

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/1067

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0099
Naslov programa	Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur
Vodja programa	7110 Slobodan Žumer
Obseg raziskovalnih ur	76.500
Cenovni razred	D
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	106 Institut "Jožef Stefan" 1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskovalni program smo uspešno realizirali v skladu z načrtanimi smernicami. Rezultate raziskav smo predstavili v 146 člankih v relevantnih mednarodnih znanstvenih revijah (Science, Physical Review Letters, Advanced Materials...), 20 člankov v mednarodnih konferenčnih zbornikih in 18 poglavjih v knjigah pri mednarodni založbi. Aplikativne rezultate smo zaščitili s 5 evropskimi patenti. V 5 letnem programskem obdobju je skupina pridobila 2500 čistih citatov. V nadaljevanju dosežke raziskav predstavljamo v 9 sklopih, kot smo si jih zastavili v programu.

1. 2D koloidne strukture: Uspeli smo narediti dipolne in kvadrupolne nematske koloidne kristale, ki nastanejo s pomočjo topoloških defektov. Odkrili smo tudi nematske koloidne strukture, ki jih povezujejo disklinacijske linije in so zato zelo robustne. Del teh dosežkov smo objavili v Science 2006.

Dosežki so rezultat uspešne povezave eksperimentalnega dela z laserskimi pincetami in modeliranja z učinkovitim računalniškim programom za minimizacijo Landau - de Gennesove proste energije koloidnih nematskih disperzij. S to raziskavo smo postavili temelj za gradnjo kompleksnih fotonih koloidnih struktur in mogoče celo metamaterialov. (Objave: 1 Science, 4 PRL, 2 PRE, 1 EPJE...). V raziskave smo vključili tudi fazne prehode v 2D koloidnih mrežah z več delci na mrežni točki. (Objave: 1 PRL, 1 PRE)

2. Koloidni delci na prostostoječih TK filmih: Razložili smo posebne vzorce, ki jih ustvarjajo koloidni delci na površini prostostojećih smektičnih filmov. Razvili smo metodo, s katero trdno površino, na kateri je zaporedje vdolbin napolnjenih s tekočim kristalom, uporabimo kot optični senzor za detekcijo sidranja na prosti nematski površini. Naše modeliranje nematskih struktur je teklo v tesnem sodelovanju s skupino na Brown University, kjer so senzorje razvili. (Objave: 1 EPJE in 1APL).

3. Strukturne sile: Lasersko zajetje koloidnih delcev z nizkim lomnim kvocientom v nematskem tekočem kristalu smo uporabili kot orodje za gradnjo koloidnih struktur. Postopek je osnovan na zajetju koloidnih delcev skupaj z nematskim ovojem, v katerem je nematski red deformiran. V tem področju je povečan efektivni lomni kvocient, kar omogoča lasersko zajetje.

Eksperimentalni rezultati se popolnoma ujemajo z napovedmi fenomenološkega opisa. (Objave: PRL, EPJE, PRE) Del raziskav smo namenili strukturnim silam v tankih smektičnih filmih, pri čemer smo kritično analizirali pomen pozicijsko-orientacijske sklopitve fluktuacij v smektični fazi A za Casimirjevo silo. (1 EPJE, 1 PRE)

4. TK elastomeri: V sodelovanju z NMR skupino in profesorjem Finkelmannom iz Freiburga smo študirali nematsko ureditev homogeno urejenega tekočerkristalnega elastomera (TKE). Za ta material je značilna šibka domenska struktura. V okolici prehoda med izotropno in nematsko fazo je obnašanje parametra urejenosti v posameznih domenah precej različno, saj varira od nezveznega do nadkritičnega. Uspeli smo pokazati, da lahko efektivno kritično obnašanje (povprečje preko domen) take snovi kontroliramo tako z gostoto mest, ki vežejo polimerne verige, kot tudi z dodajanjem tekočerkristalnega topila.

Z reprocesiranjem TKE materialov z ogljikovimi nanodelci smo uspešno vpeljali elektroaktualizacijo TKE. V vzorec TKE integrirana prevodna plast nanodelcev je omogočila 50-milisekundno aktualizacijo, ki temelji na Joule-ovem segrevanju. (Objave: 2 PRL, 1 APL, 2 Nanotechnology). Poleg tega smo razvili družino mrežnih modelov TKE. Rezultate simulacij Monte Carlo smo uporabili za napoved kalorimetričnih podatkov in magnetnoresonančnih (NMR) spektrov. Opazili smo pod/nadkritičen prehod iz izotropne v nematsko fazo, ki ga povzroči elastična deformacija, pa tudi steklaste faze. Potrdili smo obstoj strižne deformacije v plasti, izpostavljeni normalnemu električnemu polju. (Objave: 1 CPLett., 2 EPJE).

5.a Defektne strukture: Teoretično smo raziskali strukturo, anihilacijsko dinamiko in rast domen v nematskih in smektičnih A tekočih kristalih (TK). Mezokopsko Landau-de Gennesovo teorijo smo delno sklopili s hidrodinamiko, polmikroskopsko prilagojeno brownovsko molekularno dinamiko Lebwohl-Lasherjevega sistema (v nematiku) in mezokopskim Ginzburg-Landauovim fenomenološkim pristopom (v smektiku). Razrešili smo problem nestabilnosti in fluktuacij nematskih disklinacijskih linij, njihovo hidrodinamično parsko anihilacijo (v sodelovanju s skupino iz Montpellierja), dinamični problem Freederickszove stene/disklinacijske meje (s skupino iz Bayreutha), ter problem Lehmannovega vrtenja v kiralnih TK monoplasteh (s skupinama iz Bayreutha in z MPIP Mainz). Nadalje smo podrobno preračunali strukturo jedra nematske točkovne, linijske, in smektične robne dislokacije in simulirali izvrženje nematskega linijskega defekta v hibridni celici, ki ga povzroči zunanje polje. Pokaže se, da prisotnost defekta dramatično spremeni pogoje blizu praga. V nematiku smo preučevali anihilacijo para točkastih defektov v valjasti cevki, v smektiku A pa anihilacijo para robnih dislokacij. Prvi smo obravnavali ves anihilacijski režim (tudi pred in po »trku«). Pokazali smo, da je v obeh primerih opaziti podobne univerzalne značilnosti. V nematski fazi smo prvi preučili strukturni prehod, ki ga povzroči trk defektov. Prav tako smo obravnavali dinamiko nematskih domen v ograjenih vzorcih po nenadnem prehodu iz izotropne v nematsko fazo. Iz naših simulacij sledijo skalirni koeficienti rasti, ki so blizu tistim iz primerljivih eksperimentov. (Objave: 2 PRL, 5 PRE, 2 EPJE).

