

**70 let Instituta »Jožef Stefan« ~ Izšla knjiga Iskanja z navdihom 1949–2019 ~ Utemeljitev nagrad zlati znak ~ Zmagovalni projekt direktorjevega sklada 2019 ~ Superprevodnost v visokoentropijskih zlitinah~ Jih poznamo: Anton Peterlin ~ Odprtje razstav skupine Irwin in Klementine Golija**

<i>70 let Instituta in 27. dnevi Jožefa Stefana</i> .....	3
<i>Slavnostni nagovor direktorja ob 70. letnici Instituta</i> .....	3
<i>Praznovanje 70. letnice Instituta</i> .....	6
<i>Utemeljitev nagrad zlati znak</i> .....	7
<i>Utemeljitev izbora zmagovalnega projekta direktorjevega sklada</i> .....	8
<i>Dan odprtih vrat</i> .....	8
<i>Izzid knjige Iskanja z navdihom 1949–2019</i> .....	11
<i>Razstava Utrinki 1949–2019</i> .....	11
<i>Mednarodno sodelovanje z gospodarstvom: nov uspeh raziskovalcev IJS in CTT</i> .....	12
<i>Prispevki</i> .....	13
<i>Superprevodnost v visokoentropijskih zlitinah</i> .....	13
<i>Soobstoj orientacijsko urejenih stanj v neravnovesnem tekočem kristalu</i> .....	17
<i>Jih poznamo - Anton Peterlin</i> .....	20
<i>Prišli - odšli (16. 2. 2019–8. 5. 2019)</i> .....	22
<i>Obiski po odsekih (16. 2.-8. 5. 2019)</i> .....	22
<i>Kulturno dogajanje na IJS</i> .....	26
<i>Odprtje razstave skupine Irwin</i> .....	26
<i>Odprtje razstave Klementine Golija</i> .....	29

Novice IJS, glasilo Instituta "Jožef Stefan"

Urednika: dr. Polona Umek in mag. Marjan Verč

Lektor: dr. Jože Gasperič Sodelavka: Polona Strnad, univ. dipl. nov.

Foto: mag. Marjan Verč in avtorji prispevkov

Naslovnica: Model matematično »prepovedane« proteinske kletke s premerom 22 nanometrov, ki so ga Mitja Kelemen, dr. Primož Vavpetič in izr. prof. dr. Primož Pelicon skupaj s sodelavci s Poljske, Japonske iz Združenega kraljestva in Kanade predstavili v reviji Nature (Malay et al, Nature, 569 (2019), 438–442.

Kletka je »sešita« iz 24 obročev v obliki enajstkotnikov, vlogo šivov pa opravijo atomi zlata, ki so na sliki predstavljeni kot rumene kroglice. Avtorji slike so: A. Kowalczyk, A. Biela, C. S. Kaplan in B. Piette.

<http://www-novice.ijs.si>, e-pošta: [novice@ijs.si](mailto:novice@ijs.si).

Ponatis vsebine je dovoljen z opombo, da gre za prispevek iz Novic IJS.

Članke, predloge in pripombe lahko pošljete po e-pošti: [novice@ijs.si](mailto:novice@ijs.si).

Za vsebino strokovnih in (poljudno)znanstvenih člankov odgovarjajo avtorji.

ISSN 1581-2707



## 70 LET INSTITUTA “JOŽEF STEFAN”

Letošnji že 27. dnevi Jožefa Stefana so bili še posebej slovesni, saj letos Institut praznuje 70. obletnico ustanovitve. Predsednik Republike Slovenije Borut Pahor, ki je bil častni pokrovitelj dogodkov ob 70. obletnici inštituta, se je udeležil odprtja razstave „Irwin: NSK Garde in procesije“ v Galeriji Instituta »Jožef Stefan« ter tako naznanil uradni začetek praznovanja 70. obletnice njegove ustanovitve.

V kratkem govoru je predsednik republike vsem sedanjim in prejšnjim generacijam zaposlenih, ki so v sedemdesetih letih soustvarili izjemno uspešno pot, izrekel izraze hvaležnosti za dosežene rezultate z najboljšimi željami za prihodnost: »Institut »Jožef Stefan« je utripajoče srce slovenskega raziskovanja in znanosti. Želim si, da bi še naprej hrabro nosili zastavo znanosti, učenosti, radovednosti in domišljije.« je



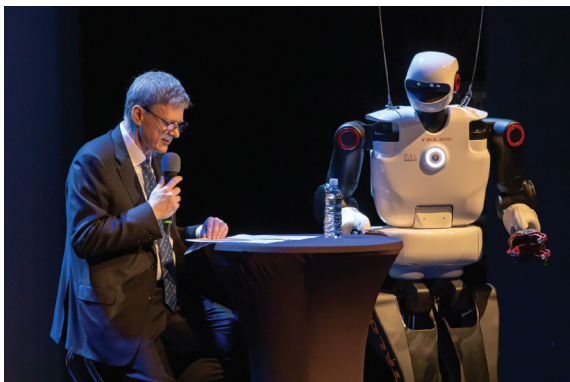
nagovor sklenil predsednik republike in se direktorju Lenarčiču in vsem zaposlenim zahvalil za uspešno sodelovanje z uradom predsednika v preteklih letih.

