli, Optika i holografija (310), PMF.  
D. Veža, Nekonvencionalne tehnike u laserskoj spektroskopiji (313), PMF.  
S. Milošević, Metode atomske i molekularne snopova (314), PMF.  
G. Pichler, Kvantna elektronika (ZFI04C1), FER.

## Ostale stručne aktivnosti

1. T. Ban, H. Skenderović i G. Pichler

Supersjajne svjetleće diode i njihova primjena, Matematičko fizički list, godina **50** (1999.-2000.) 155-159.

2. G. Pichler

- Predsjednik Hrvatskog fizikalnog društva (HFD) od 2000.

- Članstvo u internacionalnim konferencijskim komitetima:

European CARS Workshop (ECW).

European Group for Atomic Spectroscopy (EGAS)

European Conference on Atomic and Molecular Physics (ECAMP, AMPD Committee).

3. S. Milošević,

- Organizacijski odbor Ljetne škole mlađih fizičara, HFD.

- Suradnik e-škole iz fizike (rubrika: Pročitali smo za vas), HFD.

4. D. Veža,

- Predsjednik Državnog povjerenstva za samostalne eksperimentalne rade za učenike srednjih škola (do 2000.), HFD.

- Voditelj projekta e-škole "Laseri i komunikacija", HFD.

## 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

Znanstveno-istraživačka djelatnost na temi u tijeku 2000. godine obuhvatila je eksperimentalna istraživanja organskih materijala u naša dva laboratorija za galvanomagnetska istraživanja i dielektričnu spektroskopiju na Institutu za fiziku te istraživanja u laboratoriju za ac kompleksnu susceptibilnost Dr.sc.M.Prestera i Dr.sc. Đ.Dropca (tema 00350104) na Institutu za fiziku. Komplementarna istraživanja smo radili u laboratoriju Prof.A.Hamzić-a (suradnja s grupom prof.A.Hamzić-a, Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu) i u laboratoriju Dr.sc.D.Jérôme-a (suradnja s grupom dr.D.Jérôme-a, Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris Sud).

Završili smo istraživanja i analizu rezultata ovisnosti anizotropije magnetootpora o temperaturi na anizotropnim organskim vodičima koji pripadaju Bechgaardovim solima:  $(TMTSF)_2X$ ,  $X=PF_6$ ,  $X=AsF_6$  i  $X=ClO_4$  (u relaksiranom i brzo hlađenom stanju). Mjerenja su izvedena za struju u smjeru najmanje vodljivosti monokristala. Ustanovili smo da kutna ovisnost magnetootpora pokazuje kvalitativno drugačije ponašanje u relaksiranom stanju za  $X=ClO_4$  (u kojem dolazi do faznog prijelaza anionskog uređenja) u odnosu na sve ostale istraživane materijale čije je osnovno stanje vala gustoće spina (VGS). Zaključili smo da anionsko uređenje bitno utječe na kutnu ovisnost magnetootpora u osnovnom stanju. Rezultati su zasada samo djelomično predstavljeni na međunarodnoj konferenciji ICSM'2000 ( Bad Gastein, Austrija), a izrada šire publikacije je u planu.

Rezultati istraživanja magnetootpora na visokim (iznad 100K) temperaturama u spoju  $(TMTSF)_2PF_6$  koje smo dobili prošle godine u suradnji sa prof.P.M.Chaikin (Princeton University) predstavljeni su na konferenciji Američkog fizikalnog društva u ožujku 2000 (Minneapolis, MN) pod naslovom " Magnetoresistance, Kohler's Rule and the Absence of Temperature-Induced Interlayer Decoupling in the Bechgaard Salts". Kako smo dobili različite rezultate u dva odvojena laboratorijska ovo je istraživanje ostavilo otvoreno pitanje interpretacije prirode transporta u organskim vodičima na visokim temperaturama. Naime, vrlo je aktuelno pitanje da li se transportna svojstva kvazi-jednodimenzionalnih (1D) sistema mogu interpretirati u okviru Fermi-liquid (FL) teorije (u okviru koje su za transport odgovorna dobro definirana pobuđenja kvazičestica:elektrona ili šupljina) ili Tomonaga-Luttinger

\* financiran od Ministarstva za znanost in tehnologijo Republike Slovenije

liquid teorije (u okviru koje su pobuđenja naboja i spina odvojena, sa različitim brzinama te fizikalna svojstva slijede ponašanje zakona potencija ovisnog o temperaturi i frekvenciji, a koje se ne očekuje unutar FL teorije).

Kako bismo pokušali odgovoriti na ovo pitanje započeli smo istraživanja transportnih i galvanomagnetskih svojstava na visokim temperaturama drugog spoja iz iste porodice sa  $X=ReO_4$ .

U suradnji sa M.V.Kartsovnik (Walther-Meissner-Institut,Garching, Njemačka) započeli smo istraživanja nelinearnosti u transportu na dvodimenzionalnom (2D) sistemu  $\alpha-(BEDT-TTF)_2KHg(SCN)_4$ . Za ovaj je sistem poznato da predstavlja jedinstvenu koegzistenciju kvazi-1D i kvazi-2D vodljive vrpce. Sistem ispod 8K prelazi iz metalne faze u fazu za koju se pretpostavlja da je faza vala gustoće ali mjerena nelinearnosti u transportu drugih autora nisu davala zadovoljavajuće rezultate. Na osnovu ostalih mjerena i analogije sa drugim sistemima interpretacija prirode vala gustoće (VGS ili val gustoće naboja VGN) je također kontroverzna budući da se u okviru postojećih teorijskih modela ne mogu zadovoljavajuće interpretirati rezultati. Mi smo u našim istraživanjima uspjeli pokazati da je osnovno stanje zaista stanje vala gustoće. Uspjeli smo dobiti nelinearni efekt, ali samo u visoko kvalitetnom uzorku, te vrijednost i ovisnost polja praga o temperaturi. Kako ovisnost polja praga o temperaturi ne pokazuje karakteristično ponašanje ni za VGS niti za VGN daljnja istraživanja su u planu. Ovaj vrlo važan rezultat prezentiran je na međunarodnoj konferenciji ICSM'2000 (Bad Gastein, Austrija).

Završili smo mjerena nisko-frekventnog dielektričnog odgovora u materijalu  $(DM-DCNQI)_2Li$  u čijoj niskotemperaturnoj fazi koegzistiraju dva sumjerljiva vala gustoće naboja različitog reda sumjerljivosti  $N=2$  i  $N=4$  (vidi godišnji izvještaj za 1996. i 1997. godinu). Dobiveni rezultati su potvrđili postojanje dva relaksacijska moda. Na visokim temperaturama na kojima je zasjenjenje slobodnim nosiocima djelotvorno, dominantni relaksacijski mod je već prethodno identificirani Debye-ev mod povezan sa dugovalnim fazonskim pobuđenjima VG-e čija karakteristična dužina iznosi oko 25  $\mu m$ . U temperaturnom području ispod 25 K gdje broj slobodnih nosilaca nije više dovoljan za zasjenjenje VG-e, javlja se novi relaksacijski mod manje snage i sa širokom raspodjelom relaksacijskih vremena. Taj mod smo povezali sa kratkovalnim pobuđenjima VG-e čija karakteristična dužina iznosi oko 0.05  $\mu m$ , a aktivacijske energije su vrlo male reda nekoliko Kelvina. Napisana je publikacija i poslana na recenziju u European Physical Journal B.

U sklopu naših prijašnjih istraživanja deuteriranih copper-DCNQI materijala koji su u međuvremenu objavljeni (ref. 2) dovršili smo mjerena nelinearne vodljivosti u izolatorskoj Mott-Peierls fazi. Analizu tih rezultata prezentirali smo posterom na međunarodnom znanstvenom skupu ICSM'2000 (Bad Gastein, Austrija). Dobiveno ponašanje je kvalitativno različito od ponašanja tipičnog za VG-e. Uočena je sličnost sa prethodno dobivenim ponašanjem u materijalu  $\kappa-(BEDT-TTF)_2Cu[N(CN)_2]Cl$  sa sumjerljivim VGS-a te istaknut zajednički aspekt oba sistema u domenskoj strukturi osnovnog stanja VG-e. Na istom znanstvenom skupu smo u pozvanom predavanju iznijeli komparativnu analizu dielektričnog odgovora u sumjerljivim valovima gustoće sa domenskom strukturom i relativno dobro poznate relaksacije u nesumjerljivim VG-e. Istraživanja na materijalima  $(DM-DCNQI)_2Li$  i  $(DM-DCNQI)_2Cu$  te na materijalu  $\kappa-(BEDT-TTF)_2Cu[N(CN)_2]Cl$  se izvode i u okviru projekta sa Sveučilištem u Stuttgartu (HR-Nj bilateralni projekt).

Nastavili smo sa mjeranjima ac susceptibilnosti u okviru istraživanja supravodljive faze 2D organskog supravodiča  $\kappa-(BEDT-TTF)_2Cu[N(CN)_2]Br$  koji ima najviši  $T_c=11K$  medju organskim supravodičima. Do sada smo izvršili mjerena

na novim monokristalima iz dvije različite sinteze. Posebnu smo pažnju posvetili utjecaju brzine hlađenja na dijamagnetski odgovor u supravodljivom stanju te na utjecaj dc magetskog polja u različitim mjernim geometrijama.

Mjerenja se nastavljaju. Istraživanja su također dio projekta sa Sveučilištem u Stuttgartu (HR-Nj bilateralni projekt) te se izvode i u suradnji sa Prof.K.Kanodom sa Sveučilišta u Tokyo-u. Mjerenja se izvode u suradnji sa dr.sc.M.Presterom i dr.sc.Đ.Drobcem, tema 00350104.

Završili smo ciklus istraživanja linearног i nelinearnог tenzora vodljivosti  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  materijala u fazi Valova gustoće spina induciranih magnetskim poljem (FISDW) u Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris Sud, u suradnji sa grupom dr.D.Jérôme-a. Postignuti rezultati omogućili su pojašnjavanje kontradiktornih rezultata koje je moguće pronaći u literaturi za FISDW fazu ovog materijala, gdje se uočava i porast i pad vodljivosti s porastom električnog polja. U dobivenoj eksperimentalnoj slici reprezentirane su obje mogućnosti, a dosad naizgled kontradiktorne rezultate (naše i iz literature) uključili smo u jedinstvenu fenomenološku sliku sloma kvantnog Hall efekta prisutnog u FISDW fazi i rekreiranja normalne faze. Teorijska slika je razvijena u Zagrebu, a u suradnji s prof. K. Maki-em sa University of Southern California. Eksperimentalni rezultati i teorijska slika su također omogućili stvaranje izvanredno preciznog modela linearног tenzora vodljivosti u FISDW fazi, a u prisustvu kvantnog Hall efekta. Napisana je publikacija i poslana na recenziju u časopis European Physics Journal B.

U suradnji sa istom grupom izvršena su (T.Vuletić) istraživanja reentrantne supravodljive faze u istom materijalu tj dijela faznog dijagrama u uskom području tlakova između 8.7 kbar-a i 9.5 kbar-a u kojem koegzistiraju antiferomagnetska i supravodljiva faza. U tim mjeranjima je po prvi puta uspješno primijenjena nova precizna kontrola tlaka (bolje od 0.5%) pri radu s tekućinom (silikonsko ulje) kao tlačnim medijem, i to na vrlo niskim temperaturama do 0.4 K. Odredili smo liniju faznog prijelaza između metalne faze i faze VGS, sve do kritične, trojne, točke (9.5 kbar, 1.2 K) gdje dolazi do potpunog potiskivanja VGS faze i uspostave supravodljive (SV) faze. VGS faza je (pokazuјуći) uobičajena polja praga za proklizavanje VGS kondenzata od 1-2 mV/cm karakterizirana snažnom, ali neuobičajenom i dosad neuočenom histerezom između krivulja otpora u hlađenju i grijanju što ukazuje na postojanje nehomogene koegzistencije faze VGS-e i metalne faze. Nadalje, rezultati ispitivanja linearног i nelinearnог transporta u reentrant području, ispod temperature SV prijelaza, ukazuju na sličnu nehomogenu koegzistenciju SV i VGS faza. Detaljna analiza rezultata je u tijeku.

## Redovni radovi u časopisima

1. M. Basletić, N. Biškup, B. Korin-Hamzić, A. Hamzić and S. Tomić, *Sliding spin-density waves: studies of conduction noise, magnetic field dependence and Hall resistivity*, Fizika A **8**, 293-311(2000).
2. M. Pinterić, T. Vuletić, M. Lončarić, S. Tomić and J. U.von Schütz, *Low-frequency dielectric spectroscopy of the Peierls-Mott insulating state in the deuterated copper-DCNQI systems*, Eur. Phys. J **B16**, 487-493 (2000).
3. M. Pinterić, S. Tomić, M. Prester, Đ. Drobac, O. Milat, K. Maki, D. Schweitzer, I. Heinen, W. Strunz, *Probing the Order Parameter of the Layered Organic Superconductor  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Br by AC Susceptibility Measurements*, Phys.Rev.**B61**, 7033-7038 (2000).

## **Konferencijski rad u časopisu**

4. S. Tomić, M. Pinterić, K. Maki, M. Prester, D. Drobac, O. Milat, D. Schweitzer, I. Heinen , W. Strunz, *In-Plane and Out-of-Plane Superfluid Density of the Layered Organic Superconductor  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Br*, Journal de Physique IV France **10**, Pr3 161-166 (2000).

## **Stručni rad**

1. S. Tomić, *Valovi gustoće kao samo-organizirajuća struktura: komplementarnost kolektivnog I jednočestičnog kanala električne vodljivosti*, Matematičko-fizički list, **1**, 1 (2000-2001).

## **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. B. Korin-Hamzić, M. Basletić, A. Hamzić, K. Bechgaard and M. Nagasawa, *Angular dependence of magnetoresistance of several Bechgaard salts*, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals., Bad Gastein, Austrija, 15-21 srpnja 2000.
2. M. Basletić, B. Korin-Hamzić, M.V. Kartsovnik and H. Müller, *Nonlinear Conductivity in the Ground State of  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>KHg(SCN)<sub>4</sub>*, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals., Bad Gastein, Austrija, 15-21 srpnja 2000.
3. S. Tomić, M. Pinterić, T. Vuletić, J.U. von Schütz and D. Schweitzer *Low-frequency dielectric spectroscopy of commensurate density waves*, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Bad Gastein, Austrija, 15-21 srpnja 2000.
4. T. Vuletić, M. Pinterić, M. Lončarić, S. Tomić, J.U. von Schütz *Non-ohmic electrical transport in the Peierls-Mott state of deuterated copper-DCNQI systems*, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Bad Gastein, Austrija, 15-21 srpnja 2000.

## **Predavanja**

1. S. Tomić, *Low-frequency Dielectric Spectroscopy in Low-Dimensional Systems*, Institute of Physics, University of Basel, Basel, Switzerland i Département de Physique, Ecole Polytechnique Federale de la Lausanne, Lausanne, Švicarska (svibanj 2000).
2. S. Tomić, *Valovi gustoće kao samo-organizirajuća struktura: komplementarnost kolektivnog I jednočestičnog kanala električne vodljivosti*, Seminar za nastavnike fizike, Institut za fiziku, Zagreb (srpanj 2000)

## **Gostovanja vanjskih suradnika i posjetitelja na temi**

1.Prof.K. Maki (svibanj 2000)

University of Southern California, Los Angeles, California, US

seminar: *Quasi-particle bound states around impurities in d-wave superconductors*

## **Magistarski rad**

1. M. Pinterić, *Niskofrekventna dielektrična spektroskopija i nelinearni električni transport vala gustoće spina*, PMF Sveučilište u Zagrebu, magistarski rad, obranjen 31.3.2000. Voditelj: dr.sc.S.Tomić.

## **Znanstvena suradnja**

### Projekt

1. Projekt u okviru bilateralne suradnje sa Njemačkom

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

### Neposredna suradnja

- 1.Zajednička istraživanja sa prof.A.Hamzić i mr.sc.M.Basletić, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- 2.Zajednička istraživanja sa Dr. Mark V. Kartsovnik, Walther-Meissner Institut, Garching, Njemačka
3. Zajednička istraživanja sa prof.K.Maki, University of Southern California, Los Angeles, California, USA.
- 4.Zajednička istraživanja sa grupom dr.sc.D.Jérôme, Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris Sud, Orsay, Francuska.
5. Zajednička istraživanja sa prof.K.Kanoda, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

## **Ostale stručne aktivnosti**

1. B.Hamzić, član Državnog povjerenstva za samostalne eksperimentalne radove za učenike srednjih škola

## **2.4 METALNA STAKLA I VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI**

**Glavni istraživač:** dr. sc. Jagoda Lukatela, viši znanstveni suradnik

**Suradnici:** dr. sc. Jovica Ivković, 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**

Nastavljena su istraživanja utjecaja vodika na supravodljiva i magnetska svojstava 4d-3d prelaznih metala, naročito s jakim paramagnetskim primjesama (rani i srednji 3-d metali). Objasnjeno je niz zanimljivih pojava vezanih uz supravodljivost i pojavu spinskih fluktuacija u vrlo neuređenim sistemima. Uspješno je izučavano ponašanje elektrona u neuređenim sistemima i usporedba tog ponašanja s postojećim teorijskim modelima slabe lokalizacije i kvantne interferencije na defektima.

Istraživan je fazni prijelaz iz magnetski uređene u neuređenu fazu amorfnih slitina sustava  $Fe_xZr_{100-x}$  na koncentracijama  $x = 88, 91, 93$  koje su bliske perkolativnoj. Ovaj sustav do koncentracije željeza  $x \approx 92$  pokazuje magnetsko uređenje čiji značajke upućuju na feromagnetizam, ali neki rezultati neutronskog raspršenja ne daju divergiranje korelacijske duljine. Mjerenja ac susceptibilnosti na prijelazu mogla bi doprinijeti rješenju ove dvojbe. Dosadašnja mjerenja i analiza ac susceptibilnosti upućuju na nemonoton prijelaz u paramagnetsku fazu tj. s nekonstantnim kritičnim eksponentima. Dio ovih istraživanja predmet su jednog diplomskog rada.