5.b Nered in fazno obnašanje: Pri študiju dinamike nanoograjjenih TK s pomočjo NMR spinske relaksacije smo upoštevali molekularno izmenjavo med mesti z različno stopnjo orientacijske urejenosti, pa tudi rotacijo molekul zaradi translacijske difuzije v urejeni površinski plasti. Meritve kažejo na obstoj naključnega planarnega orientacijskega reda v paranematski fazi, čigar korelacijska dolžina je pod 10 nm. Ustrezna vrednost v nematski fazi je ca. 60 nm, kar je toliko kot dolžina steklastih por. To dejstvo je podkrepilo model neodvisnih por in je zavrglo prejšnje privzetke, da se korelacije raztezajo preko mikrometrskih razdalj. Nedavno smo začeli tudi z raziskavami TK dendrimerov v sodelovanju s TU v Lizboni in Univerzo v Hullu. Obravnavali smo nov organosilokساني tetrapod s polarnimi terminalnimi skupinami. Z NMR relaksometrijo in uklonom rentgenskih žarkov smo pokazali, da pride do mikrosegregacije izotropnih dendritskih delov in anizotropnih mezogenov, kar privede do tvorbe dvoplastnih smektičnih A in C struktur. Protonska NMR relaksometrija je razkrila 3 rotacijske načine, povezane z neodvisnimi gibanji dendrimernih vej, in znatne undulacije v mezogenih plasteh, ki so močnejše kot v navadnih smektičnih fazah. Nadalje smo teoretično preučili vpliv nereda na obnašanje nematske in smektične A faze. Fazna separacija v zmesi TK molekul in nečistoč povzroči nastanek naključnega polja v sistemu. Pokazali smo, da urejanje močno vzpodbuja fazno separacijo, nered pa jo zavira. Našli smo tudi nov univerzalni mehanizem, kako nered naključnih polj odpravi zvezne in nezvezne fazne prehode v sistemih s prehodom, ki zlomi zvezno simetrijo. (Objave: 1 PRL, 9 PRE, 2 EPJE, 2 JCP.)

6. Novi visokokontrastni širokokotni svetlobni modulatorji: Aplikativne raziskave na področju TK svetlobnih modulatorjev na IJS so se razmahnile pred nekaj leti v okviru NATOvega projekta »Eye protection«. V tem obdobju so bile narejene široke študije prehoda svetlobe skozi tanke plasti urejenih nematskih TK, skupaj z zahtevno računalniško programsko opremo za modeliranje po Berremanovi metodi in predstavitvijo na Poincaréjevi krogli. Razvili smo nov način delovanja TK zaslonk, skupaj z izvirnim postopkom izdelave polimernih plasti z negativno dvolomnostjo na plošči »c«, ki omogoča kotno kompenzacijo prepuščene svetlobe v optično zaprtem stanju. Nove tehnološke rešitve so bile zaščitene s 3 patenti v EU in ZDA,

objavljene v reviji Appl. Optics ter predstavljene na vabljenem predavanju v Bangkoku (2006). Omenjene rešitve omogočajo najboljšo zaščito oči, ki je bila uspešno prenešena k industrijskim partnerjem (Varitronix, Hong Kong, in Balder d.o.o., Ljubljana). Poleg tega je bila razvita nova krmilna shema za TK zaslonke, ki minimizira asimetrijo ionske adsorpcije v robnih plasteh zaslonk in s tem občutno zmanjšuje pojav rezidualne enosmerne napetosti, ki je vzrok spominskim pojavom v TK zaslonih. Za bistabilne sisteme smo razvili polimerno stabilizirane TK celice. Pokazali smo, da urejena polimerna mreža, vgrajena v urejene tanke plasti feroelektričnih TK, poveča napetost molekulskega preklopa med bistabilnima stanjema, kar je posledica zmanjšane interakcije med sosednjima plastema. Povišan preklopni prag nadalje omogoča povečanje optičnega kontrasta v primeru multipleksnega krmiljenja. Da bi omogočili neposredne študije polimernih mrež s konfokalno mikroskopijo, smo dodatno razvili poseben laboratorijski postopek. (Objave: 2 J. Appl. Phys., 1 Displays, 1 SPIE, 3 evropski in ZDA patenti).

7. Molekularni motorji: Raziskali smo delovanje motornega proteina miozina V. Razvili smo model motorja z elastično ročico, ki razloži koordinirano delovanje obeh glavic motorja ter njegove mehanske lastnosti. Nadalje smo proučili vpliv fluktuacij v aktinskem filamentu na velikost koraka, s katerim se motor premika. Raziskali smo tudi interakcijo miozina V z razvejanimi aktinskimi mrežami, ki nastanejo okrog kompleksa Arp2/3. Napovedana dinamika motorja se dobro ujema z nedavnimi eksperimentalnimi rezultati. Raziskali smo tudi mehanizme oscilacij, ki jih poganjajo molekularni motorji. Kot poseben primer smo študirali pojav otoakustičnih emisij v ušesu nižjih vretenčarjev. Pokazali smo, da model verige aktivnih oscilatorjev lahko razloži nastanek diskretnih vrhov v emisijskem spektru ter njihov odziv na zunanje zvočno valovanje. Del raziskav smo namenili aktivnim sistemom, ki jih poganjajo molekularni motorji. Razvili smo enostaven model, ki je omogočil študij hidrodinamske sklopitve na delovanje bioloških migetalk. Pokazali smo, da hidrodinamska sklopitev lahko privede do sinhronizacije migetalk in nastanka faznih valov, kakršne opažamo pri mikroorganizmih in v dihalnih epitelijih. Ugotovitve smo uporabili tudi pri konstrukciji biomimetskih mikrofluidnih črpalk, sestavljenih iz magnetnih koloidnih delcev (v sodelovanju s Skupino za eksperimentalno fiziko mehkih snovi na Oddelku za fiziko UL). (Objave: 2 Biophys. J., 1 PRL, 1 J. Phys., 1 JCI)

8. Anorganske nanocevk: Raziskovanje organskih nanocevk in hibridnih materialov, vključno z organskimi in anorganskimi fulereni, je bilo izvedeno v dveh delih: a) sinteza MoS_2 in WS_2 nanocevk z neposredno transportno reakcijo ali s sulfurizacijo predhodniških kristalov, b) študija njihovih strukturnih, površinskih in električnih lastnosti. Dokazali smo visoko termično stabilnost nanocevk v inertni atmosferi. V sistemu $\text{MoS}_2\text{-C}_{60}$ smo pripravili nove plastovite materiale z lastnostmi, ki obetajo uporabo v sončnih celicah in absorberjih mikrovalov. Pripravili smo NbO_x nanocevk in pokazali, da jih je moč uporabiti kot vir elektronov v napravah s poljsko emisijo. Določili smo strukturo nanomaterialov iz družine $\text{Li}(\text{Fe,Mn})\text{PO}_4/\text{C}$ in pojasnili njihove elektrokemijske lastnosti. Sintetizirali smo fazo enorazsežnih kristalov W_5O_{14} , za katere je znano, da le stežka obstajajo dlje kot nekaj desetletij. Uporabili smo jih kot predhodnike v sintezi WS_2 nanocevk in krogelnih anorganskih fulerenov WS_2 . Tako smo pripravili prve anorganske "nanobrste", kjer so fulereni pritrjeni na zunanjo površino nanocevk. Nadalje nam je uspela sinteza prvih anorganskih "strokov", imenovanih "mama"-cevke, kjer so fulereni ujeti v notranjosti MoS_2 nanocevk. Obe vrsti teh hibridnih materialov predstavljata nasploh prve kompleksne strukture, ki temeljijo na anorganskih nanocevkah. Prve raziskave teh materialov in njihovih kompozitov s polimeri in elastomeri so v teku, prav tako fotovoltaika in tribologija. V sodelovanju z ostalimi programskimi skupinami smo pripravili tri slovenske patentne prijave in prejeli dva evropska patenta. Delo na področju zaznavanja nanodelcev v zraku je omogočilo razvoj novih detekcijskih metod. Zgradili smo prototip detektorja v sodelovanju s podjetjem Cosylab d.d.; patentna prijava je v pripravi. [Objave: 5 Advanced Materials, 4 Nanotechnology, 3 Appl. Phys. Lett., 1 Nano Letters, 1 PRL, 1 PRB, 1 Current Opinion, 1 Solid State Physics; 2 poglavji v knjigi: »Dekker encyclopedia of nanoscience and nanotechnology« (M. Dekker) in »Horizons in world physics« (Nova Science Publishers).]