### SLAVNOSTNI NAGOVAR DIREKTORJA OB 70. LETNICI INSTITUTA

## NAGOVAR OB 70. OBLETNICI INSTITUTA “JOŽEF STEFAN”

Prof. dr. Jadran Lenarčič, Cankarjev dom, 27. marec 2019

Spoštovani g. predsednik Vlade Republike Slovenije, Vaše ekscelence veleposlaniki, predsednik SAZU, spoštovani gospodje ministri, cenjeni visoki gostje, spoštovani člani Upravnega odbora Instituta, drage sodelavke in sodelavci. Menim, da nas vse v dvorani tokrat družijo isto vprašanje, kaj dela ta kreatura poleg mene.



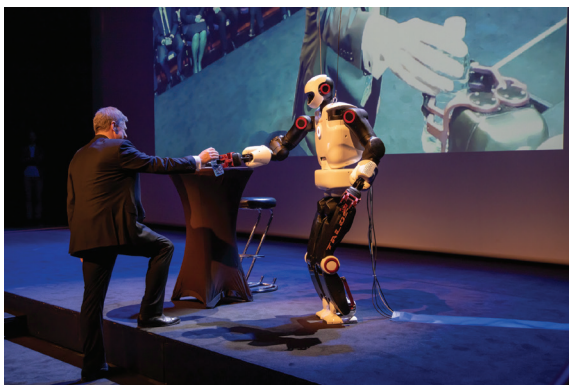
Ne dolgo tega sem sanjal, da sem robot. Nato sem se zbudil in pomislil: »Kakšna sreča, rodil sem se kot človek.« A sreča biti človek ni za vse enaka. Koliko človeštva v tem hipu živi življenje, vrednejše od življenja robota. Se lahko svobodno odloča, svobodno razmišlja ali čustvuje in upa, da mogoče preživi še en dan?

Dneve Jožefa Stefana organiziramo vsako leto v spomin na slavnega slovenskega fizika. Stefan se je namreč rodil 1835. leta, in to 24. marca. Datum je izbrala njegova mati. Tokrat, ob sedemdeseti obletnici Instituta, smo Stefanove dneve posvetili mladim, njihovi robotizirani prihodnosti in odločilni vlogi znanosti in naprednih tehnologij pri humanizaciji in napredku družbe ter slehernega živega bitja na planetu.

Naj navedem nekaj zgodovinskih utrinkov našega inštituta. Pobuda o ustanovitvi fizikalnega inštituta sega v leto 1946. Pod nazivom Fizikalni inštitut SAZU pa je začel delovati šele leta 1949 pod vodstvom direktorja Antona Peterlina. Kmalu se je inštitut preimenoval v Fizikalni inštitut »Jožef Stefan«, po našem slavnem fiziku. Leta 1953 so bili zgrajeni glavni objekti med Jamovo in Jadransko cesto. Leta 1959 je inštitut dobil naziv Nuklearni inštitut »Jožef Stefan«. Leta 1966 je na drugem koncu Ljubljane začel obratovati šolski reaktor Triga in celoten kompleks spremljajoče jedrske in druge raziskovalne dejavnosti, vezane zlasti na energetiko in okolje. Spekter raziskav na Institutu se je še nadalje širil in razvijal. Leta 1969 je inštitut privzel sedanji naziv Institut »Jožef Stefan«. Oblikovala so se tri širša raziskovalna področja: fizika in reaktorska tehnika; kemija, materiali, biokemija in okolje; ter informacijske in komunikacijske tehnologije – na kratko elektronika.

Leta 1970 je ustanoviteljstvo prešlo na Univerzo v Ljubljani, medtem ko je leta 1992 Institut postal samostojni javni raziskovalni zavod, je ustanoviteljstvo tako prešlo na državo Slovenijo.