Završen je rad na fenomenološkom modelu tretmana intrinsičnih vibracijskih aspekata (fononi, AF magnoni) neuređenih  $CuO_2$  ravnina supravodljivih monokristalnih kuprata u fraktalnoj granici. Model omogućuje, proračunom odgovarajućeg dinamičkog strukturnog faktora te uvažavanjem dinamičkih aspekata prijelaznog (*cross-over*) režima tipa homogeno-fraktalno, novu interpretaciju rezultata mjerenja neelastičnog neutronskog raspršenja. Model predlaže značajno sudjelovanje visokofrekventnih quasi-lokaliziranih fraktonskih modova u sparivanju nosilaca naboja. Nastavljeno je eksperimentalno istraživanje temperaturne ovisnosti supravodljive dubine prodiranja u kompleksnim anizotropnim organskim supravodičima tehnikom ac-susceptibilnosti. Započeto je eksperimentalno istraživanje najnovije generacije supravodiča u kojima je ostvarena koegzistencija supravodljivosti i magnetskog uređenje (rutenokuprati) tehnikom ac-susceptibilnosti. Dosadašnja mjerenja inicijalne susceptibilnosti ukazuju na izuzetno kompleksni temperaturni redoslijed magnetskog uređivanja u uzorcima tipa 2122-Eu.

## **Redovni radovi u časopisima**

1. I. Kokanović, J. Lukatela, *Electronic properties of hydrogen-doped ( $Zr_{80}3d_{20}$ )<sub>1-x</sub> $H_x$  ( $3d = Fe, Co, Ni$ ) metallic glasses*, Fizika A 8 (1999) 113-122. (tiskano 2000.)
2. Đ. Drobac, Ž. Marohnić, *Multipurpose measuring device based on ac susceptometer* Fizika A 8 (1999) 165 - 172. . (tiskano 2000.)
3. A. Bilušić, I. Bešlić, J. Ivković, J. C. Lasjaunias, and A. Smontara, *Electrical conductivity, Hall coefficient and thermoelectric power of icosahedral i- $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$  and i- $Al_{62}Cu_{25.5}Fe_{12.5}$* , Fizika A 8 (1999) 183-194 . (tiskano 2000).
4. M. Pinterić, S. Tomić, M. Prester, Đ. Drobac, O. Milat, K. Maki, D. Schweitzer, I. Heinen, W. Strunz, *Probing the order parameter of the layered organic superconductor  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Br by ac susceptibility measurements*, Phys. Rev.B 61 (2000) 7033 - 7038.

## **Konferencijski radovi u časopisima**

5. I. Kokanović, B. Leontić, J. Lukatela, *Influence of hydrogen on the superconducting transition temperature in hydrogen-doped  $Zr_{80}Co_{20}$  metallic glasses*, Physica B 284-288 (2000) 1970-1971
6. I. Kokanović, B. Leontić, J. Lukatela, A. Tonejc, *The effect of absorbed hydrogen on the chemical short-range order in  $Zr_{68}Fe_{32}$  metallic glass*, Materials Science Forum, 343-346 (2000) 744-750
7. A. Bilušić, A. Smontara, J. C. Lasjaunias, J. Ivković, and Y. Calvayrac, *Thermal and thermoelectrical properties of icosahedral  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$  and  $Al_{62}Cu_{25.5}Fe_{12.5}$* , Mater. Sci. and Engineering A 294-296 (2000) 711-714.
8. R. Ristić, M. Marohnić, *Transport properties of the  $Zr_2(Ni_{0.9}M_{0.1})$  glassy alloys*, Physica B 284-288 (2000) 1109.
9. S. Tomić, M. Pinterić, K. Maki, M. Prester, Đ. Drobac, O. Milat, D. Schweitzer, I. Heinen, W. Strunz, *In-plane and out-of-plane superfluid density of the layered organic superconductor  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Br*, J.Phys. IV France 10 (2000) 161-166.

## **Radovi poslani u tiskak**

10. I. Kokanović, B. Leontić, J. Lukatela, *Resistive, magnetoresistive and superconducting properties of hydrogen-doped ( $Zr_{80}3d_{20}$ )<sub>1-x</sub> $H_x$  ( $3d = Co, Ni$ ) metallic glasses*, Journal of Non-Cryst. Solids

## **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. J. Ivković, N. Radić, A. Tonejc, *Structural relaxation of amorphous Al-W thin films upon heating* 8th Joint Vacuum Conference of Croatia, Austria, Slovenia and Hungary, Pula , 4.-9. lipanj, 2000.(poster, sažetak ).

## 2.5 ELEKTONSKA SVOJSTVA LOKALNO KORELIRANIH ELITRONA U ANIHSISTEMU

**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

Nastavljena su dosadašnja istraživanja jako koreliranih elektrona. Rezultati su objavljeni u znanstvenoj periodici.

#### - Teorijski dio

Nastavljen je rad na anharmoničkom elektron-fonon vezanju [1], na teoriji spektralne reprezentacije dvodimenzionalnog Hubbardovog modela [7], te na teoriji fluktuirajuće valencije u  $\text{YbInCu}_4$  spojevima [8,9]. Također je nastavljena teorijska analiza Coqblin-Schriefferovog modela za  $f$  elektrone u kristalnom električnom polju. Rezultati tih istraživanja objašnjavaju magnetska i transportna svojstva razrijeđenih Kondo sistema na bazi cerija [12]. Neki od dobivenih rezultata su objavljeni tokom 2000. godine, neki su prihvaćeni za štampu, a neki će biti otposlan u štampu tokom 2001. godine.

#### - Eksperimentalni dio

Završena je magnetska karakterizacija  $\text{BaVS}_3$ . Kompleksno osnovno antiferomagnetsko stanje, kao i magnetska pobuđenja, postupno se karakteriziraju. Utvrđena je interpretacija definiranja dvaju uređenja, orbitalnog i naboja, proizišla iz rada sa torzionim magnetometrom, na manganatima, te na  $\text{BaVS}_3$  [2].

Analizom rendgenskih difraktograma kristalnih kompleksa biominerala kalcija istražena je korelacija strukturnih svojstava i formativnih procesa na površinskim plohamama kristala (u suradnji s IRB-om) [3].

Kristalografska karakterizacija organskih supravodiča rezultirala je razumijevanjem veze strukturnih i dielektričnih svojstava (u suradnji s T4) [4,5]. Analizom GISAXS spektara s površine He-implantiranog monosilicija istraživana je morfologija površine, podpovršinskih slojeva i međuslojnih granica. Mjerenja su provedena na sinhrotronu Elettra u Trstu (u suradnji s IRB-om) [6].

U suradnji s laboratorijem Louis Néel C.N.R.S.-a (Francuska) dovršena je konstrukcija i kalibracija novog uređaja za mjerenje magnetostrikcije. Izmjerena je spontana magnetostrikcija u antiferomagnetskom NdMg [10].

Završena su istraživanja transportnih svojstava  $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{Cu}_{2.05}\text{Si}_2$  i  $\text{Ce}_x\text{Y}_{1-x}\text{Cu}_{2.05}\text{Si}_2$  sistema slitina. Pokazano je, između ostalog, da se novi teško-fermionski sistem  $\text{Ce}_x\text{Y}_{1-x}\text{Cu}_{2.05}\text{Si}_2$  nalazi na prijelazu prema valentno fluktuirajućim sistemima [12,13]. Započeta su istraživanja valentno-fluktuirajućih slitina  $\text{YbIn}_x\text{Ag}_{1-x}\text{Cu}_4$  [14].

## **Redovni radovi u časopisima**

1. Freericks, JK.; Zlatić, V.; Jarrell, M, *Approximate scaling relation for the anharmonic electron-phonon problem*, Physical Review B. **61** (2000), 2; R838-R841.
2. Mihaly, G.; Kezsmarki, I.; Zamborszky, F.; Miljak, M.; Penc, K.; Fazekas, P.; Berger, H.; Forró, L., *Orbitally driven spin pairing in the three-dimensional nonmagnetic Mott insulator BaVS<sub>3</sub>: Evidence from single-crystal studies*, Physical Review B. **61** (2000), 12; R7831-R7834.
3. Sikirić, M. ; Babić-Ivančić , V. ; Milat, O. ; Sarig, S. ; Furedi-Milhofer, H., *Factors influencing additive interactions with calcium hydrogenphosphate dihydrate crystals*, Langmuir. **16**(24):9261-9266, 2000 Nov 28.
4. Pinterić, M.; Tomić, S.; Prester, M.; Drobac, Đ.; Milat, O.; Maki, K.; Schweitzer, D.; Heinen, I.; Strunz, W. I., *Probing the order parameter of the layered organic superconductor k-(BEDT-TTF)2Cu[N(CN)2]Br by ac susceptibility measurements*,Physical Review B . **61** (2000) 7033 - 7038.

## **Konferencijski radovi u časopisima**

5. Tomić, S., Pinterić, M. ; Maki, K. ; Prester, M. ; Drobac, Đ. ; Milat, O. Schweitzer, D. ; Heinen, I. ; Strunz, W.I., *In-plane and out-of-plane superfluid density of the layered organic superconductor k-(BEDT-TTF)2Cu[N(CN)2]Br*, Journal de Physique IV . **10** (2000 ), Pr3; 161-166.
6. Dubček, P., Milat, O., Pivac, B., Bernstorff, S. ; Amenitsch, H. ; Tonini, R. ; Corni, F. ; Ottaviani, G., *GISAXS study of defects in He implanted silicon*, Materials science and engineering B , **71** (2000), Special issue SI; 82-86.

## **Radovi prihvaćeni za tisk**

7. Zlatić, V. ; Horvatić, B. ; Dolički, B. ; Grabowski, S. ; Entel, P., *Third-order perturbation theory for 2-D Hubbard model*, Physical Review B **63**, No.3 (2001)
8. Zlatić, V. and Freericks, J., *Theory of valence transitions in ytterbium-based compounds*, NATO Science Series (2001), Proceeding of the NATO ARW Conference,Bled 2000, eds. P.Prelovšek, J. Bonča, T. Ramšak and S. Sarkar, Kluver Academic Publishers, Amsterdam, 2001
9. Zlatić, V. ; Freericks, J. ; Lemanski, R. ; Czycholl, G., *Exact solution of the multi-component Falicov-Kimball model in infinite dimensions*, Philosophical Magazine B. (2001) .
10. Amara, M. ; Aviani, I. ; Luca, S., Dufeu, D. ; Lethuillier, P. ; Galera, R.-M., *Dilatometric study of spontaneous magnetostriiction in NdMg antiferromagnet*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials. (2001) .

## **Radovi poslani u tisk**

11. Aviani, I., Miljak, M., Zlatić, V., Schotte, D., Geibel, C., Steglich, F., *Kondo effect in Ce<sub>x</sub>La<sub>1-x</sub>C<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> intermetallics*, Physical Review B.

12. Očko, M., Drobac, Đ. ; Buschinger, B. ; Geibel, C. Steglich, F., *Transport properties of the Ce<sub>x</sub>La<sub>1-x</sub>Cu<sub>2.05</sub>Si<sub>2</sub> heavy fermion alloy system*, Physical Review B.
13. Očko, M., Drobac, Đ., Sarrao, J., Fisk, Z., *Thermopower of the YbIn<sub>1-x</sub>Ag<sub>x</sub>Cu<sub>4</sub> alloys (x<=0.275)*, Physical Review B.
14. Očko, M., Geibel, C. ; Steglich, F., *Transport properties of Ce<sub>x</sub>Y<sub>1-x</sub>Cu<sub>2.05</sub>Si<sub>2</sub> – a heavy fermion alloy system on the border towards valence fluctuation systems*. Physical Review B.

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

1. V. Zlatić, pozvano predavanje na NATO ARW Conference on Strongly Correlated Electrons, Bled, Slovenija, travanj 2000.
2. V. Zlatić, pozvano predavanje na međunarodnoj školi o koreliranim elektronima Debrecen, Mađarska, rujan 2000.
3. O. Milat, K. Salamon, P. Dubček, B. Pivac, A. Borghesi, A. Sassella: *Characterisation of amorphous and polycrystalline silicon surface by GISAXS and AFM*; 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, June 4-9, 2000.; Pula, Croatia: Book of abstracts, 51.
4. K. Salamon, O. Milat, P. Dubček, B. Pivac: *GISAXS study of Kr implanted silicon*; 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, June 4-9, 2000.; Pula, Croatia; Book of abstracts, 89.
5. O. Milat, P. Dubček, B. Pivac, A. Slaoui, R. Monna: *Texture of RTCVD polycrystalline silicon films*; 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, June 4-9, 2000.; Pula, Croatia; Book of abstracts, 83.
6. D. Grozdanić, O. Milat, B. Rakvin, B. Pivac, A. Slaoui, R. Monna; *Grain orientation of RTCVD polycrystalline silicon for solar cells*, 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, June 4-9, 2000.; Pula, Croatia; Book of abstracts, 30.
7. N. Radić, S. Seidler, T. Koch, M. Jakšić, A. Tonejc, O. Milat, B. Pivac: *Structure and mechanical properties of disordered Al-W alloy*; 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, June 4-9, 2000.; Pula, Croatia; Book of abstracts, 30.

### **Znanstvena suradnja**

#### **Projekti**

1. *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.
2. *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

#### **Studijski boravci**

1. V. Zlatić, Georgetown University, SAD, ožujak 2000 (studijski boravak - NSF projekt)

2. V. Zlatić, Newton Institute, Cambridge, svibanj 2000. (sudjelovanje u radu međunarodne znanstvene radionice o elektronskim korelacijama)
3. V. Zlatić, pozvani profesor na Sveučilištu u Parizu (Orsay), srpanj 2000.
4. V. Zlatić, pozvani profesor na Sveučilištu u Bremenu, Njemačka, listopad-prosinac 2000 (predavanja iz teorije mnoštva čestica za studente 5 godine fizike).
5. O. Milat, Universita di Parma, Parma, Italija, rujan – prosinac 2000.
6. I. Aviani, CNRS, Grenoble, Francuska, siječanj – ožujak 2000.

### Seminari i predavanja

1. O. Milat, *Quasiperiodic structure of composite crystals: case study of  $Ca_xCuO_2$* ; Universita di Parma, 12.12.2000.
2. O. Milat, *Selective imaging of sublattices in complex crystal structures*, Instituto LAMEL, CNRS, Bologna, 30.11.2000.

## 2.6 STRUKTURNNE 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

U 2000. godini nastavljena su istraživanja ravnotežnih i kvaziravnotežnih oblika površine monokristala bakar selenida, tijekom rasta *in situ*, u cilju boljeg razumijevanja specifične slobodne energije površine kao i njene mikroskopske prirode.

Pokazali smo da kapilarno selektivna metoda rasta dvokomponentnog superionskog vodiča  $Cu_2 - \delta Se$  u uvjetima konstantnog gradijenta kemijskog potencijala te konstantne temperature ( $T \approx 800$  K) i sastava ( $\delta \approx 0.25$ ) omogućuje rast kuglastih monokristala ravnotežnog oblika (ECS). Svojstva su im jednaka monokristalima  $^4He$  (koji su arhetip kristala ravnotežnog oblika) na temperaturi od oko 1 K u okruženju superfluidnog  $^4He$ . Uz  $^4He$ , bakar i srebro halkogenidi jedini su poznati ECS kristali koji to svojstvo zadržavaju gotovo do centimetarskih dimenzija, pa stoga bitno pridonose potpunosti ECS istraživanja. Kako su ECS svojstva univerzalna, dakle neovisna o vrsti promatranog kristala, razlike se očituju u koordinatama termodinamičkog parametarskog prostora ( $T, \mu(\delta)$ ) odnosno u iznosu karakterističnih veličina, koje su pak izravna posljedica jakosti kemijske veze.

Da bismo određeni monokristal smatrali monokristalom ravnotežnog oblika (ECS) nužno je i dovoljno da njegov oblik zadovoljava 4 uvjeta. Prvi ECS uvjet zahtjeva da simetrijski razmještaj makroskopskih ploha na površini kristala potpuno reproducira unutarnju simetriju kristala (kubooktaedarska simetrija u slučaju bakar selenida). Ostala tri uvjeta traže da oblik ECS kristala ne ovisi ni o proteklom vremenu, ni o veličini kristala, ni o termodinamičkoj prošlosti.

Tri zadnja uvjeta, što eksplicitno, što implicitno, uključuju vrijeme, što zapravo podrazumijeva prijenos materijala s jednog dijela površine na drugi, što pak znači da uravnoteženje oblika kontroliraju karakteristični difuzijski procesi. Za razliku od vrlo spore površinske difuzije svojstvene mikronskim metalnim ECS kuglicama, i vrlo brze difuzije kroz okolni superfluidni medij u slučaju  $^4He$ , kod bakar selenida susrećemo difuziju kroz sam kristal (visoka ambipolarna, dakle, atomska difuzija) koja se pokazuje nebitno slabijom od one svojstvene ECS kristalima helija. Izrasli kristali bakar selenida imaju ECS svojstva do gotovo centimetarskih dimenzija.

Testiranje ECS uvjeta Cu-Se kristala dalo je sljedeće rezultate: a) Potvrđena je kubooktaedarska simetrija ploha (111) i (100) naraslih kristala, b) Neovisnost o vremenu i termodinamičkoj prošlosti potvrđena je s 95 % točnosti (zbog dvostrukog eksperimentalnog ograničenja - nedovoljna optička mjerna rezolucija i ekstremno visoki zahtjevi na stabilnost termodinamičkih uvjeta, temperature i tlaka), c) Pri testiranju neovisnosti ECS oblika o veličini kristala opažen je novi, u ECS literaturi nezabilježen dinamički efekt, koji traži daljnje detaljno istraživanje.

Opaženi efekt proširio je opseg istraživanja i otvorio novo područje koje se može podvesti pod pojmom rasta kristala, koje po strogim ECS kriterijima karakteriziraju oblici u rastu ili dinamički oblici. Primjenjena metoda rasta kuglastog monokristala i prikladan izbor konstrukcijskih parametara omogućili su nam da uobičajene brzine rasta smanjimo toliko da ima smisla govoriti o gotovo ravnotežnom ili čak o ravnotežnom rastu. U tom području očekujemo da oblik kristala možemo opisati formalizmom karakterističnim za strogo ravnotežne kristale, uz eventualne korekcije, linearne u brzini rasta. Cijena koju smo platili za taj dobitak jest, s jedne strane, u vremenu trajanja pojedinog eksperimenta, koje se protezalo od 200 do 700 sati i, s druge strane, u jačem utjecaju smetnji koje dolaze od nepotpuno eliminiranih radikalnih i aksijalnih temperaturnih gradijenata, a koji pri tako sporim brzinama rasta počinju zamjetno izobličavati kuglasti kristal, odnosno mijenjati principalne zakrivljenosti, time i veličinu ploha.