9. Sinteza urejenih površinskih nanostruktur: Razvili in zgradili smo nizekotemperaturni tunelski vrstični mikroskop (STM) ter pokazali, da lahko z inštrumentom manipuliramo posamezne atome in molekule, pa tudi opravljamo tunelsko spektroskopijo pri nizkih temperaturah (5-9 K). To je edini tovrstni inštrument v Sloveniji in eden od maloštevilnih na svetu. Za študij transportnih lastnosti nanostruktur in Kondovega pojava smo v preteklih letih razvili dva paketa programske opreme. Paket "SNEG" omogoča račune v okviru druge kvantizacije, paket "NRG Ljubljana" pa predstavlja prilagodljivo in učinkovito implementacijo tehnike numerične renormalizacijske grupe. Obe orodji smo uporabili za študij nečistoč (kvantnih pik), kar je pripeljalo do končnih odgovorov na številna odprta vprašanja, kjer so bili

drugi pristopi neučinkoviti. (Objave: 1 PRL, 6 PRB, 2 drugo).

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Realizirani so vsi cilji.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

N/A

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

		Znanstveni rezultat	
1.	Naslov	SLO	Topološko vezane nematske koloidne superstrukture
		ANG	Topologically bonded nematic colloidal structures
	Opis	SLO	Prvi na svetu smo pokazali na obstoj stabilnih 2D koloidnih kristalov v nematskem tekočem kristalu. Obstajata dve stabilni vrsti, ki jih vežejo topološki defekti v urejenosti tekočega kristala, kvadrupolarni in dipolarni tip imata značilne vezavne energije reda tisoč kT na mikronski delec. Odkritje je prvi večji preboj na področju nematskih koloidov po njihovem odkritju v letu 1997 in pomeni konceptualno nov pristop v znanosti koloidov nasploh. Ta pristop ponuja možnosti izdelave stabilnih fotonskih kristalov, ki so predmet intenzivnih raziskav številnih vrhunskih laboratorijev po svetu.
		ANG	We were the first to demonstrate that stable 2D nematic colloidal crystals can exist. There are two crystal types, quadrupolar and dipolar, with characteristic binding energies of the order of 1000 kT per micron-sized particle. This is the first major breakthrough in the field after the discovery of nematic colloids in 1997, representing a conceptually new approach to colloidal science. This approach offers a promising route towards stable photonic crystals, which is a subject of intensive research in many top research laboratories all over the world.
	Objavljeno v	I. Muševič, M. Škarabot, U. Tkalec, M. Ravnik, S. Žumer, "Two-dimensional nematic colloidal crystals self-assembled by topological defects", Science (Wash. D.C.) 313, 954 (2006)	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	1929572	
2.	Naslov	SLO	Anorganske nanocevke
		ANG	Inorganic nanotubes
	Opis	SLO	Naša skupina z Weizmannovim inštitutom v Izraelu že več let deli vodilno vlogo v strukturnih raziskavah novih anorganskih nanocevok; pri tem uporabljane sintezne poti so si komplementarne. Preučevali smo njihovo samoorganizacijo, razložili mehanizme rasti, spremenili njihovo kiralnost, stabilizirali nove spojine, ki obstajajo le v cilindrični geometriji itd. V zadnjem času smo uspeli sintetizirati prve anorganske "stroke", imenovane "mama"-cevke, kjer so v MoS2 nanocevke vloženi fulereni, in prve anorganske "nanobrste", kjer so WS2 fulereni pritrjeni na zunanjo površino WS2 nanocevok.
		ANG	Our group, together with the Weizmann Institute in Israel, has played a leading role in structural studies of novel inorganic nanotubes for years, using complementary synthesis pathways. We have studied nanotube self-organization, explained growth mechanisms, changed their chirality, stabilized new compounds in cylindrical geometry etc. Recently, we have synthesized the first inorganic peapods (mama-tubes), with fullerenes embedded into MoS2 nanotubes, and the first inorganic nanobuds, where the WS2 fullerenes are attached to the outer WS2 nanotube surface.
	Objavljeno v	M. Remškar, "Inorganic nanotubes", Adv. mater. (Weinh.) 16, 1497 (2004)	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