V sedmih desetletjih svojega obstoja se je Institut redno srečeval z vprašanji, vezanimi na vlogo znanosti v družbi. Zanimivo je, da ustanovitev prvega Ministrstva za znanost in kulturo sega prav v leto ustanavljanja našega inštituta. Sliši se znano, ko prebereš, da je bilo to ministrstvo ukinjeno že dve leti kasneje z ustanovitvijo Sveta za prosveto in kulturo, ki naj bi povezoval vse: šolstvo, kulturo, znanost, univerzo, športno vzgojo in bog ve, kaj še. V tej množini je znanost tavalna, so že tedaj zapisali razumniki. Na nedorečenost takratne znanstvene politike kaže tudi puščica, da se je v državi natančno vedelo, koliko je ovac in konj, ne pa koliko je raziskovalcev.



Institut se je po ustanovitvi hitro širil zaradi srčnosti in vizije nekaterih zunaj in znotraj Instituta in naravne potrebe po kakovostnem univerzitetnem izobraževanju, ki temelji na raziskovanju. Močan vstop gospodarstva je Institut doživljal v sedemdesetih in še posebej v osemdesetih letih, kar je vplivalo na njegovo pospešeno rast. In na večno inštitutsko vprašanje, kaj je prej, znanost ali tehnološki razvoj. Moj odgovor je poznan, skupaj sta oba prej, narazen pa sta oba zadaj.

Po osamosvojitvi Slovenije je sodelovanje z gospodarstvom, žal, upadlo. K temu sta prispevali posamosvojitvena kriza v devetdesetih in svetovna gospodarska kriza od leta 2008 naprej. Slednja se je razgalila predvsem kot kriza v glavah. Medtem ko smo se v Sloveniji vpraševali, kaj bi z znanostjo in razvojem tehnologij, je bilo drugim v Evropi prav to izrazito jasno. Slovenija je, ob nekajletnem premišljevanju, po vlaganjih v znanost in tehnološki razvoj pristala povsem na evropskem repu. Lahko po toliko desetletjih uporabim zopet besede predhodnikov, slovenska znanost je leta gospodarske krize tavalna.

Če me je kdo vprašal, kje sem zaposlen, sem rekel na Institut »Jožef Stefan«, oprostite. Denar res ni najpomembnejši na svetu, najpomembnejša je ljubezen – do denarja. Naj poudarim, da sta vladi v zadnjih dveh letih upadanje vlaganj spreobrnila v zmerno rast. Glede na javno izražena stališča političnih strank končno kaže na dolgoročnejši preobrat, ki nas razveseljuje. Strukturni prehod na nov model razvoja Slovenije, ki naj temelji na znanju in raziskavah, pa je še pred nami in še mora pridobiti jasno in širšo podporo politike in državljanov.

Po osamosvojitvi Slovenije se je Institut temeljito usmeril v evropski raziskovalni prostor ter postal eden od prepoznavnejših partnerjev v evropskem in medregijskem sodelovanju. Če kaj, potem je prav mednarodna vpetost oblikovala sodobni Institut »Jožef Stefan« ter bila temelj kritičnemu in demokratičnemu pogledu vase in prepoznavanju neplodnosti slovenskega »ekonomastičnega« razvojnega koncepta. In prav s pomočjo evropskih projektov je Institut zadnje leto končal z 991 zaposlenimi, kar je največ doslej. Število nas ne povzdiguje samo po sebi, zanima nas visoka mednarodna kakovost raziskovalnih dosežkov in prav toliko njihova uporabnost v gospodarskem in družbenem razvoju.

Pozimi 1978. leta, v mojih študentskih letih, mi je prijatelj rekel, da menda na Institutu iščejo študente za računalniško programiranje. Tega znanja tisti čas ni bilo na trgu. Po premisleku sem se odločil, da poskusim; nekaj sem znal. Če prideš na Institut z desne, to je Jamove ceste, vstopiš na Institut Jožef Stefan, če prideš z leve, to je Jadranske ceste, pa na Institut Stefan Jožef. Vrata so bila na stečaj odprta, vratar pa je bil zaprtega karakterja. Nekoč sem sklenil, da ga omehčam in sem z njim poklepetal, čez čas me ravno tako ni poznal, spomnil se me je šele, ko sem mu pokazal vstopno izkaznico.

Ko sem prvič delal na inštitutskem računalniku (tedaj slavnem PDP 11/34), me je začelo zanimati, čemu služi tipka ESC levo zgoraj na tastaturi. Tega večina ljudi še dandanes ne ve, in jaz sem eden izmed njih. Ko sem jo pritisnil, se je računalnik sesedel, ugasnile so luči, obstal je Institut. Dihati sem začel čez pol ure. Pa je šla moja kariera raziskovalca, sem prvo pomislil. Potreboval sem čas, da sem ugotovil, da je bilo le naključje, da sem pritisnil ESC v trenutku, ko je v Ljubljani zmanjkalo elektrike. Tako sem ostal na Institutu. Do danes. Razmišljam, da imam ta trenutek več računalniške moči v svoji ročni uri, kot sta takrat premogla Institut in Univerza skupaj. Le koliko računalniške moči je v glavi te plastične



kreature poleg mene, se vprašam. Življenje se nam je z razvojem tehnologij korenito spremenilo, dandanes, preden se nekdo poroči, za vsak slučaj preveri, kako reagira njegov bodoči partner, če je internet prepočasen.