U uvjetima konstantnog tlaka Se para i konstantne temperature na mjestu rasta te konstantne razlike kemijskog potencijala pokazano je da volumen kuglastog ECS kristala raste linearno kao funkcija vremena u skladu s računskim predviđanjima temeljenim na volumnoj difuziji atoma bakra uz poznatu geometriju.

Za vrijeme vrlo sporog volumognog rasta od  $0.02 \text{ mm}^3/\text{h}$  do  $1 \text{ mm}^3/\text{h}$  opaženo je odstupanje od očekivanog ECS ponašanja. Odstupanje se može razložiti u dvije neovisne, superponirajuće pojave. Jedna se iskazuje (neobjašnjenum) ponašanjem prema kojem kristal bez obzira na nametnute termodinamičke uvjete prvo teži svom poliedarskom ECS obliku (karakterističnom za  $T = 0 \text{ K}$ ), i istodobno, ali znatno sporije, teži ECS obliku karakterističnom za nametnute termodinamičke uvjete. Štoviše, karakteristično vrijeme relaksacije u ECS iznenađujuće je dugo (reda 1000 minuta) i ne može se povezati s vremenima koji se temelje na difuziji atoma bakra. Ukratko ploha se veličinom i radij vektorom položaja ponaša kao oscilator s kritičnim gušenjem.

Druga od dvije superponirajuće pojave odnosi se na nepravilne oscilacije promjera plohe (111) na površini kristala, srednjeg vremena oscilacija od oko 100 minuta. Istodobno, u fazi s oscilacijama u veličini plohe, radij vektor položaja plohe (111) pokazuje stepeničasto ponašanje u vremenu. Intervali intenzivnog rasta razdvojeni su intervalima bez rasta (radijus kuglastog kristala pri tom kontinuirano raste). Slična pojava opažena je pri rastu ECS kristala  ${}^4\text{He}$  (u uvjetima bez dislokacija), a nazvana je eruptivnim rastom (Rutuu et al., Phys. Rev. Lett. vol. 76, No. 22, (1996)). Naime, u  ${}^4\text{He}$ , zbog vrlo brzog prijenosa materijala kroz suprafluidni helij, interval intenzivnog rasta skraćen je na manje od sekunde, za koje vrijeme radij vektor plohe naraste za 200-2000 novih slojeva.

Oba sustava, i Cu-Se i  ${}^4\text{He}$ , očito karakterizira postojanje potencijalnog praga koji prijeći kontinuirani rast radij vektora plohe. Mikroskopski model u kojem bi delikatna ravnoteža kristalnih sila i sila površinske napetosti, pa dakle i potencijalnog praga, bila opisana temeljem međudjelujućih jednoatomskih stepenica uz rub plohe, za sada ne postoji. Prije izrade samog modela potrebno je detaljno istražiti temperaturnu ovisnost pojave kao i njenu ovisnost o brzini rasta kristala. Postoji, naime, opravdana sumnja u postojanje metastabilnih stanja što onda upućuje na propitivanje same definicije ECS-a.

Opaženi efekti, jedan do sada neopažen u ECS kristalima (dugovremenska relaksacija) i drugi opažen jedino na  ${}^4\text{He}$  u ekstremnim eksperimentalnim uvjetima (stepenasti rast radij vektora plohe) ponukali su nas na njihovo detaljno ispitivanje. U tu svrhu započeli smo suradnju s laboratorijem za koherentnu optiku (dr. Nazif Demoli) kako bismo razvili i primjenili interferometrijsku metodu mjerenja pomaka

radij vektora plohe znatno poboljšane rezolucije od dotadašnjih  $2 - 5 \mu\text{m}$ . Za interferometrijsku metodu konstruirana je nova peć i nova kiveta za ravnotežni rast kristala. Također, interferencijskom snimanju plohe kristala u rastu dodana je modificirana Fourierova analiza digitaliziranog interferentnog polja sa subpixelskom rezolucijom, i na taj način poboljšana rezolucija vertikalnog pomaka plohe za tri reda veličine, to jest na razinu  $1 - 10 \text{ nm}$ .

Usprkos znatnim mehaničkim vibracijama eksperiment je omogućio sljedeće spoznaje. Metoda kao cjelina zaista omogućuje navedenu rezoluciju. Opaža se i očekivani stepenasti rast radij vektora plohe i dugovremenska relaksacija dinamičkog ECS oblika. Potrebne su određene preinake u konstrukciji kivete, kako bi se minimizirale mehaničke vibracije, i peći kako bi se istovremeno, *in situ*, moglo pratiti vremensko ponašanje i radij vektora plohe i cijelog zaobljenog područja oko plohe. Rezultat opisanog eksperimentalnog rada su tri publikacije koje su u pripremi za tisak.

Treba na kraju reći da smo cijeli eksperimentalni ciklus izveli na rubu tehničkih mogućnosti jer nam posuđena CCD kamera s digitalizacijskom karticom ograničava rezoluciju ( $512 \times 512$  piksela s 256 nivoa sivog) potrebnu za puno istraživanje navedenih efekata. Opetovano tražena oprema (CCD kamera s rezolucijom od barem  $1024 \times 1024$  piksela i 1024 nivoa sivog po pikselu, te s odgovarajućom karticom za ultrabrzno uzimanje slika, 50 slika/s) učinila bi nas potpuno kompetitivnim u ovom tipu istraživanja.

U okviru ove teme, na problemima kristala ravnotežnog oblika površine, u radu su sudjelovali i studenti Slobodan Mitrović i Mirko Milas izrađujući svoje diplomske rade. Oba rada su završena, a diplomski rad S. Mitrovića pod naslovom: "Istraživanje rasta površinskih oblika monokristala bakar-selenida morfologije bliske ravnotežnoj metodom digitalne optičke interferometrije profinjene 2-D Fourierovom analizom", uspješno je obranjen u listopadu 2000. (mentor doc. dr. D. Kunstelj, PMF; voditelj dr Z. Vučić, IF).

Ostale, u izvješću do sada nespomenute aktivnosti, odnose se na: a) primjenu naših metoda za obradu rezultata drugih laboratorija (J. Gladić) i b) aktivnost u okviru sekcije Hrvatskog fizikalnog društva (e-škola) na projektiranju senzora (temp., tlak, ...) i izradi priručne literature, u svrhu nadzora nad stanjem voda u Hrvatskoj, namijenjenih nadarenim učenicima srednjih škola. U svrhu priprema za projektiranje morske sonde održano je predavanje/razgovor sa stručnjacima koji se bave vodama (kemičare, biologe i oceanografe) na Institutu za fiziku u rujnu 2000. (Z. Vučić).

## Redovni radovi u časopisima

1. Z. Vučić, J. Gladić, *Shape relaxation during equilibrium – like growth of spherical cuprus selenide single crystals*, Fizika A (Zagreb) (2000) 9-26. (rad posvećen 70. godišnjici života prof. Leontića)
2. M. Pavlović, U. V. Desnica, J. Gladić, *Complete set of deep traps in semiinsulating GaAs*, J. Appl. Phys. 88(8) (2000) 4563-4570.

## **Diplomski rad**

1. Slobodan Mitrović, *Istraživanje rasta površinskih oblika monokristala bakar – selenida morfologije bliskoj ravnotežnoj metodom digitalne optičke interferometrije profinjene 2 –D Fourierovom analizom*, PMF, Zagreb, obranjen 30. listopada 2000. Voditelj: dr. sc. Z. Vučić.

## **Znanstvena suradnja**

Neposredna suradnja

1. Zajednička istraživanja teme 6. i dijela teme 2. (laboratorij za koherentnu optiku – dr. sc. Nazif Demoli). Mjerenje rasta ploha monokristalnog Cu - Se ravnotežnog oblika površine metodom digitalne optičke interferometrije.

## **Ostale stručne aktivnosti**

Z. Vučić,

Seminar za specijaliste za more (kemičari, biolozi, oceanografi) o temperaturno – tlačnoj sondi za kontinuirani nadzor stanja voda a, u okviru e- škole HFD-a, rujan 2000.

Z. Vučić,

mentor/koordinator podprojekta “Mjerenje temperature i temperaturna sonda” e – škole HFD-a namijenjeno nadarenim učenicima srednjih škola radi kontinuiranog nadzora nad stanjem voda.

## 2. 7. KOMPLEKSNI MODULIRANI SISTEMI: OSNOVNA STANJA I POBUĐENJA

**Glavni istraživač:**

dr. sc. Katica Biljaković, viši znanstveni suradnik

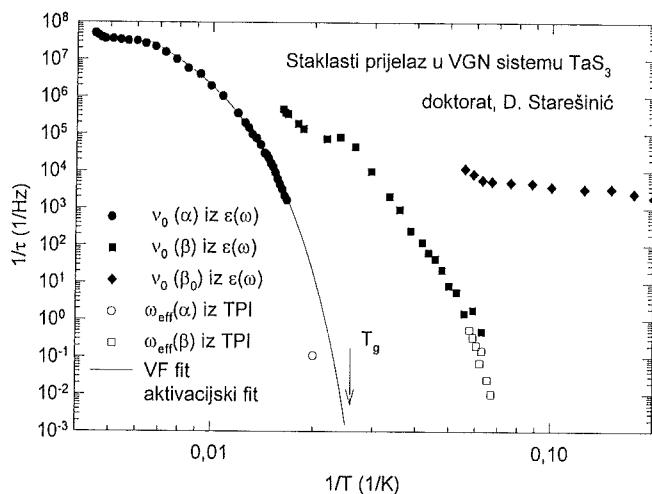
**SURADNICI:**

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

### Opis istraživanja

Ova godina istraživanja na našoj temi obilježena je zaokruživanjem određenih problematika, posebno one vezane uz novu vrstu stakla u sistemima s valovima gustoće naboja (VGN) ili spina VGS) i sam VG staklasti prijelaz (doktorski rad dr. Starešinića, koji je uspješno obranjen u studenom). Zadnji eksperimentalni rezultat kojim je sasvim razjašnjen niskofrekventni dielektrički odziv uslijedio je nakon veoma delikatnog izdvajanja doprinosa primarnog procesa u VGN sistemu TaS<sub>3</sub> na njegovoj temperaturi smrzavanja iz termički stimuliranog izboja. Time je dobiven neposredni dokaz smrzavanja relaksacijskog (primarnog) procesa na temperaturi prijelaza u pravo VG-staklo. Na osnovu izmjerенog ukupnog smrznutog naboja došli smo do *kriterija smrzavanja, kao generičkog svojstva svih VG sistema*. Do prijelaza u VG staklo dolazi kada preostali, nekondenzirani naboј nije u stanju zasjeniti elastične deformacije VG. Kvantitativno izraženi *kriterij* je: to se dešava kad preostane još samo *jedan elektron po Lee-Riceovoj domeni korelirane VG-faze*. Naši zaključci su veoma važni i predstavljaju sasvim novi doprinos fizici VG-sistema, daju novi fazni dijagram VG sistema kao i kvantitativne i kvantitativne kriterije za prijelaz u VG-staklo. Pred slanjem su dva duža rada s tom problematikom, a tri rada su u pripremi.

Toplinski kapacitet (TaSe<sub>4</sub>)<sub>I</sub> izmjerен je u području od 4 K do 320 K (boravak Bridget Emerling, doktorandice iz Lexingtona, 4 mjeseca u okviru projekta 4) te napravljena nova, nekonvencionalna analiza u okvirima teorije «jedne ljestvice» u širokom T-području, koja omogućava procjenu karakterističnih



energija interakcije i njihovih svojstvenih temperatura. Nastavljen je rad na femtnosekundnoj spektroskopiji (suradnja 7) na plavoj bronci u nelinearnim uvjetima (djelomično i potpuno odkvačenog VGN). Krenulo se u ispitivanje spinskih fluktuacija u organskim materijalima serije (TMTTF)2X oko prijelaza u modulirano stanje pulsnom EPR spektroskopijom (suradnja 8) i završava se prvi članak u seriji na sistemu s antiferomagnetskim prijelazom (X=Br).

Nastavljen je rad na sistemima baziranim na ugljiku. Završeno je mjerjenje toplinskog kapaciteta nanotuba na puno čišćim uzorcima (Biljaković-CRTBT i suradnja 9) u veoma pažljivo kontroliranim uvjetima zbog izrazito jake adsorptivnosti tog sistema. Dobivene su veoma važne informacije o fononskoj disperziji tog veoma anizotropnog sistema. Ispitivanje tzv. «tvrdog ugljika» (TU) izvodi se i dalje na dva odvojena pravca, dr. Biljaković (TU60-uzorci na bazi C60 iz suradnje 10) i dr. Smontara (TU 60 iz suradnje 5, TU70- uzorci na bazi C70 iz suradnje 6).

Toplinska vodljivost TU60 (mjerena u našem laboratoriju od 2 do 300K) slijedi kvazilinearu temperaturnu ovisnost ( $T^{\nu}$ ,  $\nu \geq 1$ ). To je jedinstveni sistem koji pokazuje linearu ovisnost u tako širokom T-području (I7-Izvještaj za 96). Uz to, izmjeren je linearni porast brzine zvuka (suradnja 11). Oba efekta mogu se objasniti u okvirima fraktonskog modela uz specifičnu manifestaciju fonon-frakton raspršenja, nesvojstvenu standardnim amorfnim krutinama. Hiperharhija fraktalne strukture je pronađena na svim razinama, od stotinjak  $\mu$ -metara (ultrazvučna mikroskopija-suradnja 11) pa do strukture osnovnog zrna od 4-6 nm (STM i STS : suradnja 10). Publikacija je u pripremi.

U grupi dr. Smontare nastavljeno je ispitivanje djelomično uređenog TU70 (prihvaćeni rad 8). Za razliku od amorfnih materijala, toplinska vodljivost TU70 ne pokazuje jasno karakterističnu, konstantnu vrijednost na  $T \approx 10$ K (Izvještaj 99). Proširenje ispitivanog T-područja na  $T < 7$ K (suradnja 1) upotpunilo je opću sliku temperaturnog ponašanja i dalo bolji uvid u mehanizme raspršenja odgovornih za toplinski transport TU te primjenljivost nedavno razvijenog teorijskog modela koji sistem tretira kao krutu tvar visoke gustoće granica zrna.

I u istraživanju ikozaedarskih kvazikristala iz obitelji AlCuFe i AlPdMn (projekt 5, suradnja 4) bavilo se pitanjem vođenja topline. Ne postoji jednoznačno ponašanje toplinske vodljivosti, posebno u području 20-100 K, gdje je toplinska vodljivost temperaturno neovisna ili pokazuje blagi maksimum (Izvještaj 99). Kako su za  $T < 50$  K pobuđeni isključivo dugovalni fononi (neosjetljivi na neuređenje rešetke), može se primijeniti Debyev model i istražiti utjecaji različitih uzroka fononskih raspršenja (kvazipreklopni procesi, tunelirajuća stanja, defekati). Na  $T > 50$ K, zbog pobuđivanja kratkovalnih i prostorno lokaliziranih fonona, Debyev model više nije valjan. Porast toplinske vodljivosti na  $T > 100$  K, što je čini se intrisično svojstvo kvazikristala, može se pripisati kako elektronskom doprinosu, tako i doprinosu lokaliziranih fononskih pobuđenja (uzrokovanih anharmoničkim fononskim procesima), ali još do kraja nije sa sigurnošću razlučen utjecaj pojedinog doprinosu.

Razvijena je nova programska podrška za ispitivanja Onsagerovih koeficijenata u području od 4.2K-340K s ciljem mjerjenja transportnih svojstava VGN sistema u ne-linearnom području. Posebna je pozornost posvećena izučavanju anizotropije transportnih svojstava, posebice toplinske vodljivosti u  $(\text{TaSe}_4)_2\text{I}$ . U okolini Peierlsovog prijelaza postoji dodatan doprinos toplinskoj vodljivosti i to samo u smjeru lanaca, koji ukazuje na vrlo anizotropno i jako elektron-fonon vezanje. On se pripisuje doprinosu faznih i amplitudnih pobuđenja (Izvještaj 97-rad 1.). Dok se pobuđenja amplitude javljaju uglavnom na temperaturama višim od  $T_p$ , fazna pobuđenja su značajna i na nižim temperaturama i njihov doprinos toplinskoj vodljivosti objašnjen je u okviru postojećeg teorijskog modela koji uzima u obzir kulonske efekte na promjenu fazonskog spektra (I4, Izvještaj 93). No, čitavo fluktuačijsko područje ( $T_p \approx T < T_{MF}$ ) je još uvjek nerazjašnjeno.

Započeta su i ispitivanja novih materijala iz obitelji visokotemperaturnih supravodiča (suradnja 2), kao i molekularnih magneta.

## **Redovni radovi u časopisima**

1. Dolinšek J, Klanjšek M, Apih T, Smontara A, Lasajunias JC, Dubois JM, Poon SJ, *Searching for sharp features in the pseudogap of icosahedral quasicrystals by NMR*, Phys. Rev. B: 62 (2000) 8862-8870
2. Kiš A, Pavičić D, Starešinić D, Biljaković K, Lasjaunias JC, Monceau P., *Testing some alternative models for complex low-energy excitation relaxation in density wave systems*, Fizika A **8**, no.4 (1999) 357-68.
3. Bilušić A, Tkalc̄ec I, Berger H, Forro L, Smontara A, *Anisotropic thermoelectric properties of  $(TaSe_4)_2I$* , Fizika A **9**, no.4 (2000) 1-6

## **Konferencijski radovi u časopisima**

4. Bilušić A, Smontara A, Lasjaunias JC, Ivkov J, Calvayrac Y., *Thermal and thermoelectric properties of icosahedral  $Al_{62}Cu_{25.5}Fe_{12.5}$  quasicrystal*, Materials science and engineering A : structural materials properties, microstructure and processing. 294-296 (2000) 711-714.
5. Smontara A, Lasjaunias JC, Paulsen C, Bilušić A, Calvayrac Y., *Low-temperature thermal conductivity of icosahedral  $Al_{63}Cu_{25}Fe_{12}$  and  $Al_{62}Cu_{25.5}Fe_{12.5}$  quasicrystals*, Materials science and engineering A : structural materials properties, microstructure and processing, 294-296 (2000) 706-710.
6. Lasjaunias JC. Biljakovic K. Monceau P., *Slow energy relaxation at low temperature in quasi-1D organic conductors*, Journal de Physique IV. 10(P3):177-182 (2000)

## **Radovi prihvaćeni za tisk**

7. Bilušić A, Pavuna D, Smontara A., *Figure of merit of quasicrystals: The case of Al-Cu-Fe*, Vacuum.
8. Bilušić A, Gradečak S, Tonejc A, Tonjec A, Lasajunias JC, Smontara A., *Transport properties of fullerite samples*, Synthetic Metals.
9. Tkalc̄ec I, Bilušić A, Berger H, Forró L, Smontara A., *Anisotropy of the transport properties of  $(TaSe_4)_2I$* , Synthetic Metals.