	COBISS.SI-ID	18641447	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Gruče kvantnih pik	
		<i>ANG</i> Quantum dot clusters	
	Opis	<i>SLO</i>	Razvili smo programska paketa za študij transportnih lastnosti nanostruktur in Kondovega pojava: SNEG za račune v okviru druge kvantizacije in "NRG Ljubljana" temelječ na numerični renormalizacijski grupi. Kot prvi pokazali, da je obnašanje sistema treh kvantnih pik analogno obnašanju dvokanalnega Kondovega modela. Tovrstni nefermijeovski sistemi so zanimivi, ker so efektivno sestavljeni iz "delcev", ki so bistveno drugačni od elementarnih fizikalnih delcev, elektronov. Kot prvi smo pokazali, kako najti omenjena elektronska stanja z meritvijo temperaturne odvisnosti transportnih lastnosti.
		<i>ANG</i>	We have developed two software packages for nanostructure transport property and Kondo effect studies: SNEG and NRG Ljubljana, based on the 2nd quantization and numeric renormalization group, respectively. We were the first to point out the analogy between a three-quantum dot system and the two-channel Kondo model. Such non-Fermian systems are interesting because they consist of "particles" that are different from electrons that are elementary particles. We were also the first to show how to find the corresponding electron states by measuring temperature dependences of transport properties.
	Objavljeno v	Žitko, J. Bonča, "Fermi-liquid versus non-Fermi-liquid behavior in triple quantum dots", Phys. Rev. Lett. 98, 047203 (2007).	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	1968996	
4.	Naslov	<i>SLO</i> Lasersko zajetje v nematskih koloidnih disperzijah	
		<i>ANG</i> Laser trapping in colloidal nematic dispersions	
	Opis	<i>SLO</i>	Manipulacija koloidnih delcev v nematskem tekočem kristalu z zunanjo svetlobo ima kompleksen fizikalni značaj zaradi orientacijskega reda dolgega dosega in anizotropije tekočega kristala, kar se kaže v tem, da lahko manipuliramo delce, ki imajo nižji lomni količnik kot tekoči kristal. Interakcija svetlobe in nematskih koloidov je posledica deformacije nematskega polja, ki ima izredno dolg doseg. Obstajata dva režima optičnega manipuliranja nematskih koloidov, pomembna pod in nad optičnim Freederickszovim prehodom.
		<i>ANG</i>	External light manipulation of colloidal particles in a nematic liquid crystal is highly non-trivial due to long-range orientational order and liquid crystal anisotropy. It is possible to manipulate particles with a refraction index lower than that of liquid crystal. The interaction between light and nematic colloids results from the nematic field deformation that is extremely long-ranged. There are two optical manipulation regimes, relevant below and above the optical Freedericksz transition.
	Objavljeno v	I. Muševič, M. Škarabot, D. Babič, N. Osterman, I. Poberaj, V. Nazarenko, A. Nych, "Laser trapping of small colloidal particles in a nematic liquid crystal: clouds and ghosts", Phys. Rev. Lett. 93, 187801 (2004).	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	18602791	
5.	Naslov	<i>SLO</i> Razvoj modela elastične ročice za miozin	
		<i>ANG</i> Elastic lever-arm model for myosin	
	Opis	<i>SLO</i>	Razvili smo prvi usklajen fizikalni model koordinirane gibljivosti dvoglavega proteinskega motorja miozina V. Njegovo mehaniko smo opisali z elastično ročico, sklopljeno z aktivno glavo. Model je v zelo dobrem ujemanju z eksperimentom razrešil kontroveržno neskladje med močno odvisnostjo hitrosti sproščanja ADP od sile v monomernih motorjih in šibko v dimernih. Model je prav tako omogočil napoved razvejitvenega obnašanja molekule miozina V ob srečanju z aktinskim filamentnim razvejiščem, ki se zelo dobro ujema z nedavnimi eksperimentalnimi dognanji.
			We have developed the first consistent model for coordinated motility of two-head protein motor myosin V. Its mechanics is described via an elastic lever-arm, coupled to the active head. The model has resolved, in very good

	ANG	agreement with experiment, a controversial disagreement between the strong and weak ADP release rate vs. force dependences in monomer and dimer motors, respectively. The model also predicts the branching behavior of the myosin V molecule at actin filament branching points. The predictions agree very well with recent experiments.
Objavljeno v		A. Vilfan, "Elastic lever-arm model for myosin V", Biophys. J. 88, 3792 (2005)
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		19011879

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO Modeliranje ograjenih nematikov: od defektov do koloidnih struktur
		ANG Modelling of constrained nematic order: from defects to colloidal structures
Opis	SLO	Na povabilo organizatorja velike internacionalne konference za tekoče kristale smo v okviru plenarnega predavanja predstavili modelske pristope, ki so pomagali pri preboju na področju samoorganizacije koloidnih delcev v nematske superstrukture.
	ANG	Following organizer invitation, our modeling approaches that have lead to a breakthrough in the field of colloidal self-organization into nematic superstructures, were presented in a plenary lecture during a major international conference on liquid crystals.
Šifra		B.04 Vabljen predavanje
Objavljeno v		ŽUMER, Slobodan. Modelling of constrained nematic order : from defects to colloidal structures: [plenary talk at 21st International Liquid Crystal Conference, Keystone, Colorado, July 2-7, 2006]
Tipologija		3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa
COBISS.SI-ID		1929828
2.	Naslov	SLO Nematske pletenice
		ANG Nematic braids
Opis	SLO	Na prestižni gordonski konferenci o tekočih kristalih so bili predstavljeni teorijski pristopi k modeliranju z defekti prepletenih struktur koloidnih delcev v nematskem tekočem kristalu.
	ANG	Theoretical approaches to nematic defect-entangled colloidal structures have been presented at the prestigious Gordon research conference on liquid crystals.
Šifra		B.04 Vabljen predavanje
Objavljeno v		ŽUMER, Slobodan. Nematic braids: colloids entangled by disclinations : [invited talk at Gordon Research Conference on Liquid Crystals, June 10-15, 2007, New London, NH]. 2007.
Tipologija		3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa
COBISS.SI-ID		2008932
3.	Naslov	SLO Optična in električna manipulacija koloidnih delcev v nematikih
		ANG Optic and electric field manipulation of nematic colloids
Opis	SLO	Na plenarnem predavanju na veliki mednarodni konferenci za tekoče kristale smo predstavili svoje delo o manipulacijah koloidov z laserskimi pincetami in samoorganizaciji dvorazsežnih koloidnih kristalov, ki je bilo istočasno sprejeto v objavo v reviji Science.
	ANG	Our work on laser tweezer manipulation of colloids and self-organization of twodimensional colloidal crystals has been presented at a major international conference on liquid crystals, and was accepted for publication in the journal Science journal at that point.
Šifra		B.04 Vabljen predavanje
Objavljeno v		MUŠEVIČ, Igor. Optic and electric field manipulation of nematic colloids : [plenary talk at 21st International Liquid Crystal Conference, Keystone, Colorado, July 2-7, 2006]. 2006.

	Tipologija	3.16	Vabljen predavanje na konferenci brez natisa
	COBISS.SI-ID	1930340	
4.	Naslov	SLO	Širokokotna optična zaslonka
		ANG	Wide-angle optical shutter
	Opis	SLO	Na osnovi raziskav tekočih kristalov nastalo »spin-off« podjetje IJS, Balder d.o.o., ki izdeluje aktivne tekočokristalne optične filtre za osebno zaščito, je v zadnjih štirih letih iz povsem nepomembnega podjetja v Tehnološkem Parku Ljubljana preraslo v opaznega svetovnega proizvajalca avtomatskih LC zaščitnih očal za varilce (10% svetovne proizvodnje 2007). Podjetje je v zadnjih štirih letih skupaj z IJS razvilo nov koncept delovanja tekočokristalnega optičnega preklopnika in tehnologijo kotne kompenzacije tekočokristalnih zaščitnih filtrov (4 podeljeni mednarodni patenti v EU in ZDA).
		ANG	Balder Ltd, a spin-off company from the Jozef Stefan institute (JSI), with its activity based on liquid crystal research, has over the last four years grown into an important producer of active LC protective welding goggles (10% of global production in 2007) and other optical filters. Together with JSI, the company has developed a conceptually new optical shutter, as well as the angular compensation technology for LC protective filters (4 EU and US international patents awarded).
	Šifra	F.32	Mednarodni patent
	Objavljeno v	PIRŠ, Janez, BAŽEC, Matej, PIRŠ, Silvija, VREČKO, Andrej. High contrast, wide viewing angle LCD light-switching element : patent US7420631(B2). New York: United States Patent Office, 09.02.2008.	
	Tipologija	2.24	Patent
	COBISS.SI-ID	19574567	
5.	Naslov	SLO	Optična past za koloidne delce z nizkim lomnim količnikom v nematikih
		ANG	Optical trap for low refractive index colloidal particles in nematics
	Opis	SLO	V okviru vabljenega predavanja na veliki mednarodni optični konferenci smo predstavili uporabo optične pasti pri tvorbi koloidnih superstruktur v nemtski fazi.
		ANG	In an invited lecture at a major international conference on optics we have presented the use of optical traps when colloidal superstructures in the nematic phase are formed.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	MUŠEVIČ, Igor, ŠKARABOT, Miha, RAVNIK, Miha, POBERAJ, Igor, BABIČ, Dušan, OSTERMAN, Natan, NYCH, Andriy, OGNYSTA, U., NAZARENKO, Vassili, ŽUMER, Slobodan. Laser trapping of low refractive index colloidal particles in a nematic liquid crystals. V: KHOO, Iam-Choon (ur.). Liquid crystals X : 13-15 August, 2006, San Diego, California, USA, (Proceedings of SPIE, vol. 6332). Bellingham: SPIE, cop. 2006, 9 str.	
Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
COBISS.SI-ID	20499239		