Tako v umetnosti kot v znanosti so presežki rezultat trdega dela in ustvarjalne norosti. Največji strokovnjak je tisti, ki je na svojem področju naredil vse napake, ki so bile mogoče. Brez stoterih skenitev od prvotno zastavljenega, ni znanstvenega ali umetniškega presežka. »Nisem se zmotil, le odkril sem tisočero novih poti, kako narediti nekaj, kar ne deluje,« je govoril Edison. »Razlika med menoj in norcem je samo ta, da jaz nisem nor,« je pravil Dali.



Ustvarjanje je projekt, začne se z navdihom, nekakšno obsesijo, sledi postavljanje teorije, izvajanje eksperimentov, poskušanje in popravljanje zmot, gradnja opreme in prototipov. Pridobivanje sredstev in poročanje o rezultatih. Projekt se konča z dosežkom, lahko pa tudi z opustitvijo. Preberem listek na vratih laboratorija: »Ko zaključite projekt, pospravite za seboj,« vaša čistilka.

V mlajših letih smo ob poletnih večerih na igrišču pred glavno zgradbo nabijali košarko. Nekoč sredi igre je eden od mlajših fizikov obstal, panično zapustil igro, pograbil svoja oblačila in bliskovito stekel v stavbo. Bilo je malo pred osmo zvečer. »Blinc je prišel,« je rekel starejši kolega. »Ne sme vedeti, da doktoranda ob tej uri ni več v laboratoriju.« V tistih časih si kot mlajši raziskovalec lahko vzel prosto kateri koli dan v tednu, razen v ponedeljek, torek, sredo, četrtek, petek, soboto in nedeljo.

Kmalu po končanem doktoratu sem na stopnišču pred glavno stavbo srečal že tedaj nekdanjega direktorja. Z navdušenjem sem mu pojasnjeval svoje matematične modele, ko me je prekinil z vprašanjem, ali sem že pridobil financiranje za to, kar počnem. V

mladih letih se mi še sanjalo ni o tem in sem iskreno rekel, da ne. »Potem pa nič ne delaš,« mi je zabrusil. Tako sem iz romantike prestopil v realizem. Mesece za tem me je spet ustavil z vprašanjem, ali sem že habilitiral na univerzi, in sem mu odvrnil, da bi raje samo raziskoval, da me poučevanje ne vleče. »Takih ne rabimo,« mi je spustil. Tako sem iz realizma prešel še v postmodernizem, v katerem delaš vse, raziskave, razvoj za industrijo, predavanja in izpite, konference, pišeš knjige, vizije, strategije, zakone, predloge projektov, marketing, nastopaš v javnosti. V tem prepletenem spletu početja te nenehno žre občutek, da si v vsem samo ljubitelj. Mogel bi celo reči, da je profesionalni raziskovalec v resnici ljubitelj. In končati, da ne moreš biti raziskovalec, če nisi ljubitelj tega, kar počneš. Pravijo, da za vsakim uspešnim moškim stoji ženska. Tudi za uspešnim raziskovalcem stoji ženska in zavija z očmi.

Poleg raziskovanja in izobraževanja vrhunskih mladih kadrov ter sodelovanja z gospodarstvom je Institut močno vpet v širše družbeno dogajanje, velikokrat kot pobudnik in nosilec dejavnosti. Že Peterlin je govoril, da je Institut tudi kulturno središče. To pogosto poudarjam. Institut je ustanovil prva odcepljena podjetja, prvi tehnološki park, Politehniko, zdaj Univerzo v Novi Gorici, Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana, vrsto tehnoloških centrov in konzorcijev, infrastrukturnih omrežij. Prvi internet je bil vzpostavljen na Institutu, prav tako prva spletna stran. Institut je vseskozi dejaven pri oblikovanju strokovnih podlag pomembnih državnih politik, naj omenim vsaj področja jedrske varnosti in energetike, okolja, meroslovja, informatizacije, zadnji čas je aktiven tudi pri oblikovanju in izvajanju nacionalne strategije pametne specializacije.