## **Radovi poslani u tisk**

10. Hosseini K, Bruetting W, Schwoerer M, Starešinić D, Biljaković K, Riedel E, van Smaalen S, Sambongi T., *Glass transition in the CDW state of the quasi-one-dimensional conductor  $K_{0.3}MoO_3$* , Phys. Rev. B
11. Odin J, Lasjaunias JC, Biljaković K, Hasselbach K, Monceau P., *Low temperature specific heat of blue bronze  $K_{0.3}MoO_3$* , Eur. Phys. J. B
12. D. Starešinić, K. Biljaković, K. Hosseini, W. Bruetting, P. Monceau, F. Levy, H. Berger, *Wide temperature range dielectric response of the charge density wave system  $TaS_3$* , Phys. Rev. B

13. Lasjaunias JC, Brison JP, MonceaU P, Starešinić D, Biljaković K, Carcel C, Fabre JM., *Low- temperature thermodynamic investigation of the sulphur organic salts (TMTTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> and (TMTTF)<sub>2</sub>Br: general aspects (I part)*, Eur. Phys. J. B

### Sudjelovanje na znanstvenim skupovima

- a) JVC-8, 8<sup>th</sup> Joint Vacuum conference of Croatia, Austria, Slovenia and Hungary, Pula, Croatia, June 4<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> 2000
1. Bilušić, Ante; Smontara, Ana, *Figure of merit of quasicrystals: case of Al-Cu-Fe*, usmeno izlaganje, sažetak u knjizi sažetaka, str. 45.
  2. Tkalčec, Iva; Bilušić, Ante; Berger, Helmuth; Smontara, Ana, *Anisotropic thermoelectric properties of (TaSe<sub>4</sub>)<sub>2</sub>I*, poster, sažetak u knjizi sažetaka, str. 88.
  3. Smontara, Ana; Bilušić, Ante; Berger, Helmuth; Forró, László; Paulsen, Carl, *The charge density waves and superconductivity in 2H-TaSe<sub>2</sub>*, sažetak u knjizi sažetaka, str. 85.
- b) International Conference on Science and Technlogy of Synthetic Metals, ICSM2000, Gastein, Austria, July 15<sup>st</sup> – 21<sup>rd</sup>, 2000
1. Bilušić, Ante; Gradečak, Silvija; Lasajunias, Jean, Claude; Smontara, Ana, *Transport properties of fullerite samples*, poster, sažetak u knjizi sažetaka, str. 190
  2. Tkalčec, Iva; Bilušić, Ante; Berger, Helmuth; Forró, László; Smontara, Ana; *Anisotropy of the transport properties of (TaSe<sub>4</sub>)<sub>2</sub>I*, poster, sažetak u knjizi sažetaka, str. 95
  3. Budimir, Marko; Bilušić, Ante; Berger, Helmuth; Forró, László; Smontara, Ana, *Thermoelectric Onsager coefficient of (TaSe<sub>4</sub>)<sub>2</sub>I in the depined CDW state*, poster, sažetak u knjizi sažetaka str. 95.

### Studijski boravci

1. K. Biljaković, desetodnevni boravak u CRTBT-CNRS (projekt 3) ožujak 2000.
2. K.Biljaković, dvokratni boravak (svibanj-kolovož i listopad) u CRTBT-CNRS, Grenoble u svojstvu «pridruženog znanstvenika» (poste rouge - CNRS)
3. Bilušić Ante, studijski boravak na Institutu J. Stefan, Ljubljana, Slovenija (projekt 5) 16-23.11.2000.
4. Smontara Ana, posjeta CRTBT-CNRS, Grenoble, Francuska (hrvatsko-francuska bilateralna suradnja “Physique théorique des supraconducteurs à haute température”) 14.-21.12.2000.

### Predavanja

1. Bilušić, Ante, *Thermal Conduction in Icosahedral quasicrystals*, Odjel za fiziku krute tvari Instituta J. Stefan, Ljubljana, Slovenija (21.11.2000.)

## Doktorat

1. Damir Starešinić, *Contribution to the investigation of low energy excitations in quasi-1D systems*, Voditelji: dr. K.Biljaković, prof. E.Babić, dr. P.Monceau (these cotutelle-Sveučilišta u Zagrebu i Grenoblu), obranjen 17.studenog 2000.

## Diplomski radovi

1. Tkalčec Iva, *Anizotropija toplinske vodljivosti  $(TaSe_4)_2I$* , Zagreb, PMF, 26.04. 2000, 48 str., voditeljica: Smontara A.
2. Budimir Marko, *Mjerenje Onsagerovih koeficijenata na  $(TaSe_4)_2I$* , Zagreb, PMF, 13.07. 2000, 56 str., voditeljica: Smontara A.
3. Budrović Željka, *Toplinska i termoelektrična svojstva ikozaedarskog  $Al_{72}Pd_{19.5}Mn_{8.5}$  kvazikristala*, Zagreb, PMF, 14.07. 2000, 73 str., voditeljica: Smontara A.

## Ostali radovi

1. Herak Mirta: *Toplinska vodljivost ikozaedarskih kvazikristala Al-Cu-Fe*, Zagreb, PMF, Seminar iz eksperimentalne fizike, svibanj, 2000, 30 str., voditeljica: Smontara A.
2. Budimir Marko: *Mjerna metoda za istovremeno određivanje termostruje te toplinske i električne vodljivosti kvazijednodimenzionalnih materijala*, Zagreb, Sveučilište u zagrebu, PMF, Fizički odsjek, studentski rad (rektorova nagrada ) lipanj 2000, 38. str., mentorica: Smontara A.

## Znanstvena suradnja

Projekti:

1. Projekt regionalne suradnje Bavarska-R.Hrvatske, *Investigation of glassy behaviour of new materials exhibiting charge or spin modulation*, Institut za fiziku (dr. K. Biljaković) i Sveučilište u Bayreuthu (dr. W.Brüttting).
2. Projekt bieleteralne (CNRS) suradnje, *L'origin et la nature de la transition vitreus dans l'Etat de base des ondes de densité de charge ou de spin*, Institut za fiziku (dr. K. Biljaković) i CRTBT, CNRS, Grenoble (dr. P. Monceau).
3. Projekt-mreža (Ministere de l'enseignement superieur et de la recherche de France), *Etudes des propriétés physiques des systèmes fortement corrélés*, Institut za fiziku (dr. K. Biljaković), PMF-Zagreb (prof. Babić) i CNRS (dr. Monceau i dr. Pouget).
4. NSF projekt, *Experimental probes of density wave deformations*, Institut za fiziku (dr. K. Biljaković) i University Kentucky (prof. Brill).
5. Bilateralna suradnja sa Slovenijom, *Fizikalna svojstva kvazikristala*, Institut za fiziku (dr. A.Smontara) i Institut "Jožef Stefan" (dr. J.Dolinšek)
6. NSF projekt (Collaboration in basic science and engineering (Cobase) - 2000 Cobase project development & initiation visits, *Understanding the role of phonons*

*in novel electronic and magnetic material*, Institut za fiziku (dr. A.Smontara i mr. A.Bilušić) i University of Tennessee (prof. J. Musfeld)

Neposredna suradnja:

Dr Smontara:

1. J. C. Lasjaunias, CRTBT-CNRS i prof. Saint-Paul, prof. R. Maynard , Univerite "J. Fourier", Grenoble, Francuska
2. Mr. H. Berger, dr. D. Pavuna, dr. L. Forró i posdiplomandi: S. Gradečak i I. Tkalčec, EPFL, Lausanne, Švicarska
3. Prof. A. Tonejc i prof. A. N. Tonejc, Fizički odsjek, PMF, Zagreb
4. J.R. Fisher, P.C. Canfield, Ames Laboratory, Department of Physics and Astronomy, Ames, USA
5. S.M. Bennington, Rutherford Appleton Laboratory, Oxon (Velika Britanija) i N. Kitamura, Osaka National Research Institute
6. S.G. Buga, Research Center for superhard Materials, Troitsk, Rusija

Dr. Biljaković:

7. D. Mihailovič, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
8. J. Dolinšek, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
9. J.E. Fischer i dr. Z. Beneš, Department of MSE, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA
10. M. E. Kozlov, New Jersey Institute of Technology/Honeywell Inc., Morristown
11. A. Hassanien, M. Tokumoto, Electrotechnical Laboratory, Tsukuba, Japan
12. M. Saint-Paul, CRTBT-CNRS i Université "J. Fourier", Grenoble, Francuska

### **Gostovanja vanjskih suradnika i posjetitelja temi**

1. dr. P.Monceau CRTBT-CNRS, Grenoble, Francuska  
studijski boravak u okviru projekta 2 ( 17-23. siječnja 2000.)
2. B. Emerlings, University Kentucky, Lexington  
studijski boravak u okviru projekta 4 ( travanj-kolovoz 2000)
3. dr. J.C. Lasjaunias CRTBT-CNRS, Grenoble, Francuska  
studijski boravak u okviru projekta 2 (20. – 26. studenog 2000.)
4. dr. P.Monceau CRTBT-CNRS, Grenoble, Francuska  
boravak u okviru projekta 3 ( 17-20. studeni 2000.)
5. dr. J.Dumas CRTBT-CNRS, Grenoble, Francuska  
boravak u okviru projekta 3 ( 17-18. studeni 2000.)
6. dr. L. Forró, EPFL, Lausanne, Švicarska  
posjeta temi i programu u svojstvu vanjskog suradnika IF-a (28. 09. – 6. 10. 2000.)
7. dr. Pavuna D. EPFL, Lausanne, Švicarska  
posjeta temi i programu u svojstvu vanjskog suradnika IF-a (6. – 10. 12. 2000.)

## **Stručni skup**

*Seminar za nastavnike fizike*, povodom 200-tog broja Matematičko-fizičkog lista Institut za fiziku, Zagreb 5.7.2000; Organizatori : Mat.-fiz. list, Ministarstvo prosvjete i športa, HFD, voditeljice: Smontara A. (IF) i Pećina P. (Fizički odsjek, PMF)

## **Sudjelovanje u nastavi**

- A. Bilušić: PMF, Fizički odsjek, Zagreb
1. Fizički praktikum 5, 2. semestar ak.god. 1999/2000
  2. Odabrana poglavlja fizike čvrstog stanja, 1. semestar ak. god. 2000/2001.
  3. Praktikum iz fizike, 1 semestar ak. god. 2000/2001.

## **Ostale stručne aktivnosti**

- K.Biljaković - mentor/koordinator miniprojekta "Šumski požari" u e-školi HFD
- A. Smontara - voditeljica seminara Instituta za fiziku  
- urednica za fiziku "Matematičko-fizičkog lista"
- A. Bilušić - član uredništva "Matematičko-fizičkog lista"  
- uređuje www stranice seminara Instituta i HFD-a

## **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

dipl.inž. Marko Kralj, znanstveni novak

dipl. inž. Marko T. Cvitaš, znanstveni novak

### **Opis istraživanja**

Istraživački rad u prvoj polovini 2000 godine bio je u znatnoj mjeri inhibiran neredovitim pritjecanjem sredstava iz MZT za pokrivanje materijalnih troškova istraživanja tokom 1999 godine. Manjak sredstava stvarao je nesigurnost i rizik pri svakom većem trošku koji bi se pojavio u okviru teme. Usprkos tim poteškoćama nastavljeno je s realizacijom cijelog zacrtanog programa istraživanja predviđenog u prijedlogu programa, a na uštrb odlazaka na konferencije i obnavljanja znanstvene opreme. Prevazilaženju tih problema uvelike su pomogli znanstveni kontakti omogućeni međunarodnom znanstvenom suradnjom, većim dijelom ostvarenoj bilateralnim ugovorima (razmjena istraživača, nabava opreme putem donacija, itd.), te posudba odnosno preraspodjela sredstava unutar Instituta.

U teorijskom dijelu programa istraživanja formuliran je kvantni opis stvaranja i dekoherenциje parova elektron-šupljina u femtosekundskoj laserskoj spektroskopiji površina metala sa dobro izraženim površinskim stanjima (Ref. 1). Nastavljen je rad na proširenju te formulacije kako bi se u opis uključili efekti polarizacije realnih površina.

Glavni objekt teorijskih istraživanja bio je kvantni opis raspršenja atoma helija (He) na fcc (111) površini tankog kristalnog filma atoma ksenona (Xe) adsorbiranog na površini platine. Zbog mnogih razloga ovaj se sistem smatra prototipnim no do nedavno njegova detaljna dinamička površinska svojstva nije bilo moguće laboratorijski proučavati iz tehnoloških razloga. Novi razvoj metode raspršenja snopova atoma He na površinama omogućio je eksperimentalno istraživanje vibracija ovako formiranog monokristala Xe u kojem su prvi puta opažena sva tri površinska moda čiju je identifikaciju trebalo potvrditi i teorijski interpretirati. To je učinjeno u Ref. 5. Poznavanje dinamičkih površinskih svojstva van der Waalsovskeg kristala Xe omogućila su u dalnjem radu uspostavljanje korelacije između vibracijskih svojstava monoslojeva atoma (kao model su opet uzeti atomi Xe) na metalnim površinama i vibracijskih svojstava čistih metalnih površina. Opsežan rad na unificiranom modelu i teorijskom opisu raspršenja atoma He na površinskim vibracijama te kvantnoj interpretaciji mnoštva eksperimenata, a koji sažimlje višegodišnji rad na ovoj temi, prezentiran je u revijalnom radu (monografiji) koji je u štampi (Ref. 6).

Izведен je modelni proračun elektron-fonon interakcije u stanjima kvantne jame i utjecaj te interakcije na fotoemisijske spekture (Ref. 2).

Eksperimentalna istraživanja elektronskih i strukturnih svojstava metalnih slojeva vrlo malih debljina nastavljena su i u ovoj godini. Težište istraživanja je stavljen na analizu podataka dobivenih ranije u eksperimentima u sinhrotronskim centrima Daresbury u Engleskoj i Brookhaven National Laboratory u SAD gdje smo koristili kutno razlučenu fotoemisijsku spektroskopiju uz promjenljivu fotonsku energiju. Pri tome su se definirale dvije grupe problema od interesa. Prva grupa se odnosi na temperaturnu ovisnost energije, intenziteta i širine signala kvantnih stanja  $s,p$  elektrona zarobljenih u kvantnoj jami koju čini vrlo tanki metalni sloj u smjeru okomitom na površinu. Debljine studiranih slojeva srebra kretale su se od jednog do desetak monoatomskih slojeva. Izmjerena temperaturna ovisnost širine signala omogućila nam je određivanje vrijednosti konstante veze elektron-fonon interakcije za svaki od studiranih slojeva. Dobivene konstante pokazuju veliku ovisnost o debljini sloja što je potpuno novo opažanje i vrlo specifično za izrazito tanke slojeve. Napravljen je i jednostavan teorijski model koji relativno dobro opisuje dobivene fenomene. Jedan dio je objavljen u Ref. [2] a potpuni opis sistema, teorijskog modela i rezultata poslan je na ocjenu. Druga grupa studiranih problema vezana je uz fotoemisijske spektre  $d$  elektrona srebra u tankim slojevima na V(100) i Mo(110) površinama. Pokazalo se da razlika u poziciji procjepa  $sp$  vrpci na dvije površine jako utiče na  $sp$  kvantna stanja. S druge strane, razlika u strukturi između srebrenih slojeva nanesenih na ove dvije površine značajno utiče na  $d$  kvantna stanja. Analiza izmjerениh podataka je pred završetkom. Osnovni problem je nedostatak računa za disperziju energijskih vrpci za tako tanke slojeve. Zbog značajne spin - orbit interakcije potrebni su puni relativistički računi za koje se nadamo da će biti dostupni u bližoj budućnosti čime bi se mogla potvrditi naša interpretacija eksperimenta.

Dosadašnji rad na problemu kvantnih stanja u tankim metalnim sistemima rezultirao je ponudom da P. Pervan i M. Milun zajedno sa D.P. Woodruffom (University of Warwick) napišu pregledni rad za Reports on Progress in Physics tako da je dosta vremena utrošeno na pripremu i analizu postojeće literature te diskusije o različitim interpretacijama fenomena opaženih u ovom području. Ovaj posao se nastavlja.

Veliki dio laboratorijskog rada bio je posvećen uhodavanju skenirajućeg tunelirajućeg mikroskopa. Prvi rezultata mjerena, kombinirani sa nekim mjeranjima ranije napravljenim u Bonnu u okviru bilateralne suradnje objavljeni su u Ref. [3]. U okviru iste suradnje pokrenuto je istraživanje nano-klastera vanadija na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  podlozi i ono će se nastaviti i u sljedećem periodu.

U okviru bilateralne suradnje sa Institutom za metale i tehnologije u Ljubljani radili smo na interpretaciji XPS mjerena, napravljenih u našem laboratoriju, zaštitnih oksidnih slojeva nekih čelika, što je objavljeno u Ref. [4]. Pored toga suradivali smo u nekim mjeranjima u ljubljanskom laboratoriju te započeli rad na studiju vrlo tankih slojeva selenia na površinama monokristala željeza i vanadija. Taj posao će se nastaviti u sljedećoj godini. Dio aktivnosti bio je usmjeren i na organizaciju 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference u što je bila uključena cijela eksperimentalna grupa. Konferencija se održala u lipnju 2000 godine u Puli.

U okviru postdiplomskog studija dipl. inž M. Kralj je krajem godine predao magistarski rad na ocjenu Znanstveno-nastavnom vijeću postdiplomskog studija fizike.

## **Redovni radovi u časopisima**

1. B. Gumhalter and H. Petek, *Decoherence effects in propagation of optically generated electron-hole pairs in image potential states*, Surf. Sci. 445(2000)195-208.
2. T. Valla, M. Kralj, A. Šiber, P.D. Johnson, M. Milun, P. Pervan and D.P. Woodruff, *Oscillation of the Electron-Phonon Coupling in Ultra-Thin Silver Films on V(100)*, J. Phys.: Condens. Matter 12 (2000) L477 – L482
3. M. Kralj, P. Pervan, M. Milun, J. Schneider, B. Schaefer, A. Rosenhahn and K. Wandelt, *STM investigations of contaminated and clean V(100) surface*, Fizika, 8 (1999) 123 – 130 (tiskano u 2000)
4. L. Vehovar, P. Pervan and M. Milun, *XPS investigation of corrosion - resistant films formed on alloyed cast steels*, Strojarstvo, 41 (1999) 111 – 116 (tiskano u 2000)

## **Radovi prihvaćeni za tiskak**

5. 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. B. 63 (2001) 115411.
6. B. Gumhalter, *Single and multiphonon atom-surface scattering in the quantum regime*, Physics Reports.