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Osnovna naloga programske skupine je bila pridobiti nova fizikalna spoznanja o mehkih snoveh, površinah in nanostrukturah in jih povezati v skupnih prizadevanjih pri razvoju novih tehnologij in novih materialov. Raziskave se po svoji vsebini, usmeritvi in aktualnosti povsem enakovredno vključujejo v evropska in svetovna prizadevanja po novih spoznanjih v koloidni znanosti, nanotehnologiji, instrumentni tehnologiji in njihovi aplikaciji. Da mednarodna skupnost res priznava naše dosežke poleg odmevnosti objav kažeta tudi dva dogodka: Podelitev Samsung Mid-Career Award 2008 Igorju Muševiču in izvolitev Slobodana Žumra za predsednika internacionalnega združenja za tekoče kristale za obdobje 2008-12. Posebej pomemben element za uspešnost programske skupine je njen uravnotežen sestav, ki pokriva eksperimentalne raziskave, teorijo z računalniškimi simulacijami in tudi razvoj aplikacij.

Ravno ta sinergija je naša izrazita prednost tudi v mednarodni konkurenci. Kolikor nam je znano, ni drugega laboratorija, kjer bi znali graditi primerljive koloidne superstrukture. Poleg tega je v svetu le nekaj laboratorijev, ki so sposobni manipulacije s posameznimi atomi pri nizkih temperaturah ali sinteze primerljivih anorganskih nanocevk in delcev. Raziskovalni in tehnološki dosežki podrobneje predstavljeni v Poglavjih 2 in 5 dajejo odlično izhodišče za naslednje programsko obdobje. Posebej pričakujemo razvoj nematskih koloidov za optične materiale, materialov za pretvorbe in shranjevanja energije, kot tudi za shranjevanje informacij, kvantno računalništvo ter za identifikacijo in kemijo posameznih molekul.

ANG

The main task of our group was to obtain new knowledge in the field of soft matter, surface, and nanostructure physics, and to apply it in the joint effort to develop new technologies and materials. Comparing its content, novelty, and impact, our research easily copes with the European and world-wide efforts in colloidal science, nanotechnology, instrumentation technology, and their applications. The international acknowledgement of our achievements is reflected not only in the high citation rate of our publications, but also in form of international awards and appointments: the Samsung Mid-Career Award 2008 was awarded to Igor Muševič, while Slobodan Žumer was elected president of the International Liquid Crystal Society for the period 2008-12.

An essential element for the success of our group is its equilibrated coverage of our research field, covering experiments, theory, computer simulations, as well as application development. This synergy is our major advantage in the international competition. To our knowledge, there is presently no other laboratory capable of building colloidal superstructures comparable to ours. Moreover, even world-wide there are only few laboratories with the ability of single-atom manipulation at low temperature, or the ability to synthesize comparable inorganic nanotubes and particles. Our research and technology achievements listed in Chapters 2 and 5 provide an excellent starting point for the next research period. In the future, we expect the development of nematic colloids for optical materials, energy transformation and storage materials, as well as materials for information storage and quantum computing, and for single-molecule identification and chemistry.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Raziskave izvedene v okviru programa imajo za trajnostni razvoj Slovenije večkratni pomen: Posredni vpliv: Dosežki skupine, so na celi vrsti področij v svetovnem vrhu in tako pomembno utrjujejo nacionalno identiteto in prepoznavnost Slovenije. Po drugi strani skupina predstavlja tudi jedro, preko katerega prehajajo izsledki tujih raziskav in spoznanj v Slovenijo. Samo znanstveniki, ki aktivno sodelujejo v mednarodnih povezavah, lahko ažurno spremljajo nova odkritja v svetu, jih kritično ovrednotijo in prenesejo v slovenski prostor. Poudariti velja, da si v okviru programske skupine prizadevamo tudi za predstavitev znanosti širši javnosti v Sloveniji. Naše raziskave so bile ključne za uspešno organizacijo in izvedbo več dodiplomskih in podiplomskih izobraževalnih programov. Večina članov programske skupine vzporedno z raziskovalnim delom predava ali vodi vaje na Univerzah v Ljubljani in Mariboru in na ta način najnovejše raziskovalne dosežke v svetu, ki jih spoznava in pri katerih sodeluje s svojim raziskovalnim delom, neposredno vključuje v različne faze učnega procesa. Skupina je omogočila tudi uspešno realizacijo vrste doktorskih del in s tem tudi zaposlitve visoko izobraženih kadrov. Pri tem je pomembno, da se mladi raziskovalci formirajo v skupini, ki je s svojim dosedanjim delom dosegla afirmacijo v evropskem prostoru in v svetu.

Neposreden vpliv na gospodarstvo: Program raziskav TK posega v področje optičnih aplikacij, kjer se je nova, mala in srednja visokotehnološka slovenska industrija v svetu nesorazmerno močno uveljavila (Fotona, Balder, Optotech...) predvsem zaradi solidnega domačega znanja na področju fizike in posebej optike. Tako se je »spin-off« podjetje IJS, Balder, ki po licenci IJS izdeluje avtomatske TK optične zaščitne filtre (varilska tehnika, medicina) v letu 2007 izredno uspešno afirmiralo na ameriškem tržišču (10% trga), v Evropi pa je uspelo pridobiti vodilnega proizvajalca varilske tehnike, ESAB, da je Balderjeve izdelke vključil v svoj prodajni program osebne zaščitne opreme. Sodelovanje članov programske skupine v delovni skupini za pripravo ISO standarda za zaščito oči kot tudi sodelovanje v večjih mednarodnih projektih (NATO, EU) na področjih optičnih preklopnikov za zaščito oči, aplikaciji TK elastomerov in pripravi nano delcev vodi v aktivno vključevanje v svetovni razvoj na le teh področjih. Poleg lastnih dosežkov tudi navezave strokovnih stikov z najboljšimi posamezniki in raziskovalnimi in razvojnimi institucijami na svetu omogočajo hiter pretok informacij in znanja. To omogoča novi visokotehnološki industriji, ki na tem področju nastaja v Sloveniji, da ohranja konkurenčnost na svetovnem tržišču.