Institut poganja svoje korenine iz mnogoterih sodelovanj na raziskovalnem, razvojnem in izobraževalnem področju. V prvi vrsti s prijateljskimi inštituti, na nekaterih področjih, še najbolj v fiziki, pa je Institut kar zraščeno z Univerzo v Ljubljani,

zadnji desetletji pa tudi z Univerzo v Novi Gorici in z Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana. Prav tako bogato je tudi sodelovanje z gospodarskimi družbami, z nekaterimi poteka več desetletij. In kako ne omeniti odličnega sodelovanja z mediji. Najbolj pomembno pa je, da Institut leto za letom razvija humano in plemenito poslanstvo, ki generacije mladih in najbolj talentiranih ustvarjalcev vleče in navdihuje, da posvetijo svoje življenje znanosti in razvoju in da brez povratne vozovnice vstopajo v svet nenehnega iskanja. V tem prepoznaš zgodovinske in kulturne razsežnosti, ki jih ima naš Institut za slovenstvo in daleč, daleč preko tega. Vsem, ki so pustili sled, se ob sedemdeseti obletnici iskreno zahvaljujem.

Kot sem zapisal v naši novi knjigi fotografij z naslovom Iskanja z navdihom: »Nobena ideja ni tako

nora, da je ne bi bilo vredno preizkusiti, in nobeno spoznanje ni tako blizu resnici, da ga ne bi mogli ovreči.« Ko je Einstein razdelil naloge za izpit, ga je študent opomnil, da so vprašanja enaka lanskim. »Drži, samo odgovori so letos drugačni,« je odvrnil slavni profesor.

Na Institut sem začel zahajati v študentskih letih, tako rekoč še kot otrok, in zdaj po enainštiridesetih letih in več govorim pred vami, tako rekoč kot otrok. Biti otrok na najbolj resni ustanovi v državi je edinstven in nedosegljiv privilegij, ki ga imamo mi na Institutu. Vodi nas otroški navdih, ustvarjalnost in otroška vedoželjnost, odprtost norim idejam, različnost pogledov, zagledanost v prihodnost, okuženost z odkrivanjem in raziskovanjem ter naša enkratna predanost inštitutu. Ker mi nismo inštitut, temveč smo Institut »Jožef Stefan«.

## PRAZNOVANJE 70. LETNICE INSTITUTA

Uvodnemu nagovoru direktorja IJS je sledil slavnostni nagovor **predsednika Vlade Republike Slovenije Marjana Šarca**. Zbrane je spomnil na pomen inštituta za Slovenijo in njegove mednarodne razsežnosti. Dejal je tudi, da verjame, da bo Institut »Jožef Stefan«, kot največja referenca, ki jo ta država ima na področju znanosti, raziskav in razvoja, še naprej tako ponosno nosil svoje ime. Ob tem je še spomnil, da je bil prav Jožef Stefan prvi Slovenec, po katerem so poimenovali kateri koli zakon, na kar smo prav tako lahko ponosni. Zbranim je ob koncu iskreno čestital ob visokem jubileju inštituta. Sledilo je predavanje osrednjega predavatelja letošnjih Stefanovih dnevov **prof. Vijaja Kumarja** z Univerze Penn (ZDA) o letečih robotih.



Predsednik Vlade RS in direktor IJS



Predsednik Vlade med slavnostnim nagovorom



Prof. Vijaj Kumar

## PREJEMNIKA ZLATEGA ZNAKA JOŽEFA STEFANA ZA LETO 2019

Nagrado zlati znak Jožefa Stefana za leto 2019 sta prejela **dr. Primož Koželj** in **dr. Victor Vega Mayoral**. V nadaljevanju objavljamo utemeljitvi.

**Dr. PRIMOŽ KOŽELJ** je nagrado prejel za odmevnost doktorskega dela z naslovom »**Fizikalne lastnosti visokoentropijskih kovinskih zlitin in primerjava s kompleksnimi medkovinskimi spojinami**«; delo pod mentorstvom prof. dr. Janeza Dolinška je opravil na Odseku za fiziko trdne snovi Instituta »Jožef Stefan«.



**Dr. Primož Koželj in dr. Victor Vega Mayoral**

Dr. Primož Koželj je prvi odkril superprevodnost v visokoentropijskih zlitinah, to je zlitinah pet do dvajset elementov v približno enakih razmerjih, za katere je značilen velik nered. Doslej je glavnina raziskav teh snovi obravnavala njihove mehanske lastnosti. Ugotovili so, da imajo ugodne lastnosti, kot so velika trdota, trdnost, odpornost proti oksidaciji pri visokih temperaturah, odlična vlečnost in odpornost proti koroziji. So pa pri navadnih temperaturah slabi električni prevodniki. Dr. Primož Koželj je med drugim meril električno upornost zlitine talija, niobija, cirkonija, hafnija in titana. Odkril je, da pade pri temperaturah nekaj stopinj nad absolutno ničlo na nič, da torej postane superprevodna. To je bilo veliko presenečenje, saj so poznani mehanizmi superprevodnosti vezani na urejene kristalne strukture. Pojav je zelo robusten in ima dokaj visoko kritično magnetno polje, kar bi bilo lahko zanimivo tudi za uporabo. Rezultate doktorskega dela je dr. Primož Koželj objavil v prestižni reviji *Physical Review Letters*, kje je prvi