## **Sudjelovanje na konferencijama:**

1. A. Šiber, M. T. Cvitaš, Brioni Conference on “Important Problems for the XXI century”, 28.8.-1.9.2000.
2. B. Gumhalter, pozvano predavanje, Adriatico Research Conference on Lasers in Surface Science, ICTP Trieste, 11-15 Sept. 2000.
3. B. Gumhalter, *Studies of vibrational properties of surfaces by thermal energy He atom scattering*, 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, 4-9. 6. 2000, Pula, Hrvatska.
4. T. Valla, M. Kralj, A. Šiber, M. Milun, P. Pervan, P. Johnson, P. Woodruff, *Oscillation of the electron-phonon coupling in ultra-thin silver films on V(100)*, American Physical Society Meeting, 20-24. 3. 2000, Minneapolis, USA.
5. A. Šiber, M.T. Cvitaš, *Inelastic He atom scattering from surfaces: Is there a structure in the multiphonon background?* Brioni Conference on “Important Problems for the XXI century”, 28.8.-1.9.2000.
6. M. Milun, *Electron in a box and ultra-thin metallic films*, II. ACIS-CHEM Meeting, 3-9. 9. 2000, Brijuni, Hrvatska.
7. T. Valla, M. Kralj, A. Šiber, M. Milun, P. Pervan, P. Johnson, P. Woodruff, *Oscillatory electron-phonon coupling in ultra-thin silver films on V(100)*, 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, 4-9. 6. 2000, Pula, Hrvatska.
8. M. Kralj, P. Pervan, M. Milun, J. Schneider, B. Schaefer, A. Rosenhahn and K. Wandelt, *STM investigations of V(100) - from contaminated to clean surface*, 8<sup>th</sup> Joint Vacuum Conference, 4-9. 6. 2000, Pula, Hrvatska.
9. Đ. Mandrino, L.M. Orellana, M. Pečar, M. Milun, D.A. Skobir, M. Jenko, *XPS depth profiling of steels with implanted N and Si*, 8<sup>th</sup> Conference on materials and technology, 10 – 12. 10. 2000, Portorož, Slovenija.

## **Predavanja**

B. Gumhalter:

1. *Heat transfer and surface recovery temperature in atom-surface scattering*, Universita di Milano Bicocca, Sept. 2000.
2. *Heat transfer and surface recovery temperature in atom-surface scattering*, Universita di Modena, Sept. 2000.
3. *Heat transfer and surface recovery temperature in atom-surface scattering*, Technische Universitaet Graz, Dec. 2000.

A. Šiber:

1. *The mystery of the X-mode in inelastic helium atom scattering from Xe(111)*, Ruhr Universitaet Bochum, Dec. 2000.

## **Znanstvena suradnja**

Projekti:

1. National Science Foundation, *Investigations of multiple excitation processes in dynamical interactions of atomic particles and radiation with solid surfaces*. Voditelji projekta: Dr. B. Gumhalter (Institut za fiziku, Zagreb) i Prof. D. C. Langreth (Rutgers University, New Jersey, USA).
2. Bilateralna suradnja sa SR Njemačkom, *Dynamik der Wechselwirkungen zwischen Molekülen und Oberflächen*. Voditelji: Prof. Ch. Woell (Universitaet Bochum) i Dr. B. Gumhalter (Institut za fiziku, Zagreb).
3. Bilateralna suradnja sa SR Njemačkom (DLR projekt), *Ultradünne Metall-Filme – ein Weg zur Mikro-Technologie*. Voditelji: Prof. K. Wandelt (Universität Bonn) i dr. M. Milun (Institut za fiziku, Zagreb).
4. ALIS (Academic Links and Interchange Scheme), *Electronic structure of magnetic metals, ultra-thin films and surfaces*, Projekt financiran od strane British Councila i Ministarstva za znanost i tehnologiju. Voditelji: Prof. D. P. Woodruff (Warwick University) i dr. P. Pervan (Institut za fiziku, Zagreb).
5. Bilateralna suradnja sa Slovenijom, *Ultratanki metalni slojevi na površinama prijelaznih metala*. Voditelji: Prof. M. Jenko (IMT, Ljubljana) i Dr. M. Milun (Institut za fiziku, Zagreb).

## **Studijski boravci suradnika na temi**

M. Milun

-Institut fuer physikalische und theoretische Chemie, Universitaet Bonn, studeni 2000,  
-Inštitut za metale in tehnologije, Ljubljana, lipanj, listopad, studeni 2000,  
-Department of Physics, University of Warwick, studeni 2000.

P. Pervan

-Institut fuer physikalische und theoretische Chemie, Universitaet Bonn, studeni 2000,  
-Inštitut za metale in tehnologije, Ljubljana, listopad 2000,  
-Department of Physics, University of Warwick, studeni 2000,

-Visiting professor na Sveučilištu Sergio-Pontoise, Francuska, srpanj 2000.

M. Kralj

-Institut fuer physikalische und theoretische Chemie, Universitaet Bonn, lipanj 2000

B. Gumhalter

-MPI fuer Stroemungsforschung, Goettingen, 26.6-15.7.2000,

-Universita di Milano Bicocca, 18-24.9.2000,

-Universita di Modena, 25-30.9.2000.

A. Šiber

-Ruhr Universitaet, Bochum, 7-17.12.2000,

-MPI fuer Stroemungsforschung, Goettingen, 17-24.12.2000.

### **Gostovanja vanjskih suradnika i posjetitelja temi**

Prof. D.P. Woodruff, University of Warwick, March 2000.

Prof. K. Wandelt, Universitaet Bonn, lipanj 2000.

Dr. M. Jenko, Inštitut za metale in tehnologije, Ljubljana.

Dr. A. Rosenhahn, Universitaet Bonn, listopad 2000.

### **Ostale stručne aktivnosti**

M. Milun

-Predsjednik 8th Joint Vacuum Conference, Pula 2000,

-Član medjunarodnog programskog odbora 8<sup>th</sup> Conference on Materials and Technology, Portorož, Slovenia, 10 – 12. 10. 2000,

-Član Upravnog odbora Hrvatskog vakuumskog društva,

-Član Surface Science Division of IUVSTA.

P. Pervan

-Editor: Proceedings of the 8th Joint Vacuum Conference, Pula 2000,

-Član Programskog odbora 8th Joint Vacuum Conference, Pula 2000,

-Tajnik Hrvatskog vakuumskog društva,

-Voditelj obrazovnog projekta HFD-a E-ŠKOLA FIZIKA,

-Član Carnet-ove radne skupine za ocjenu obrazovnih projekata,

-Predavanje na skupu Znanost i mediji, Opatija 11.6.2000.

B. Gumhalter

-Član uredničkog savjeta (Advisory Editorial Board) medjunarodnog znanstvenog časopisa Surface Science,

-Član Savjeta (Board Member) sekcije Evropskog fizikalnog društva:

“Surfaces and Interfaces Division of the Condensed Matter Section of the EPS”.

## 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. Ante Aničić, asistent

dipl.inž. Osor Slaven Barišić, znanstveni novak

### Opis istraživanja

Istraživanja su se odvijala u okviru nekoliko tema iz statističke fizike i teorije čvrstog stanja.

U sklopu teorije kritičnih pojava proučavani su diskretni klasični modeli na rešetci u cilju boljeg razumijevanja faznih prijelaza u sustavima s dugodosežnim interakcijama te sustavima koji sadrže zamrznuti nered.

Na temelju ranije dobivenih rezultata za specijalni slučaj Isingovog modela (Uzelac, Glumac, Aničić ref [3]), učinjene su studije kritičnog ponašanja Pottsovog modela s dugodosežnim interakcijama u režimu prijelaza 2. reda, putem statistike grozdova, a u okviru Swendsen-Wangovog algoritma. U ovom slučaju, koji je znatno manje istražen nego Isingov slučaj, rezultati su u suglasnosti s našim ranije dobivenim rezultatima putem matrice transfera i scalinga konačnog dosegaa. Oni istovremeno opovrgavaju neke ranije pretpostavke drugih autora o neovisnosti kritičnih eksponenata o broju stanja  $q$  u slučaju dugodosežnih međudjelovanja.

Proučavane su također nule particijske funkcije feromagnetskog Pottsovog modela u kompleksnoj ravnini parametra  $q$  koji označava broj stanja ovog modela. Iako u temeljima teorije faznih prijelaza postoje opsežne studije ponašanja nula u ravnini kompleksne temperature ili polja loma simetrije za Isingov model, a u znatno manjoj mjeri i za Pottsov model, malo je pažnje posvećeno nulama u ravnini kompleksnog  $q$ . Ovaj pak parametar, iako postoji način da ga se tretira kao kontinuiranu veličinu, ima drukčiju ulogu nego temperatura ili vanjsko polje, te određuje klasu univerzalnosti pripadnog faznog prijelaza. Za model jednakih interakcija među svim česticama sustava, koji odgovara granici u kojoj vrijedi aproksimacija srednjeg polja izveli smo analitičke izraze za položaje nula blizu realne osi, kao i za njihovu gustoću, te pokazali korespondenciju između *scalinga* tih nula i kritičnog ponašanja ovog sistema na faznom prijelazu. Paralelno provedeni numerički račun primjenili smo i na 1D model s interakcijama koje opadaju s udaljenošću kao  $1/r^{d+6}$ , što je već za lance do 9 čestica dalo dobro aproksimirane vrijednosti kritičnih eksponenata. Očekujemo također da će ovaj pristup pomoći i u određivanju granice između faznog prijelaza prvog i drugog reda (Uzelac, Glumac, ref [6]).

Nastavljena je numerička studija faznog prijelaza u sustavu sa zamrznutim neredom koristeći vrlo brzi numerički algoritam načinjen za diskretni model na trodimenzionalnoj rešetci. Posebna pažnja je posvećena mehanizmima koji dovode do novog kontinuiranog faznog prijelaza koji nastaje iz prijelaza prvog reda pod

utjecajem nereda, te kriterijima koji su u literaturi postavljeni za kritične eksponente ovog prijelaza. Prva studija (Uzelac, Aničić, O.S. Barišić, ref. [2]) bazirana na simulacijama sustava dimenzija do  $30 \times 30 \times 30$  čestica upućuje na ponašanje u suprotnosti s Chayesovim kriterijem, generalizacijom Harrisovog kriterija na prijelaz prvog reda. Započeli smo stoga znatno opsežnije simulacije koje uključuju veći broj konfiguracija nereda i rešetke veličine  $50 \times 50 \times 50$ . Računi su usporedno provedeni za slučaj jako koreliranog nereda. (Aničić, Uzelac, članci u pripremi)

Holsteinov model malog polarona u jednoj dimenziji proučavali smo numeričkim te raznim kombiniranim analitičko-numeričkim varijacionim metodama (I. Batistić, O.S. Barišić).

Već prije je bila razvijena numerička metoda egzaktne dijagonalizacije pomoću koje smo izračunali energiju osnovnog stanja, valnu funkciju, te razne srednje vrijednosti (srednji broj fonona, distribuciju fonona, itd.) povezane s osnovnim stanjem sistema, a za područje parametara modela u kojem ova metoda daje dobre rezultate.

Za proučavanje spektra pobuđenja razvijena je bila metoda polinomske aproksimacije jezgre koja je omogućavala i nalaženje veličina kao što su optička vodljivost i Greenova funkcija. U ovom smo razdoblju poboljšali metodu egzaktne dijagonalizacije uvođenjem tzv. blok Lanczos procedure za proračun nekoliko najnižih energetskih stanja velike matrice kojoj je većina matričnih elemenata jednaka nuli. Ovo je poboljšanje omogućilo nalaženje i analizu prvog pobuđenog stanja Holsteinovog polarona. Nađeno je da prvo pobuđeno stanje pokazuje zanimljivo ponašanje kao funkcija jačine elektron-fononskog međudjelovanja. Priroda ovog stanja se naglo mijenja u području parametara u kojem ujedno i masa polarona naglo raste.

Međutim metoda egzaktne dijagonalizacije ne dopušta istraživanje područja parametara gdje su energija gibanja elektrona i energija elektron-fononskog vezanja puno veće od fononskih energija jer traže uzimanje u obzir enormno velikog broja stanja u Hilbertovom prostoru ( $>>10^6$ ). Za ovo smo područje razvili više varijacionih metoda odnosno za područje lokalizacije razvili smo i posebnu numeričku metodu egzakne dijagonalizacije koja ne zahtijeva tako enormno veliki Hilbertov prostor. Na ovaj način smo uspjeli razjasniti prirodu promjena u osnovnom i pobuđenim stanjima koje se događaju u tzv. prijelaznom području parametara (područje gdje masa polarona počinje naglo rasti). (O.S. Barišić, ref [7])

Modeli transporta u organskim materijalima te injekcije elektrona iz metala u organski materijal na kojima smo prije radili dopunjeni su mehanizmima rekombinacije elektrona i šupljina u materijalu i na granici dvaju organskih materijala. Na toj osnovi izgrađen je numerički model za funkcioniranje realne višeslojne organske diode s emisijom svjetla. Rezultati numeričkih simulacija su uspoređeni s više eksperimentalnih studija, kako onih iz literature tako i onih dizajniranih specijalno za potrebe uspoređivanja s modelom. (Tutiš et al., ref [4])

Model omogućuje razumijevanje mehanizama koji određuju kada i kako pojedini od uključenih fizikalnih procesa i parametara (tuneliranja, difuzije ref [5], radijativne ili neradijativne rekombinacije, interne energetske barijere ili kulonski učinci prostornog naboja) dominiraju ponašanjem cijelog sustava. Po prvi put moguće je studirati prijelaze između kvalitativno različitih režima rada sustava koji nastaju promjenom izvana nametnutih parametara te teorijsko modeliranje vremenskih tranzijenata u sustavu.

## **Redovni radovi u časopisima**

1. K. Uzelac and Z. Glumac, *Comment on ``Potts model with long-range interactions in one dimension'',* Physical Review Letters 85, 5255 (2000)
2. K. Uzelac, A. Aničić and O. S. Barišić, *Second-order phase transition induced by the quenched random dilution in 3d,* Fizika A8, 369-382 (1999) (tiskano 2000.)

## **Radovi prihvaćeni za tisk**

3. K. Uzelac, Z. Glumac and A. Aničić, *Critical behaviour of the long-range Ising chain from largest-cluster probability distribution,* Phys. Rev. E **63**, 037101 (2001)
4. E. Tutiš, M. N. Bussac, B. Masenelli, M. Carrard, and L. Zuppiroli, *Numerical model for organic light-emitting diodes,* Journal of Applied Physics **89**, 430-439 (2001)
5. B. Masenelli, E. Tutiš, M.N. Bussac, L. Zuppiroli, *Numerical model for injection and transport in multilayers OLEDs,* u tisku Synthetic Metals (2001)

## **Radovi poslani u tisk**

6. Glumac Z., Uzelac, K., *Complex-q zeros of the partition function of the ferromagnetic Potts model with long-range interactions,* Physica A.
7. Osor S. Barišić, :*Variational study of the Holstein polaron,* Physical Review B.

## **Sudjelovanje na znanstvenim skupovima**

1. K. Uzelac and A. Aničić, *The second-order phase transition induced by the quenched random dilution in the 3D model,* Middle European Cooperation in Statistical Physics, 9-11 Ožujak 2000., Pont-a-Mousson, France
2. E. Tutiš, B. Masenelli, M. N. Bussac, L. Zuppiroli, *A numerical molecular model for injection and transport in multilayer organic-light emitting diodes,* Meeting of American Physical Society Minneapolis, ožujak 2000.
3. B. Masenelli, E. Tutiš, M.N. Bussac, L. Zuppiroli, *Numerical model for injection and transport in multilayers OLEDs,* konferencija E-MRS 2000, Strasbourg, Francuska, 30.svibnja - 2.lipnja 2000.
4. B. Masenelli, E. Tutiš, M.N. Bussac, L. Zuppiroli, *Numerical model for simulation of transport and recombination in OLEDs,* ICSM-2000, Gastein, Austria, 15.-21. srpanj 2000.
5. K. Uzelac, *Neki moderni koncepti statističke fizike i njihova uloga izvan fizike,* predavanje na skupu o 50. obljetnici izlaženja MFL, Zagreb, 5. srpnja 2000.

## **Znanstvena suradnja**

Neposredna suradnja

1. *Kritične pojave i fazni prijelazi u kvantnim sistemima*, koord. K. Uzelac (Institut za fiziku) i R.Jullien (Universite de Montpellier II, Francuska), nastavak bilateralne suradnje s Francuskom u postupku obnove.

## **Sudjelovanje u nastavi**

I. Batistić

Ireverzibilni procesi u fizici  
izborni kolegij na 3. godini studija fizike PMF, Zagreb  
(1999/2000.)

O. Barišić:

Seminar iz Ireverzibilnih procesa (vježbe)  
izborni kolegij na 3. godini studija fizike PMF, Zagreb  
(1999/2000.)

## **Ostale stručne aktivnosti**

I. Batistić:

suradnja na projektu HPDa i HFDa  
"E-skole za mlade znanstvenike"

I. Batistić:

Suradnja na pilot projektu MZT  
"Hrvatska znanstvena bibliografija"

K. Uzelac:

Pridruženi urednik časopisa "Fizika A"

K. Uzelac:

Vođenje i administriranje računskog centra i lokalne mreže,  
pripadnih servisa, te koordinacija s Carnetom

A. Aničić:

Održavanje računskog centra i lokalne mreže.