Povzemamo tri vrste dogodkov, ki jih spodnji pregled ne zajema, so pa opisani v vlogi za

program 2009-15.

- Organizacija 4 mednarodnih konferenc: od velike internacionalne konference v Ljubljani do specializirane konference v tujini.
- Člani programske skupine so imeli 35 vabljenih in plenarnih predavanj na mednarodnih konferencah.
- Ustanovitev »spin-off« IJS podjetja "Nanotul d.o.o", ki se ukvarja s sintezo in proizvodnjo novih vrst hibridnih materialov za maziva, ojačitvena vlakna, kompozite, anorganske materiale za sončne celice, katalizatorje itd.

ANG

The research carried out within our group has a significant impact for the sustained development of Slovenia.

Indirect impact: Our research achievements are at the forefront world-wide in a number of fields; this therefore significantly strengthens the national identity and recognition of Slovenia. On the other hand, the group represents a core that absorbs foreign knowledge and know-how into Slovenia. Only scientists actively participating in international collaborations can promptly follow new scientific developments, and can transfer these, with some criticism, into their local environment. We must stress that our group also invests significant effort in presenting science to the broad community in Slovenia. Our key research was also essential for the set-up of several university courses for both undergraduate and graduate students. In addition to their research, most members of the group teach at the universities in Ljubljana or in Maribor, which is the best pathway for the integration of latest research developments into all stages of the teaching process. Within the group, several PhD theses have been prepared and published, providing high-level training and education for a number of young researchers, which was essential for their future employment. Here it is important that the young researcher's training takes place in an internationally recognized group.

Direct impact (national economy): Our liquid crystal research covers the field of optical applications, where the new Slovene small and mid-sized high-tech industry has achieved a tremendous success (Fotona, Balder, and Optotech companies). This can be mainly attributed to good existing knowledge of physics and optics. For example, a spin-off company of JSI, Balder, which is a licensed manufacturer of automatic LC protective optical filters (used in welding and medicine), has covered a 10% share of the world market in 2007. The company managed to include their products into the sales catalogue of the leading welding equipment manufacturer in Europe, ESAB. This was accompanied by another breakthrough in the US market. Further, the group members have participated in a workgroup appointed to prepare the eye protection ISO standard, as well as in several major international projects (funded by EU and NATO) in the fields of optical shutter eye protection, application of liquid-crystalline elastomers, and nanoparticle synthesis. These activities made our local research become an integral part of global development activities. The scientific contacts with competent individuals and institutions from abroad allow for rapid exchange of knowledge and ideas. We expect that this is going to enable the emerging high-tech industry in Slovenia to successfully compete on the global market in future.

Here we summarize 3 types of events that are not included in the current review, but are present in the 2009-15 project proposal.

- Organization of 4 international conferences, ranging from a major international conference in Ljubljana, to a specialized workshop abroad.
- The group members have held a total of 35 invited and plenary lectures at international conferences.
- A spin-off company of JSI, Nanotul Ltd., has been founded with the aim to synthesize and manufacture novel hybrid materials for lubricants, strengthening fibers, composites, anorganic materials for photovoltaic cells, catalysts, etc.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	2	
- doktorati	8	5
- specializacije		

Skupaj:	10	5
----------------	----	---

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	3		
- gospodarstvo	2		
- javna uprava	1	1	
- drugo	1	1	
Skupaj:	7	2	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	Žumer, Slobodan, član uredniškega odbora (2001-2007), The European physical journal. E, Soft matter. Les Ulis: EDP Sciences, 2000-. ISSN 1292-8941. [COBISS.SI-ID 15029543]	93/1
2.	Rasing Theo, Muševič Igor, editors: Surfaces and interfaces of liquid crystals. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2004. [COBISS.SI-ID 18394663]	16/2
3.	Pasini, Paolo, Zannoni Claudio, Žumer Slobodan (Editors): NATO Advanced Research Workshop on Computational Methods for Polymers and Liquid Crystalline Polymers, Erice, 2003. Computer simulations of liquid crystals and polymers, (NATO science series, 2, Mathematics, physics and chemistry, II/177). Dordrecht [etc.]: Kluwer, cop. 2005. XV, 364 str., ilustr. ISBN 1-4020-2758-3. ISBN 1-4020-2760-5. [COBISS.SI-ID 1801316]	15/3
4.	Dolinšek Janez, Vilfan Marija, Žumer Slobodan (Editors.). Novel NMR and EPR techniques, (Lecture notes in physics, 684). Berlin [etc.]: Springer, cop. 2006. XVII, 439 str., ilustr. ISBN 3-540-32626-X. [COBISS.SI-ID 1908068]	13/3
5.	Čopič Martin, Muševič Igor, Žumer Slobodan, editors: Proceedings of the 20th International Liquid Crystal Conference, Ljubljana 2004, (Molecular crystals and liquid crystals, 433 (2005), 434 (2005), 435 (2005), 436 (2005), 437 (2005), 438 (2005), 439 (2005)). Philadelphia: Taylor and Francis, 2005 [COBISS.SI-ID 1844580]	873/3
6.	Conradi Marjetka, Škarabot Miha, editors: Zbornik povzetkov 4. Konference fizikov v osnovnih raziskavah, 2004. [COBISS.SI-ID 216313088]	70/2
7.	Tkalec Uroš, Škarabot Miha, Muševič Igor, editors: Zbornik povzetkov 5. Konference fizikov v osnovnih raziskavah, 2006. [COBISS.SI-ID 229662208]	6573
8.	Klanjšek Gunde Marta, Remškar Maja, Ipavec Marija, Železnik Nadja "Fizika, moj poklic" : življenje in delo naših fizičark. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije, 2007. 240 str., ilustr. ISBN 978-961-6207-27-0. [COBISS.SI-ID 234688000]	79/13
9.	Dolenc, Sašo (ur.), Svenšek, Daniel (ur.). Zakaj je nebo modro? :časni odgovori na večna vprašanja, (Knjižna zbirka Krt, 127). 1. izd. Ljubljana: Krtina, 2004. 313 str., skice, grafi, fotografije. ISBN 961-6174-66-5. [COBISS.SI-ID 215111168]	121/2

10.