avtor in ima članek doslej okoli 80 citatov. Iz dela je objavil še dva članka z okoli 30 citati. O pomenu odkritja superprevodnosti v visokoentropijskih zlitinah priča tudi, da je delo citirano v najuglednejših znanstvenih revijah, kot so *Nature Communications*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* in *Physical Review Letters*.

**DR. VICTOR VEGA MAYORAL** je nagrado prejel za odmevnost doktorskega dela »**Fotofizika dihalogenidov prehodnih kovin, pridobljenih preko eksfoliacije v tekoči fazi**«. Raziskovalno delo je opravil na Odseku za kompleksne snovi Instituta »Jožef Stefan« pod mentorstvom prof. dr. **Christopha Gadermaierja**.

V svoji doktorski disertaciji se je dr. Victor Mayoral ukvarjal z eksfoliacijo dihalogenidov prehodnih kovin. Posebej se je osredinil na raziskave volframovega disulfida, ki ga v eksfoliirani obliki lahko koristno uporabimo pri razvoju novih 2D-črnih za tiskanje elektronskih vezij. Navadno imajo eksfoliirane disperzije široko porazdelitev debelin posameznih ploskev, kar precej omejuje njihovo uporabo v optoelektronskih napravah. Dr. Mayoral pa je razvil nov protokol poeksfoliacijskega centrifugiranja, ki privede do vzorcev z do 90-odstotnim volumenskim deležem monoplasi. S tem se kvantni izkoristek disperzije lahko poveča tudi za 14-krat. Prav tako je razvil nove metodološke načine za oceno povprečne debeline in prečne dimenzije dispergiranih ploskev ter volumenskega deleža monoplasi v disperziji. Pomemben del disertacije dr. Mayoral je tudi nov način uporabe časovno ločljive črpalno-testne spektroskopije za raziskovanje dinamike fotovzbujenih stanj v volframovem in molibdenovem disulfidu. Ločljivost metode je nekaj femtosekund. Opisani dosežki omogočajo izjemno dober nadzor nad eksfoliacijo in ponujajo povsem nove možnosti za krojenje ustreznih disperzij, s tem pa precej bolj natančno in učinkovito izdelavo 2D-črnih.



## ZMAGOVALNI PROJEKT DIREKTORJEVEGA SKLADA 2019

je projekt z naslovom *Izmuzljive reaktivne zvrsti pod ekstremnimi pogoji*, ki ga je predlagala skupina raziskovalcev, in sicer **dr. Matic Lozinšek** in **dr. Blaž Alič**, oba iz Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo (K1), ter **dr. Mirela Dragomir** in **dr. Kristian Radan**, oba iz Odseka za elektronsko keramiko (K5).

Strokovni svet direktorja v sestavi prof. dr. Igor Muševič, prof. dr. Janko Kos, prof. dr. Gregor Papa in direktor Instituta prof. dr. Jadran Lenarčič je izvedel evalvacijski postopek, ki je vseboval tudi predstavitev projektov. Na letošnji razpis je prispelo osem prijav.

V nadaljevanju objavljamo utemeljitev strokovne komisije.

### Utemeljitev

Med predlaganimi je navedeni projekt najbolj obetajoč po merilih, kot jih predvidevajo Pravila o oblikovanju, upravljanju in uporabi direktorjevega sklada. Na visokem nivoju so izvirnost in atraktivnost, kvaliteta predlagateljev, vizija in dolgoročnost, novost in perspektivnost, multi-disciplinarnost, pričakovani vpliv na razvoj Instituta ter primernost predlagane raziskovalne infrastrukture. Ustna predstavitev projekta je bila navdušujoča, predstavljena je bila izredno zanimivo, prebojna in perspektivna tematika, s postavitvijo novega laboratorija pa se bo Institut lahko zavihtel na sam vrh na področju



**Avtorji zmagovalnega projekta: dr. Kristian Radan, dr. Matic Lozinšek, dr. Mirela Dragomir in dr. Blaž Alič**

sinteze materialov v ekstremnih razmerah. Potencial je velik tako z znanstvenega kot z aplikativnega vidika. Prvi nosilec projekta je že bil prejemnik projekta Marie Curie. Kakovost predloga projekta je zavidljivo visoka in smiselna z vidika razvoja Instituta na področju anorganske kemije. Projekt bo zbujal pozornost svetovne strokovne javnosti. Finančna struktura projekta je smiselna in korektno navedena ter povezuje dva odseka širšega področja KMBO.