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

#### **3.1. Seminari**

Voditeljica seminara: dr. sc. Ana Smontara

- 2. ožujka:** Bridget M. Emerling, PhD, student  
University of Kentucky, Department of Physics and Astronomy,  
Lexington, USA  
*Electromodulated infrared transmission studies of blue bronze*
- 3. ožujka:** Dr. Veljko Zlatić  
Institut za fiziku, Zagreb  
*Teorija fluktuirajuće valencije u intermetalnim spojevima  $YbInCu_4$*
- 5. svibnja:** Prof.dr. K. Maki  
University of Southern California, USA  
*Quasi-particle bound states around impurities in d-wave superconductors*
- 18. srpnja:** Dr. K. Ohmori  
RISM, Tohoku University, Japan  
*Femtosecond spectroscopy of collisional quasimolecules and attosecond wave packet engineering*
- 20. srpnja:** Dipl. ing. S. Krüger  
Institute of Physics, Humboldt University of Berlin, Berlin, Njemačka  
*Spatial light modulation in diffractive optics*
- 12. rujna:** Prof. dr. Jim K. Freericks  
Department of Physics, Georgetown University,  
Washington, DC, USA  
*Raman scattering through a metal insulator transition*
- 26. rujna:** Dr. A. Quandt  
Department of Physics, Georgetown University,  
Washington, DC, USA  
*Ab initio simulations of quasicrystals*
- 9. studenog:** Dr. R. Lemanski  
Polish Acad. Sci; Inst. Low Temp. & Struct. Res; Wrocław, Poland  
*Interaction between ions mediated by moving electrons*
- 5. prosinca:** Dr. N. Marković  
Physics Department, Harvard University, USA  
*Superconductor-insulator transition in 2d*
- 7. prosinca:** Dr. G. Wernicke, dr. N. Demoli  
Humboldt University, Institute of Physics, Berlin, Njemačka  
Institute of Physics, Zagreb, Hrvatska  
*Evaluation of deformation vectors in holographic interferometric microscopy with conjugate reconstruction*
- 8. prosinca:** Dr. D. Pavuna  
Švicarski federalni institut za tehnologiju, Fizički odjel, IPA, EPFL,  
Lausanne, Švicarska  
*Otvorena pitanja i najnovija sustavna mjerena fotolektronskom spektroskopijom (ARPES)*

**WWW stranice uređuje: mr. sc. Ante Bilušić**

### **3.2. KNJIŽNICA**

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

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

Knjižnica radi od 8.30 do 17 sati. Knjižnica posuđuje knjige na ograničeni rok od 6 mjeseci za korisnike Instituta, a 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 knjnice, kao i za potrebe međuknjižnične suradnje, na raspolaganju je aparat za fotokopiranje.

Knjižnica je tijekom 2000. godine, nastavila svojom aktivnošću.

Krajem godine knjižnica je dobila jedno računalo na ime projekta «Sustav znanstvenih informacija-podsustav Prirodoslovje i tehnologija»

Kompjutorska obrada monografskih publikacija u bazu LIBRI I periodike u bazu PERI u programu CDS/ISIS 3.7 bliži se kraju. Obradeno je 3600 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/ifs/ifs/biblioteka/library-e.html>

Fond knjižnice:

1. knjige: 4339
2. periodika: 83 tekuća naslova
3. diplomske radnje: 484
4. magistarske radnje: 115
5. disertacije: 86
6. katalozi periodike: 24

Statistika izdanih informacija i posudbe knjižnične građe u 2000.g:

1. Posuđeni časopisi i knjige za izradu kopija: 602
2. Posuđene knjige: 72
3. Čitaonica - izdani časopisi: 430
4. Međuknjižnična posudba
  - a) zahtjevi putem pošte
    - primljenih zahtjeva: 9
    - upućenih zahtjeva: 5
  - b) zahtjevi putem telefona ili osobno
    - primljenih zahtjeva: 31
    - upućenih zahtjeva: 23

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

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

#### **Magistrirali:**

mr.sc. Ticijana Ban  
mr.sc. Irena Labazan

#### **Doktorirao:**

dr.sc. Damir Starešinić

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

#### **Dodiplomska nastava**

G. Pichler,  
Eksperimentalne metode atomske fizike, IV godina fizike stručni smjer

G. Pichler  
Atomska fizika i optika, IV godine fizike nastavni smjer

I. Labazan  
Fizički praktikum I (za profesorski smjer matematike i fizike)

T. Ban  
Fizički praktikum I (za profesorski smjer matematike i fizike)

I. Batistić (predavanja), O.S. Barišić (vježbe)  
Ireverzibilni procesi u fizici  
izborni kolegij na 3. godini studija fizike PMF, Zagreb

A.Bilušić  
Fizički praktikum V (prof. A.M. Tonejc)(0+4) (inžinjeri fizike 3. god.)

Odabrana poglavlja fizike I (doc. I. Kokanović) (0+4) (inžinjeri i profesori kemije 2. godine)

#### **Poslijediplomska nastava**

G. Pichler,  
Atomska fizika i spektroskopija, PMF

G. Pichler  
Seminar iz atomske fizike i molekularne fizike i astrofizike, PMF

G. Pichler  
Doktorski seminar, PMF

G. Pichler,  
Kvantna elektronika, FER

D. Veža  
Nekonvencionalne tehnike u laserskoj spektroskopiji, PMF

S. Milošević  
Metode atomskih i molekularnih snopova, PMF

### **3.5. KONFERENCIJE, SPECIJALIZACIJE I STUDIJSKI BORAVCI U 2000. GODINI**

1. I. Aviani  
01.10.99.-01.04.00.- Francuska, studijski boravak
2. D. Azinović  
01.05.00.-31.10.00- Njemačka, studijski boravak
3. T. Ban  
09.07.00.-15.07.00.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
28.08.00.-01.09.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
4. R. Beuc  
27.08.00.-02.09.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
15.11.00 - Austria, sudjelovanje na Workshop-u
5. A. Bilušić  
04.06.00.-09.06.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
15.07.00.-21.07.00.- Austria, sudjelovanje na konferenciji  
16.11.00.-23.11.00.- Slovenija, studijski boravak
6. K. Biljaković  
05.03.00.-15.03.00.- Francuska, studijski boravak  
15.05.00.-18.08.00.- Francuska, studijski boravak  
04.10.00.-03.11.00.- Francuska, studijski boravak
7. M. Cvitaš  
27.08.00.-01.09.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
01.10.00.-31.10.00.- U.K., studijski boravak
8. N. Demoli  
25.04.00.-25.05.00.- Njemačka, studijski boravak  
01.11.00.-30.11.00.- Njemačka, studijski boravak
9. Đ. Drobac  
12.07.00.-15.07.00.- BIH, znanstveni posjet  
03.10.00. – Slovenia, znanstveni posjet
10. M. Fučkar-Marasović  
16.04.00.-18.04.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
15.10.00.-19.10.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
21.11.00.-24.11.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji
11. B. Gumhalter  
04.06.00.-08.06.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
24.06.00.-15.07.00.- Njemačka, znanstveni posjet  
10.09.00.-30.09.00.- Italija, znanstveni posjet  
11.12.00.-13.12.00.- Austria, studijski boravak-seminar

12. B. Hamzić Hamzić

1 . 5. . 2 . 5. . Hrvatska, vođenje državnog natjecanja iz fizike  
16. . . 22. . . Austrija, sudjelovanje na konferenciji

13. V. Horvatić

1 . 5. . 2 . 5. . Hrvatska, vođenje državnog natjecanja iz fizike  
31.1 . 15.11. . Njemačka, studijski boravak

14. M. Kralj

3. 6. . 9. 6. . Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
19. 6. . 28. 6. . Njemačka, studijski boravak

15. I. Labazan

9. . . 15. . . Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
28. 8. . 1. 9. . Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji

16. Ž. Marohnić

1 . 5. . 2 . 5. . Hrvatska, vođenje državnog natjecanja iz fizike

1 . O. Milat

4. 6. . 9. 6. . Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
15. 9. . 15.12. . Italija, studijski boravak

18. M. Milun

21. 2. . Slovenia, znanstveni posjet  
9. 4. . 1 . 4. . Hrvatska, organizacija konferencije  
3. 6. . 9. 6. . Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
19. 6. . 2 . 6. . Slovenija, znanstveni posjet  
5. 9. . 6. 9. . Hrvatska, sudjelovanje na predavanju  
. 9. . 15. 9. . Slovenija, znanstveni posjet  
5.11. . 12.11. . Njemačka, znanstveni posjet  
13.11. . 18.11. . Slovenija, znanstveni posjet  
23.11. . 1.12. . U.K., studijski boravak

19. S. Milošević

9. . . 21. . . Njemačka, sudjelovanje na konferenciji znanstveni posjet

2 . M. Miljak

9.11. . 12.11. . Italija, znanstveni posjet

21. M. Movre

22. 2. . 21. 3. . Njemačka, studijski boravak

22. P. Pervan

3. 6. . 9. 6. . Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
13. . . 3 . . Francuska, znanstveni posjet  
5.11. . 12.11. . Njemačka, znanstveni posjet  
23.11. . 1.12. . UK, studijski boravak

23. G. Pichler

12. 1. . Austria, znanstveni posjet  
15. 3. . 16. 3. . Njemačka, znanstveni posjet  
3. 4. . 28. 4. . Francuska, studijski boravak  
1 . 5. . 18. 6. . USA, studijski boravak  
3 . 6. . Njemačka, znanstvena posjet

09.07.00.-15.07.00.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
21.07.00.-22.07.00- Njemačka, znanstveni posjet  
28.08.00.-01.09.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
13.09.00.-16.09.00.- Njemačka, znanstveni posjet  
25.09.00. - Austria, predavanje  
07.10.00.-31.10.00.- Francuska, studijski boravak  
13.11.00.-15.11.00.- Austria, sudjelovanje na Workshop-u

24. H. Skenderović  
15.03.00.-16.03.00.- Njemačka, znanstveni posjet  
09.07.00.-15.07.00.- Njemačka, sudjelovanje na konferenciji  
28.08.00.-01.09.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
16.10.00.-10.11.00.- Njemačka, studijski boravak
25. A. Smontara  
14.12.00.-21.12.00.- Francuska, studijski boravak
26. D. Starešinić  
11.02.00.-12.02.00.- Austria, znanstveni posjet  
19.09.00. - Njemačka, znanstveni posjet  
15.11.00. – Austria, znanstveni posjet
27. A. Šiber  
27.08.00.-01.09.00.- Hrvatska, sudjelovanje na konferenciji  
07.12.00.-24.12.00.- Njemačka, znanstveni posjet
28. S. Tomić  
13.05.00.-23.05.00.- Švicarska, studijski boravak  
16.07.00.-22.07.00.- Austria, sudjelovanje na konferenciji  
02.10.00.-16.10.00.- Njemačka, znanstveni posjet
29. E Tutiš  
06.03.00.-06.04.00.- Švicarska, studijski boravak  
16.03.00.-26.03.00.- USA, sudjelovanje na konferenciji
30. K.Uzelac  
08.03.00.-14.03.00.- Francuska, sudjelovanje na konferenciji
31. Č. Vadla  
29.04.00.-09.06.00.- Njemačka, studijski boravak  
10.10.00.-31.10.00.- Njemačka, studijski boravak
32. D. Veža  
30.04.00.-30.06.00.- USA, studijski boravak
33. T. Vuletić  
18.10.99.-18.02.00.- Francuska, studijski boravak  
16.07.00.-22.07.00.- Austria, sudjelovanje na konferenciji  
02.10.00.-31.12.00.- Francuska, studijski boravak
34. V. Zlatić  
07.01.00.-08.01.00.- Italija, znanstveni posjet

01.02.00.-29.02.00.- Njemačka, studijski boravak  
08.03.00.-31.03.00.- USA, studijski boravak  
24.04.00.-30.04.00.- Slovenija, sudjelovanje na konferenciji  
01.05.00.-26.05.00.- UK, studijski boravak  
03.07.00.-28.07.00.- Njemačka, studijski boravak  
27.08.00.-02.09.00.- Italija, znanstveni posjet  
03.09.00.-07.09.00.- Mađarska, predavanje  
22.09.00.-26.09.00.- Italija, znanstveni posjet  
09.10.00.-03.11.00.- Njemačka, studijski boravak  
13.11.00.-15.12.00.- Njemačka, studijski boravak

# **INSTITUT ZA FIZIKU**

**Prilog godišnjem izvještaju za 2000.**

## **Neki osnovni pokazatelji Instituta za fiziku**

Sadržaj:

- 1) O zaposlenicima Instituta
- 2) Znanstvena i obrazovna aktivnost
- 3) Financijski pokazatelji
- 4) Institutski program

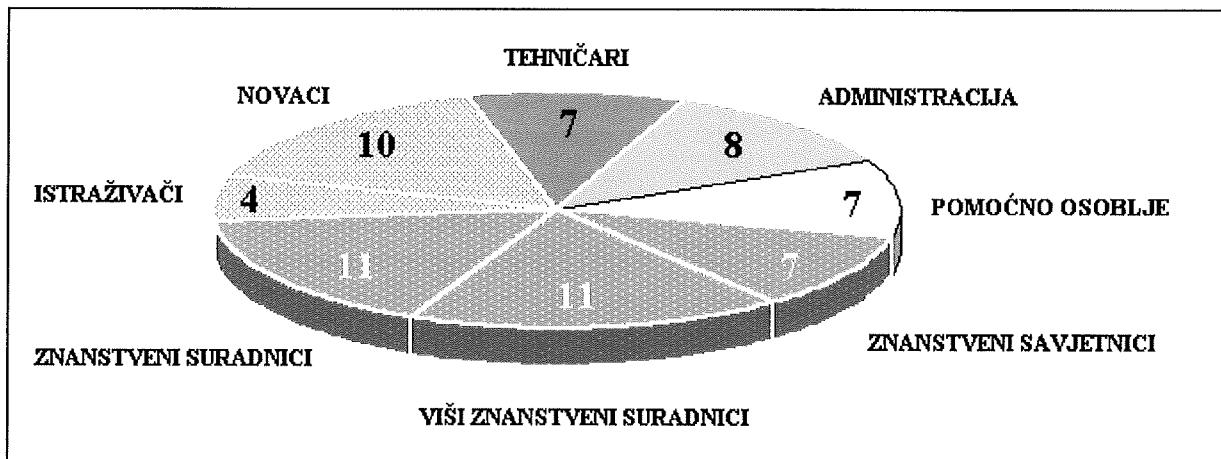
Izvori podataka:

Godišnji radni i financijski izvještaji Instituta za fiziku

**Zagreb, ožujak 2001.**

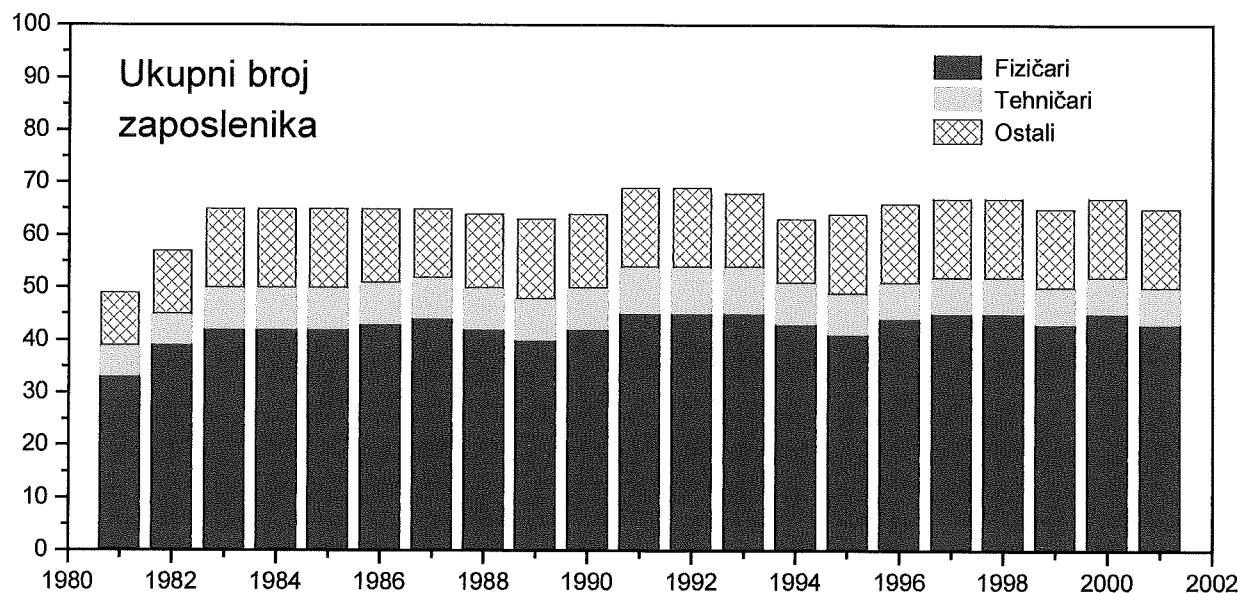
## 1. O zaposlenicima Instituta

U trenutku sastavljanja ovog godišnjeg izvještaja (početak godine 2001.), u Institutu za fiziku bilo je zaposleno 65 djelatnika, čija je strukovna struktura prikazana na sl. 1.1.



Sl. 1.1 Strukovna struktura djelatnika Instituta

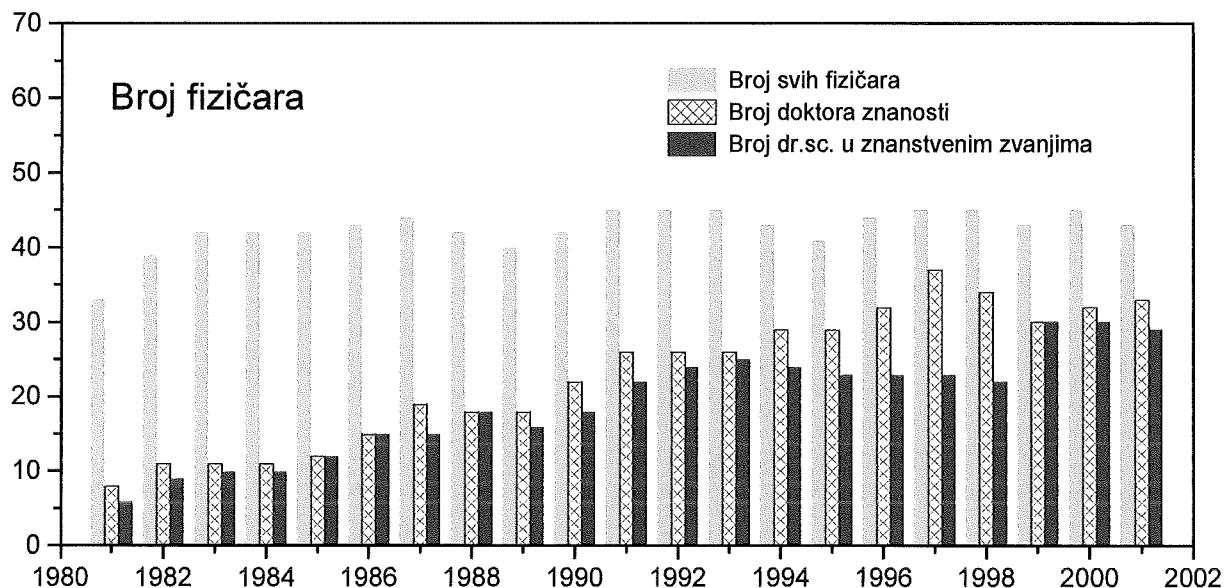
Kretanje broja fizičara, tehničara i ostalih zaposlenika na Institutu za fiziku (do 1993: Institut za fiziku Sveučilišta u Zagrebu) na vremenskoj skali od 1981 do danas, prikazano je na sl. 1.2. Brojke se odnose na stanje početkom svake godine.