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	3
- podoktorandi iz tujine	2
- študenti, doktorandi iz tujine	4
Skupaj:	9

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

Evropski projekti:

o 2002-2006: EU projekt: "Uporaba tekočih kristalov v sodobnih nanotehnoloških napravah in optiki", ALCANDO G5MA-CT-2002-04023, FP5, Vodja I. Muševič
o 2002-2006: "Funkcionalni tekočekristalni elastomeri" FULCE HPRN-CT-2002-00169, FP5, vodja slovenskega dela: prof. Slobodan Žumer.
o 2002-2004: NANOSAFE "Ocena tveganja pri proizvodnji in uporabi nanodelcev ter razvoj preventivnih meritev in pravil pri uporabi" (G1MA-CT-2002-00020), FP5, vodja slovenskega dela dr. Maja Remškar.
o 2005-2009: NANOSAFE2 "Varna proizvodnja in uporaba nanomaterialov" (NMP2-CT-2005-515843), FP6, vodja slovenskega dela dr. Maja Remškar.
o 2005-2010: FOREMOST, "Fulerenski materiali za težko industrijo: Izdelava optimalnih površin za tribologijo", FP6, vodja slovenskega dela dr. Maja Remškar.
o 2005-2010 IMPART, "Izboljšanje razumevanja vpliva nanodelcev na zdravje ljudi in na okolje", FP6, vodja slovenskega dela dr. Maja Remškar.
o 2006-2011 COST D43 "Koloidi in kemija mejnih plasti za nanotehnologijo, člani WG2 "Sinteza in razplošljivi referenčni materiali", Igor Muševič.
o 2006-2001 COST MP0604 "Optična mikromanipulacija z nelinearno fotoniko", vodja slovenskega dela Igor Muševič.
o 2002-2004 PACECO: "Naparjevanje optičnih plasti s pomočjo plazme", G5ST-CT-2002-50184, FP5, vodja slovenskega dela Janez Pirš.
o 2005-2009 "Kompleksne kovinske zlitine" NMP3-CT-2005-500140, FP5, vodja slovenskega dela J. Dolinšek, sodelavec na projektu Albert Prodan.
o 2008- "Hierarhično urejanje na kontroliranih vzorcih" Marie Curie Initial Training Network 215851-2, I. Muševič, S. Žumer in J. Pirš.
o 2008-2011 "Struktura in mehanizem citoplazmičnega dineina", Human Frontier Science Program (HFSP) programme grant, Stan Burgess (Leeds, Principal Applicant), Hideo Higuchi (Sendai) and Takahide Kon (Tokio), Andrej Vilfan (Ljubljana).

Bilateralni projekti:

o 2003-2005: Združene Države Amerike, BI-US/04-05/32 (NSF 0306851) "Nano in mikroograjeni tekočekristalni materiali" (Slobodan Žumeri/Gregory Crawford).
o 2005-2006 Ukrajina BI-UA/05-06/001: "Fizikalni pojavi optično inducirane sidranja", (I.Muševič, V.Nazarenko).
o 2006-2009: Italija, BI-IT/06-09-F9, "Mrežno simuliranje tekočekristalnih elastomerov" (Slobodan Žumer / Claudio Zannoni).
o 2007-2008: Ukrajina BI-UA/07-08-002: Fotonski tekoči kristali", (I. Muševič, V. Nazarenko).
o 2003-2004 Nemčija BI-DE/03-04-001 "Manipulacija posameznih molekul z nizkotemperaturno tunelsko mikroskopijo" (A. Prodan / S. Fölsch).
o 2004-2005 Španija BI-ES/04-05-008 "Mikrostrukturne in elektronske lastnosti nizko-dimenzionalnih sistemov" (A. Prodan / L. C. Otero Disaz).

o 2004-2006 Grčija BI-GR/04-06-018 "Priprava in karakterizacija novih trdnih intermetalnih materialov za skladiščenje vodika" (A. Prodan / S. Athanasios).
o 2004-2005 Srbija BI-SC/04-05-037 "Nanocevkve dihalogenidov prehodnih kovin: teoretične in eksperimentalne raziskave" (M. Damnjanovic/ M. Remškar).
o 2006-2007 Srbija BI-SC/06-07-007 "Nanocevkve dihalogenidov prehodnih kovin: teoretične in eksperimentalne raziskave mehanskih in elektro-optičnih lastnosti" (M. Damnjanovic/ M. Remškar).
o 2006-2007 Združene Države Amerike BI-US/06-07-006 "Uporaba nanocevk MoS₂ in WS₂" (A. Seabaugh/ M. Remškar)
o 2004-2006 Portugalska BI-PT-04-06-002 "Študij kompleksnih tekočerkristalnih sistemov z metodo NMR v spremenljivem polju" (P. Sebastiao/ M. Vilfan)
o 2006-2007 Portugalska BI-PT/06-07-003 "NMR raziskave kolektivnih orientacijskih fluktuacij v smektičnih fazah" (P. Sebastiao/ M. Vilfan)
o 2005-2007 Poljska BI-PL/05-07-002 "Fazno obnašanje tlačanih in motenih kompleksnih tekočin". (R.S. Janusz / S. Kralj)
o 2005-2007 Romunija BI-ROM-05-07-006 "Vpliv nereda na kritično fazno obnašanje" (V. Popa-Nita/ S. Kralj).
o 2008-2010 (2 years) BI-US/08-10-006 "Biomedicinska uporaba tekočih kristalov" (G.P. Crawford /S. Žumer)
o 2008-2010 BI-US/08-10-017 "Spintronika v umetno grajenih nanostrukturah", (I. Muševič/ S.-W. Hla)

Mednarodne štipendije za podoktorsko izobraževanje:

o 2004 Alexander von Humboldt štipendijo je prejel dr. Daniel Svenšek in raziskoval eno leto na Univerzi v Bayreuthu.
o 2004 Alexander von Humboldt štipendijo je prejela dr. Andreja Šarlah in raziskovala 16 mesecev na Hahn Meitner Inštitutu v Berlinu.
o 2005 Alexander von Humboldt štipendijo je prejela dr. Marjetka Conradi in raziskovala 15 mesecev na Univerzi v Stuttgartu.

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

o 2005-2006 IJS- LCI (Kent, USA) projekt dodeljen od podjetja Samsung (Koreja): "Izboljšanje optičnih lastnosti OCB optičnega prikazalnika " 444268-P050801 Vodji J. Pirš and C. Toncar.
o 2007-2008 "UNos", Pogodba Št. RR-07-14, Ministrstvo za obrambo, vodja Igor Muševič.
o 2004-2005 "SIMES" (sistem obvladovanja minsko-eksplozivnih sredstev), Ministrstvo za obrambo, MORS # 404-09-269/2004-1-14128, Vodja Janez Pirš.
o SOS (sistem obvladovanja skladiščenja) MORS #404-09-267/2004-1 (2004), Vodja Janez Pirš.
o "Izdelava "back-end" tehnologije izdelave LCD", MG- 2111-04-4010-511/2004-4286/BZ, Ministrstvo za gospodarstvo" vodja Janez Pirš.
o "Izdelava "back-end" tehnologije izdelave LCD", U1-BL-F5-192/04, pogodba s podjetjem Balder d.o.o. vodja Janez Pirš.
o "Ekspertno mnenje s področja LCD aktivnih optičnih filtrov" U1-BL-F5-86/07pogodba s podjetjem Balder d.o.o. vodja Janez Pirš.
o 2004-2007 Center odličnosti: "Nanoznanosti in nanotehnologija", Igor Muševič je vodja projekta "Nanostrukturirane površine in mejne plasti"
o 2004-2007 Center odličnosti: "Materiali za elektroniko naslednje generacije ter drugih prihajajočih tehnologij ", S. Žumer je vodja projekta "Kompleksni materiali za nove tehnologije: od mehkih snovi do trdih prevlek".