*Uredništvo*

## DAN ODPRTIH VRAT

### ZA UVOD V PRAZNOVANJE SEDEMDESETE OBLETNICE INSTITUTE »JOŽEF STEFAN« - DAN ODPRTIH VRAT IJS

Urška Mrgole, Robert Premk, Center za prenos tehnologij in inovacij, Institut "Jožef Stefan"

Uvodni dogodek večdnevnega praznovanja sedemdesete obletnice Instituta »Jožef Stefan« je potekal v soboto, 23. 3. 2019, ko je v organizaciji **Centra za prenos tehnologij in inovacij** in v sodelovanju z **raziskovalnimi odseki na Institutu** potekal **dan odprtih vrat na Institutu »Jožef Stefan«**. Raziskovalci instituta so množici okrog 1 000 ljudi z veseljem predstavili vse, kar je obiskovalce zanimalo.

Vodeni ogledi odsekov, centrov in laboratorijev so potekali vsako polno uro od devete ure naprej. Obiskovalci so se lahko neposredno seznanili z raziskovalnim delom glede na izbrani program. Le-ti so obsegali vprašanja o veselju in življenju, o božjih

delcih in njegovih večjih bratih, na kakšen način gradimo sodoben svet in kako je pravzaprav sestavljen (atomi, molekule), o svetu v malem (mikroskopiji), kot tudi o vsebinah o stičišču naravnega in digitalnega, življenja v čipih in čipov za življenje.

Raznovrstne in praktično naravnane vsebine je obogatila vedno odlično obiskana Šola eksperimentalne kemije z zanimivimi in navdušujočimi preizkusi, dodatno pa je pred glavno stavbo Instituta potekala predstavitev virtualne resničnosti Odseka za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev, obiskovalci pa so se lahko preizkusili tudi na posebno zasnovanem kolesu Odseka za nanostrukturne materiale, ki je

s poganjanjem proizvajal električno energijo. Pri prvih so obiskovalci dobili vpogled v svet največjih eksperimentov na svetu, postavljenih v okolje institucij, kot so CERN v Ženevi in KEK na Japonskem, pri drugem pa so lahko preverili, koliko časa bi lahko gledali televizijo ali igrali igrice, če bi si energijo za to morali proizvajati sami.



Dan odprtih vrat IJS je namenjen posameznikom, družinam in podjetnikom (foto: Urška Mrgole)

Vzporedno z dogajanjem na Jamovi cesti 39 v Ljubljani je bil organiziran brezplačen povratni avtobusni prevoz do Reaktorskega centra v Podgorici. Poleg raziskovalnega reaktorja TRIGA in razstave o jedrski tehnologiji je program vključeval še ogled edinega slovenskega pospeševalnika TANDETRON Odseka za znanosti o okolju in Centra za energetske učinkovitost.

Z dnevom odprtih vrat se tudi Institut »Jožef Stefan« aktivno vključuje v proces vzpostavljanja učee se družbe in razmahu zanimanja otrok, učencev,

dijakov, študentov ter odraslih za naravoslovje. To potrjujejo tudi vtisi obiskovalcev. Posameznike na Institut privabi njihova lastna radovednost o tem, kaj se skriva za vrati Instituta in kako se raziskovalno delo izraža v vsakdanjem življenju. Družine prihajajo na Institut predvsem z namenom ciljno usmerjenega in dolgoročnega načrtovanja poklicne poti otrok ter spodbujanje zanimanja za naravoslovje. Hkrati pa je dan odprtih vrat Instituta »Jožef Stefan« odlična priložnost za podjetja, da si ogledajo laboratorije Instituta in tako dobijo prvi vtis o možnostih vzpostavitve sodelovanja med gospodarstvom in raziskovalci IJS.



Sončen dan je privabil prve obiskovalce na osrednji prizorišči Instituta že pred deveto uro, mnogi pa so se zadržali tudi po izteku ogledov. Obiskovalci vseh starosti so nas obiskali iz celotne Slovenije, nekaj pa jih je bilo tudi iz tujine. Dogodek je bil odličen uvod v **27. dneve Jožefa Stefana**, ki so se nadaljevali v naslednjih dneh z bogatim programom in drugimi aktivnostmi.