Sl. 1.2 Djelatnici Instituta

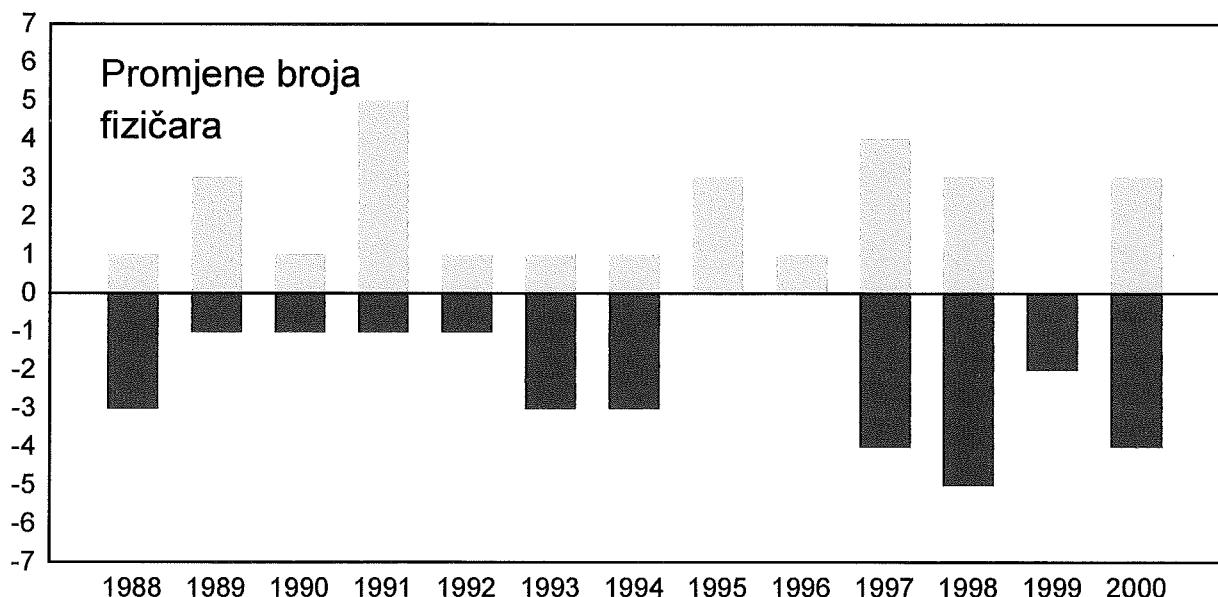
Na sl. 1.3 prikazano je napredovanje fizičara u zvanjima u istom vremenskom razdoblju (1981.-2001.) a brojke se također odnose na stanje početkom godine. Uočljiv je kontinuirani rast broja fizičara koji su postigli stupanj doktora znanosti, pri čemu je sve do 1993. taj rast stalno praćen odgovarajućim brojem fizičara izabralih u neko od znanstvenih zvanja (znanstveni suradnik, viši znanstveni suradnik i znanstveni savjetnik). Od 1993. do 1998. dolazi do vidljivog raskoraka između spomenutih brojeva, što je posljedica stupanja na snagu novog Zakona o znanstvenoistraživačkoj djelatnosti. S jedne strane, navedena primjena nekih odredbi tog zakona s odgodom do 1997. godine, ubrzala je u više konkretnih slučajeva postupke stjecanja

akademskog stupnja doktora znanosti. S druge pak strane, zbog dugotrajnog uvođenja istog zakona bilo je sve do 1999. onemogućeno (na našem Institutu kao i na ostalim institutima) svako napredovanje u znanstvena zvanja (iz statusa istraživača u status znanstvenika) te napredovanje unutar znanstvenih zvanja. Dodatno, istim je zakonom reguliran i *numerus clausus* za radna mesta znanstvenika koji primaju plaću iz državnog proračuna.



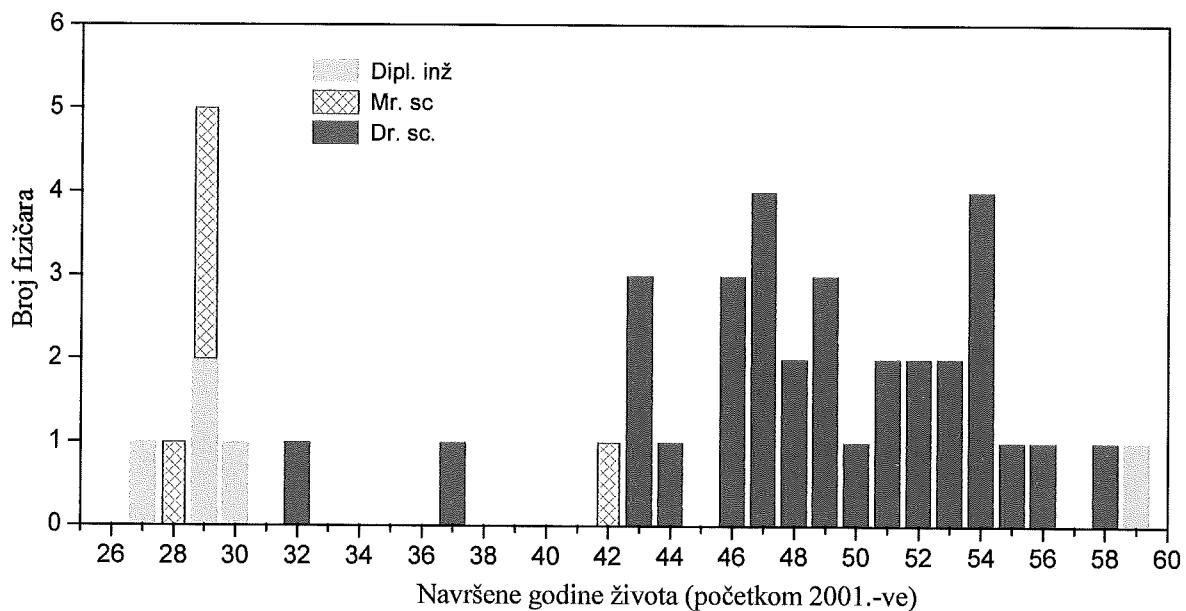
Sl. 1.3 Napredovanje u zvanjima

Ukupni broj fizičara zaposlenih na Institutu je približno konstantan (cca 40) već gotovo dvadeset godina (v. sl 1.1). Međutim, za Institut se može reći da ima relativno veliku protočnost. Primjerice, iz sl. 1.4, koja prikazuje brojeve pridošlih i brojeve otišlih fizičara tijekom svake godine protekle dekade, vidi se da je u tom razdoblju Institut napustilo ukupno 25 suradnika, što je popraćeno dolaskom novih 26.



Sl. 1.4 Fluktuacije broja fizičara

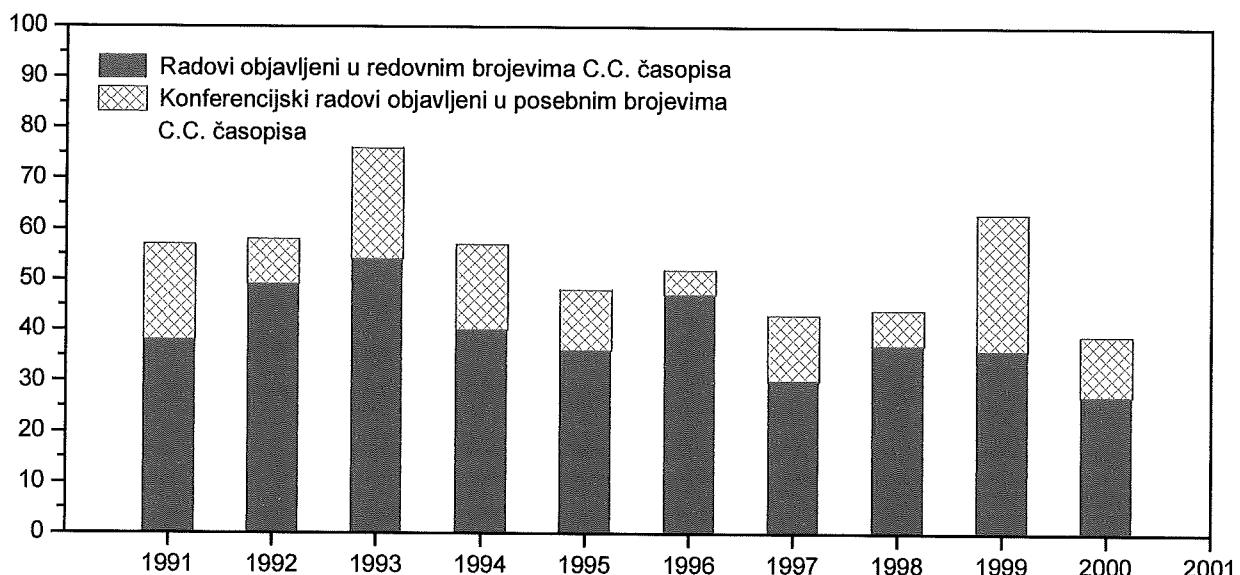
Svojevrsni *curiosum* Instituta za fiziku je generacijska zbijenost doktora znanosti, čija je dob otprilike  $50 \pm 5$  godina. Raspodjela akademskih stupnjeva po navršenim godinama života fizičara (početkom 2001.) dana je na **sl. 1.5.**



**Sl. 1.5 Raspodjela akademskih stupnjeva po dobi fizičara**

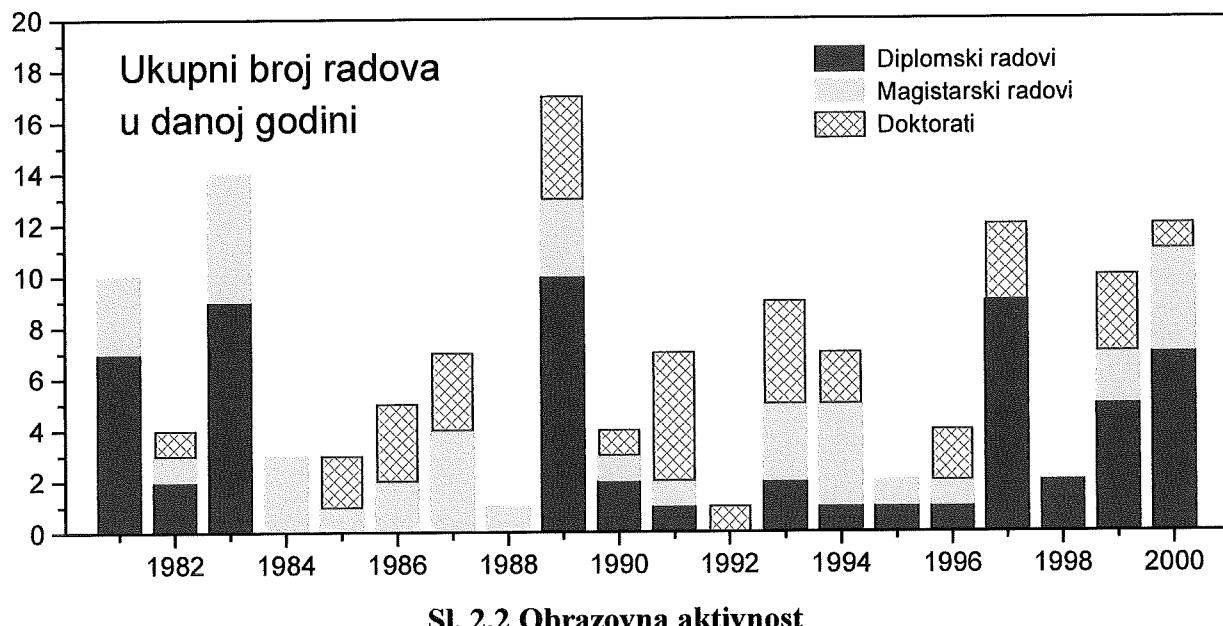
## 2. Znanstvena i obrazovna aktivnost

Na **sl. 2.1** prikazan je broj objavljenih radova što su ih fizičari Instituta za fiziku objavili u časopisima navedenim u Current Contents (u dalnjem tekstu: C.C.-časopisi) u posljednjih deset godina. Radovi u CC.-časopisima razvrstani su u dvije osnovne skupine: radovi u redovnim brojevima C.C. časopisa (INSPEC: Journal papers) i konferencijski radovi (INSPEC: Conference papers) objavljeni u posebnim brojevima C.C. časopisa (special issues, Conference Proceedings).



**Sl. 2.1 Radovi objavljeni u časopisima citiranim u C.C.**

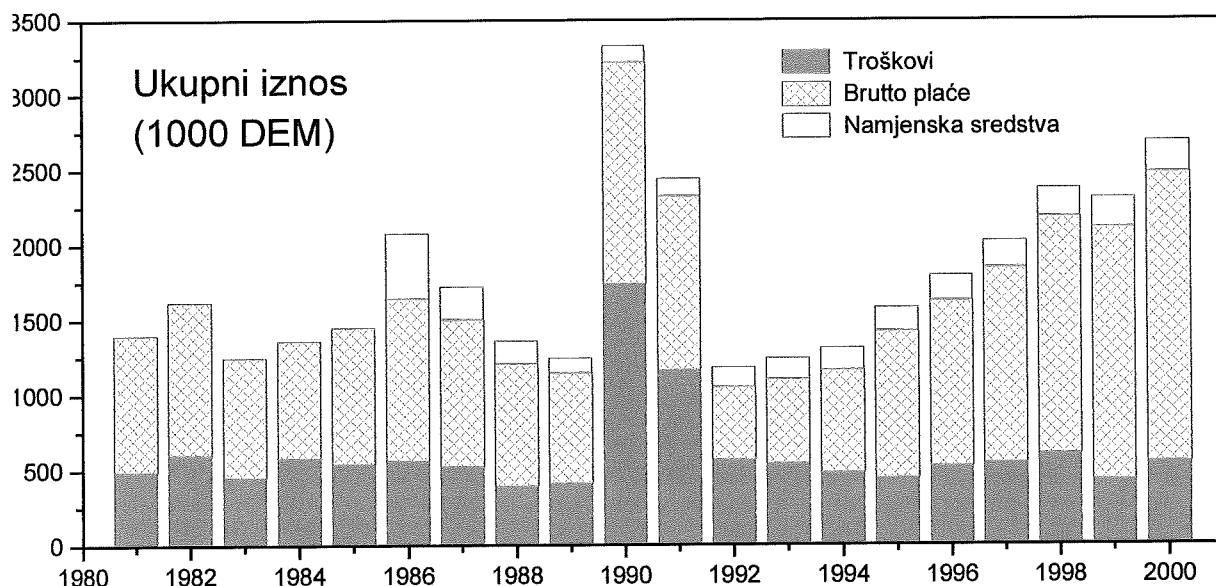
Znanstvenoistraživački rad na Institutu za fiziku prati i odgovarajuća obrazovna aktivnost. Na slici 2.2 prikazani su brojevi diplomskih, magistarskih i doktorskih radova koji su izradjeni na Institutu za fiziku u razdoblju 1981. - 2000.



Sl. 2.2 Obrazovna aktivnost

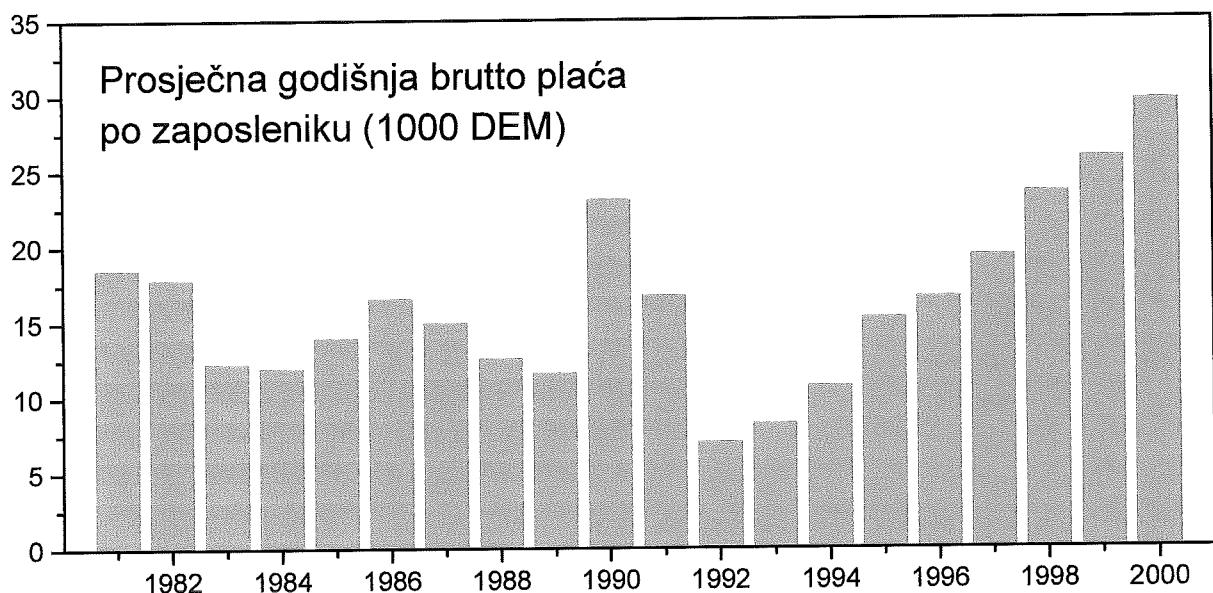
### 3. Financijski pokazatelji

Temeljni finansijski pokazatelji poslovanja Instituta za fiziku prikazani su na sl. 3.1. Ukupni godišnji iznosi za brutto plaće zaposlenika te za sve ostale troškove dani su u DEM. Za godine stalne (veće ili manje) inflacije (1981. – 1994.) utrošeni iznosi u važećim domaćim sredstvima plaćanja preračunavani su za svako tromjeseče ili polugodište prema srednjem tromjesečnom odnosno polugodišnjem tečaju. Stoga ove podatke treba uzimati samo kao okvirne pokazatelje. Namjenska sredstva odnose se na nabavku časopisa i do godine 2000.-te nisu ulazila u računovodstveni prihod.