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Dolgoletno sodelovanje z podjetji:
Člani programske skupine že vrsto let uspešno sodelujejo s podjetjem Balder d.o.o., ki so ga pred leti soustanovili tudi člani programske skupine. Uspešnost sodelovanja se kaže v vrsti mednarodnih patentov in novih proizvodov. Balder je uspešno visokotehnološko podjetje, ki ima 15% svetovne proizvodnje avtomatskih varilskih očal.

Članstvo v pomembnih državnih in mednarodnih telesih:
oA. Vilfan, strokovni ocenjevalec v okviru European FP7 razvojnega programa (sklic FP7-NMP-2007-SMALL-1 in FP7-NMP-2008-SMALL-2).

oI. Muševič, član odbora "Non-Executive Directors", International Liquid Crystal Society, 1999-2004.
 oS. Žumer, član odbora "Non-Executive Directors", International Liquid Crystal Society, 2004-2008.
 oS. Žumer, član odbora za podeljevanje nagrad in priznanj, International Liquid Crystal Society, 2006-2008.
 oS. Žumer, Predsednik, International Liquid Crystal Society, 2008-2012.
 oI. Muševič, član upravnega odbora Inštituta Jožef Stefan, 2002-2006.
 oI. Muševič, član upravnega odbora Fakultete za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, 2002-2005.
 oI. Muševič, namestnik predsednika upravnega odbora Inštituta Jožef Stefan, 2004-2006.
 oI. Muševič, vodja odseka za Fiziko trdne snovi Inštituta Jožef Stefan, 2006-
 oI. Muševič, član Znanstvenega sveta za naravoslovne znanosti in matematiko Javne agencije za raziskovalno dejavnost. 2006-
 oI. Muševič, predsednik Raziskovalnega sveta fizike in reaktorske tehnike Inštituta Jožef Stefan, 2006-2007.
 oS. Žumer, Dekan Fakultete za matematiko in Fiziko, Univerze v Ljubljani, 2005-2007.
 oS. Žumer, Član Znanstvenega sveta Javne agencije za raziskovalno dejavnost. 2006-

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	1. Nove tehnološke rešitve za TK optične preklopnike 2. Zbirki nalog iz termodinamike in iz statistične fizike
Opis	1. Na delovnem srečanju Slovenskega združenja za mikroelektroniko MIDEM (September, 13. - 15, 2006) v Strunjanu so bile predstavljene nove tehnološke rešitve za specializirane tekočerkristalne preklopnike (2 predavanji). 2. V dveh zvezkih sta bili izdani zbirki nalog z rešitvami iz termodinamike in iz statistične fizike. Zbirki sta namenjene študentom fizike in tudi drugim naravoslovcem in tehnikom.
Objavljeno v	1. Proceedings. Ljubljana: MIDEM 2006, str. 239-244 in str. 245-250 2a. SKAČEJ, Gregor, ZIHERL, Primož. Rešene naloge iz statistične fizike, (Zbirka izbranih poglavij iz fizike, 44). Ljubljana: DMFA - založništvo, 2005. 2b. ZIHERL, Primož, SKAČEJ, Gregor. Rešene naloge iz termodinamike, (Zbirka izbranih poglavij iz fizike, 42). Ljubljana: DMFA - založništvo, 2005.
COBISS.SI-ID	20265255

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	1. Poljudni članki (41). 2. Intervjuji in radijske & televizijske odaje.
Opis	1. Primer enega od 41 poljudnih člankov: "Pisani svet tekočih kristalov" je posvečen prav tekočim kristalom. 2a. "Strumne mikrokroglice v tekočem kristalu": članek v reviji Science, nov uspeh slovenske znanosti. Delo (Ljubl.), 31.08.2006, točke: 1 2b. Z dr. Samom Kraljem o fiziki in 'bumu' v raziskovalnih dejavnostih, predvsem pa o 'Knjigi fizikalnih šal, anekdot, stripov'. Novi tedn. 2c. Podobe znanja - dr. Igor Muševič : Radio Slovenija, III. program 2d. Slovenke v fiziki: TV Pika, Oddaja Sadovi znanja v fiziki
Objavljeno v	1. CONRADI, Marjetka. Pisani svet tekočih kristalov. Polet 2007, let.6, št.43, str.30 2a. MUŠEVIČ, Igor. Strumne mikrokroglice v tekočem kristalu: članek v reviji Science, nov uspeh slovenske znanosti. Delo, 31.08.2006, let.48, št.208, str.20 2b. KRALJ, Samo. Fizika na razumljiv način... NT&RC, 28.11.2006, leto 61, št.93, str.10 2c. MUŠEVIČ, Igor. Podobe znanja-dr. Igor Muševič: Radio Slovenija, program ARS. 27.10.2006

	2d.REMŠKAR,Maja. Slovenke v fiziki: TV Pika, oddaja Sadovi znanja v fiziki,23.12.2005
COBISS.SI-ID	21218599

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Eksperimentalna fizika površin in nanostruktur
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij Fizike kondenzirane snovi
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in Fiziko, Univerza v Ljubljani
2.	Naslov predmeta	Fizika mehkih snovi
	Vrsta študijskega programa	- podiplomski študij Fizike kondenzirane snovi - podiplomski študij biofizike
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in Fiziko, Univerza v Ljubljani
3.	Naslov predmeta	Izbrana poglavja iz fizike
	Vrsta študijskega programa	Vse smeri: podiplomski študij Fizike
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in Fiziko, Univerza v Ljubljani
4.	Naslov predmeta	- Površine in mejne plasti - Mikroskopske in mikroanalizne metode - Izbrana poglavja iz nanoznanosti in nanotehnologij
	Vrsta študijskega programa	Nanoznanosti in nanotehnologije
	Naziv univerze/fakultete	Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
5.	Naslov predmeta	-Termodinamika - Statistična fizika
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij fizike
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in Fiziko, Univerza v Ljubljani
6.	Naslov predmeta	Seminar
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij fizike
	Naziv univerze/fakultete	Fakulteta za matematiko in Fiziko, Univerza v Ljubljani
7.	Naslov predmeta	Fizika
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij kemije

Naziv univerze/ fakultete	Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani
--------------------------------------	---

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Ohranjanje in razvoj nacionalne					

G.05.	naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo: Naravoslovno-tehnična kultura*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	

Komentar¹⁵

* Skrb za dvig naravoslovno tehnične izobrazbe (kulture, pismenosti)
--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja, za objavo 5., 6. in 7. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

Podpisi:

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblašcene osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Slobodan Žumer	in/ali	Institut "Jožef Stefan"
		Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

Kraj in datum:

Ljubljana

17.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/1067

¹ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

² Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMZL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. *Exp. Cell Res.*, 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, izberite ustrezen rezultat, ki je v Sifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁶ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

⁷ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁹ Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

¹⁰ Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006,106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁵ Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a