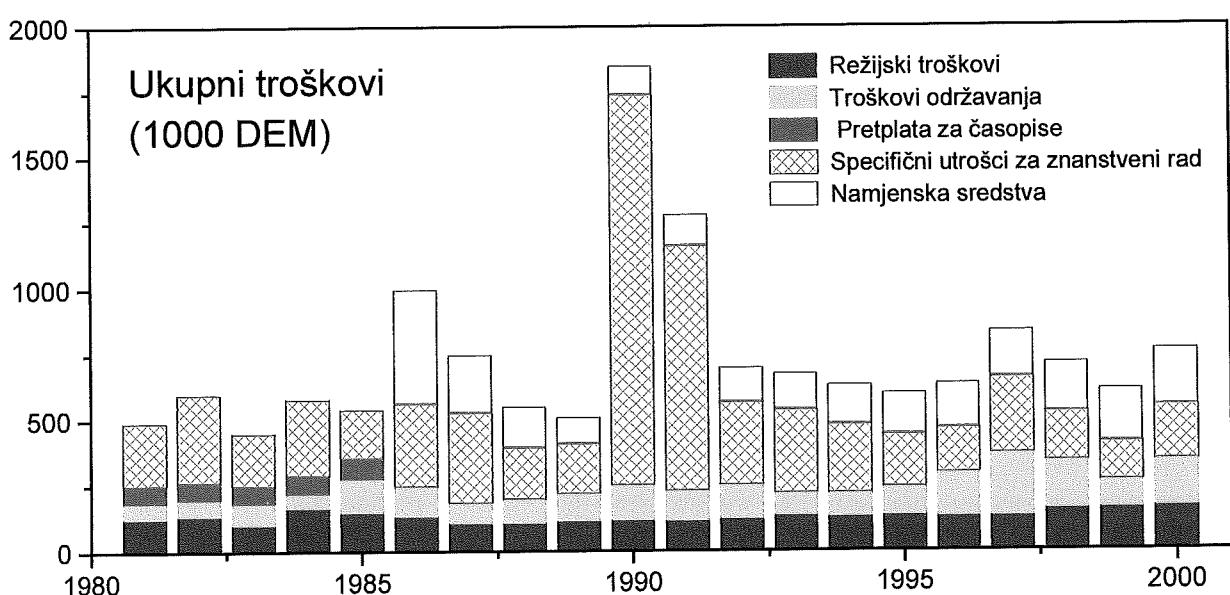
Sl. 3.1 Godišnji prihod Instituta

Na sl. 3.2 prikazano je kretanje prosječne brutto plaće po zaposleniku.



Sl. 3.2 Prosječna godišnja brutto plaća po zaposleniku

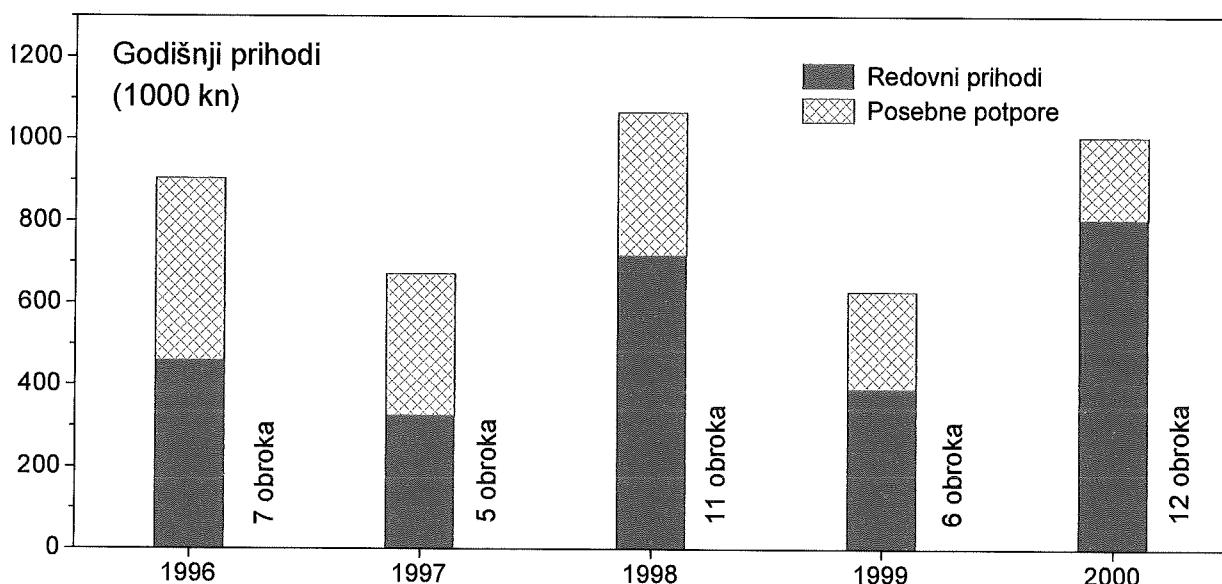
Osnovna struktura materijalnih troškova dana je na sl. 3.3. Troškovi su podijeljeni na režijske troškove (grijanje, električna energija, vodoopskrba, telekomunikacijske usluge), troškove održavanja institutske infrastrukture zajedno s ostalim općim troškovima te specifične troškove za znanstveni rad. Uz to, za razdoblje do 1991. istaknuti su zasebno i iznosi utrošeni za pretplatu na časopise institutske biblioteke. Od 1992. pretplata na časopise obavlja Ministarstvo znanosti i tehnologije, tako da odgovarajući iznosi ne ulaze u institutski račun prihoda i izdataka. Od 2000. pretplata na časopise ponovno ulazi u računovodstveni prihod. Pod specifičnim utrošcima za znanstveni rad podrazumijevaju se sredstva koja su bila izravno na raspolaganju istraživačkim skupinama.



Sl. 3.3 Struktura troškova

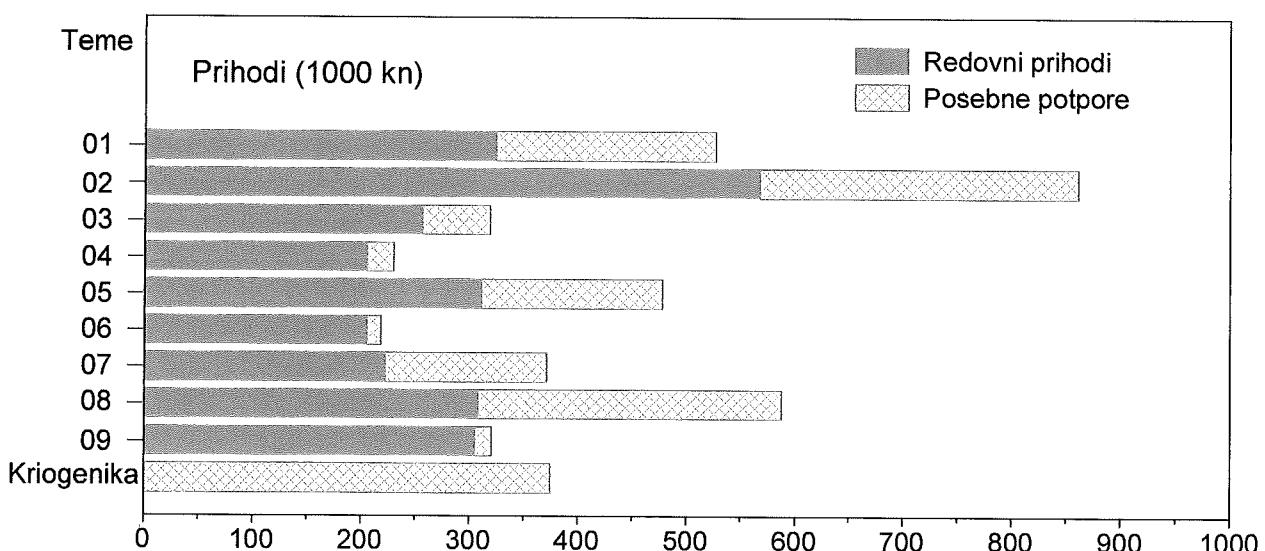
#### 4. O programu Instituta

U okviru programa trajne istraživačke djelatnosti (šifra: 003501), članovi istraživačkih skupina radili su na devet tema (šifre: 00350101 do 00350109). Godišnji prihodi od Ministarstva za rad na programu u razdoblju od studenog 1996. do prosinca 2000.-te dani su na **sl. 4.1**. Uz sredstva po ugovoru, koja su trebala biti isplaćivana u ukupno 50 mjesecnih obroka, za rad na programu primane su i posebne potpore (za opremu, za putovanja, za inozemne projekte i dr.).



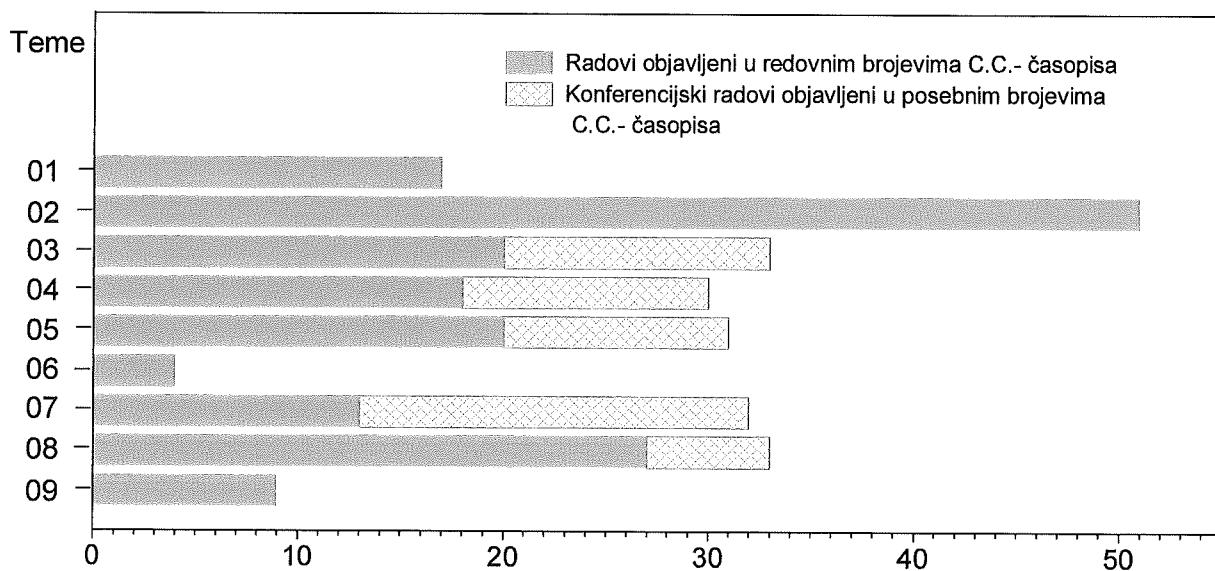
Sl. 4.1 Godišnji prihodi od MZT za rad na programu 003501

Na **sl. 4.2** prikazana su ukupna sredstva kojima su pojedine istraživačke skupine autonomno raspolagale tijekom trajanja programa. Posebna potpora Ministarstva bila je namijenjena funkcioniranju kriogenog postrojenja, nužnog za rad na temama 03, 04, 06 i 07 te za znanstvenoistraživački rad kolega iz drugih ustanova.



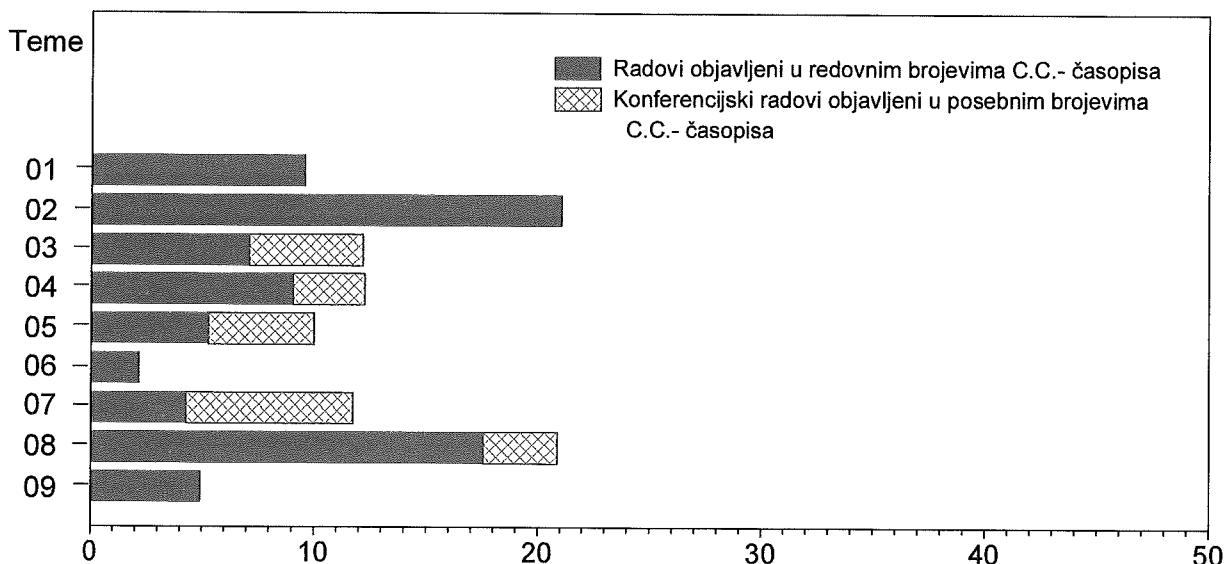
Sl. 4.2 Prihodi od MZT po temama na programu 003501 u razdoblju 1996. - 2000.

Na kraju ovog Priloga dana je jedna količinska analiza rezultata istraživanja na programu 003501. Za svaku istraživačku skupinu pobrojani su samo radovi objavljeni u C.C.-časopisima tijekom razdoblja 1996.-2000. Jedini iskorak u smjeru razlikovanja, uvjetno rečeno, kakvoće radova, učinjen je podjelom na radove u redovnim (INSPEC: Journal Paper) i posebnim (INSPEC: Conference Paper) brojevima C.C.-časopisa a rezultati su prikazani na sl. 4.3.



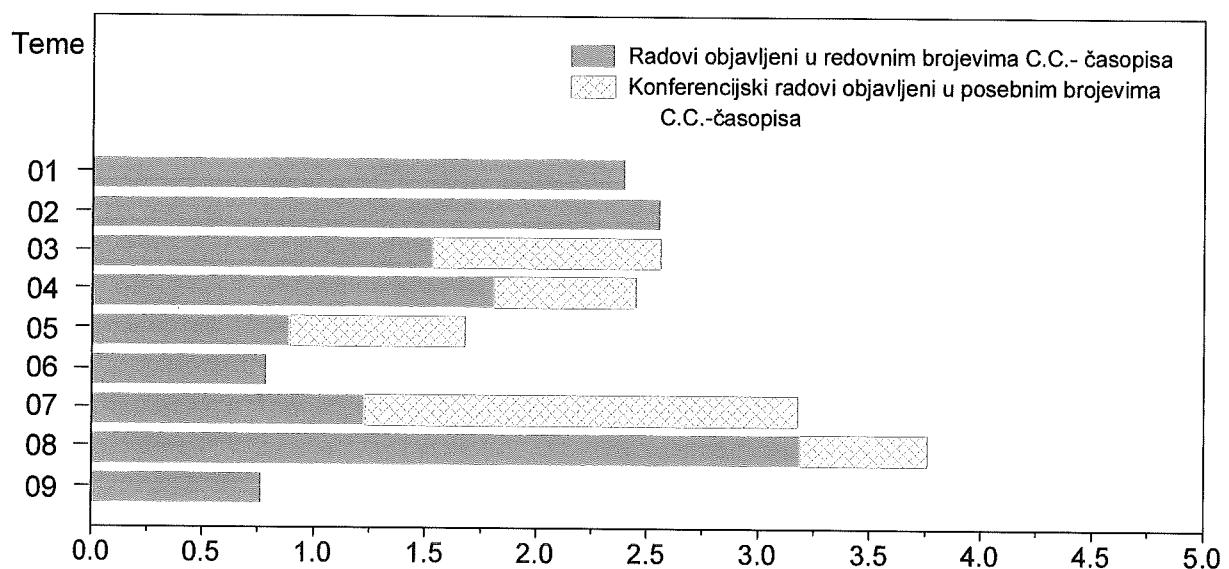
**Sl. 4.3 Radovi objavljeni u časopisima citiranim u C.C. u razdoblju 1996. -2000.**

Na sl. 4.4 prikazan je jedan scientometrijski postupak kojim se uzima u obzir tzv parcijalno autorstvo. Za svaki rad i objavljen unutar jedne istraživačke skupine, definiran je omjer  $E_i = (n / m)_i$ , pri čemu je **n** broj autora iz dane skupine, a **m** broj svih autora na danom članku. Zbroj svih  $E_i$  za pojedinu skupinu u danom razdoblju nazvan je efektivnim brojem radova. Ovim načinom poništava se umnažanje institutskih radova u slučaju kada se radi o publikacijama čiji su autori iz dviju ili više skupina. Nadalje, usporedba efektivnog broja radova (sl. 4.4) i jednostavnog zbroja svih radova na danoj temi (sl. 4.3) ukazuje na opseg suradnje sa drugim (tuzemnim i inozemnim) ustanovama.



**Sl. 4.4 Efektivni broj radova u razdoblju 1996. - 2000.**

Na slici **sl. 4.5** dani su rezultati dalnjeg scientometrijskog postupka, kojime se uzima u obzir brojnost istraživačkih skupina. Budući da je iz godine u godinu postojala izvjesna fluktuacija fizičara, efektivni broj radova u danoj godini podijeljen je sa tada aktualnim brojem fizičara svake skupine te potom zbrojen za sve promatrane godine.



**Sl. 4.5 Efektivni broj radova po fizičaru u razdoblju 1996. - 2000.**

Poput mnogih scientometrijskih postupaka, tako i ovdje prikazani ne mogu poslužiti za donošenje definitivne ocjene uspješnosti, već samo predstavljaju određeni pokušaj doprinosa u tom smjeru.