## DAN ODPRTIH VRAT 2019 IN ZNANSTVENIKI, KI TO ŠE BODO

Tekst in foto: Nina Reščič, Odsek za inteligentne sisteme (E-9)

Prelepa sončna sobota, tretja v marcu, je v prostore inštituta ponovno privabila veliko število obiskovalcev. Tokrat je dan odprtih vrat odprl že 27. dneve Jožefa Stefana, ki so bili letos zaradi praznovanja 70-letnice inštituta posebno slovesni.

Na dnevu odprtih vrat vedno srečamo majhne in malo večje otroke, družine, stare starše ali pa odrasle posameznike, ki jih zanima, kaj vse zna umetna inteligenca, kako je videti magnetna tekočina, pa če so elektronski mikroskopi res najboljši za opazovanje žuželk in kateri materiali so najbolj

odporni in bi jih superjunaki lahko uporabili za svoj oklep. Ker Institut »Jožef Stefan« letos piha že svojo 70-svečko, je treba zagotoviti, da bo tudi čez 30 let poln znanstvenikov, ki bodo odkrivali še neodkrita skrivnosti. Med obiskovalci smo zato tokrat poiskali znanstvenike v nastajanju – od tistih najmanjših, pa do tistih nekoliko večjih, ki se bodo že čez nekaj let odločali za nadaljnje šolanje.

Zanimalo nas je, kako v divjini prepoznaš čisto pravega znanstvenika, koliko se jih potika po IJS in kateremu od njih se bodo čez nekaj let pridružili.



Mladi sogovorniki so razmišljali o tem, kaj potrebujemo za boljši svet in kaj vse je še potrebno odkriti.

**Anže (9 let) in Tine (5 let)** sta na dan odprtih vrat pripeljala svojega očeta. Oba najbolj zanimajo roboti. "Znanstvenika prepoznaš po dolgi beli halji in očalih. Ja, očala mora imeti. Danes sva srečala 3 prave znanstvenike. No, mogoče 5. Ko bova midva znanstvenika bova odkrila napoj, ki te poveča in pomanjša (Anže) in robote, ki bodo sami gradili hiše (Tine)."



**Maks (12 let) in Nenad (11 let)** sta na dan odprtih vrat prišla skupaj in s sabo pripeljala še Maksovega očeta. "Znanstvenike prepoznaš po beli halji. Večina dela v laboratorijih ni pa nujno – odvisno od področja. Drugih posbnosti nimajo. Ko bova znanstvenika, bova poskušala odkriti zdravilo, za katero od bolezni, ki jih zdaj še ne znamo zdraviti. Zanimivo bi bilo razviti tudi kak pripomoček za lajšanje vsakdanjega življenja, na primer kaj za lažje dvigovanje težkih bremen."



**Eva (11 let)** je na dan odprtih vrat prišla z bratom in starši. Prišli so, ker je en od bratov izredno navdušen nad fiziko. "Znanstvenika navadno prepoznaš po beli halji in očalih. Vedno imajo pri sebi kemične svinčnike, da si lahko kaj zapišejo ... Danes sem videla vsaj 5 znanstvenikov. Sama bi si kot znanstvenica želela delovati na področju okolja – odkriti kakšen material, ki bi zamenjal plastiko."



**Luka (11 let)** je na DOV prišel z starši in bratcem. Najbolj ga zanimata fizika in kemija. "Znanstvenika prepoznaš po posebni uniformi (beli), nosi posebne pripomočke, na primer, čaše, epruvete, svinčnik, kemični svinčnik ... Takih znanstvenikov sem danes srečal kakšnih 5. Ko bom velik, bom fizik. Želim si odkriti kakšne nove delce."

**Jakob (9 let in pol) in Lovro (7 let)** sta na dan odprtih vrat s sabo pripeljala svojo mami. Najbolj sta se veselila odsekov za fiziko in robotiko. "Če pristopiš do nekoga in mu postaviš zelo težek račun, ki ga zna takoj rešiti iz glave, potem je zagotovo znanstvenik. Ko bova midva znanstvenika bova poskusila odkriti nove načine za analizo glasbe in zvoka (Jakob) in odkriti, kje se še lahko najde prave zaklade (Lovro)."



**Gaja (6 let) in Vita (8 let)** sta prišli s starši. Najbolj so ju navdušili kemijski eksperimenti, najbolj od vsega pa izdelava sladoleda. "Znanstveniki se po ničemer ne razkikujejo, zato jih je težko prepoznati. Ko bova midve znanstvenici, se bova trudili, da bi odkrili način za najhitrejšo izdelavo čokolade."



**Vito (11 let)** je IJS obiskal z očetom. "Vsi znanstveniki nosijo belo haljo in očala. Prav vsi. Danes sem tukaj že dve uri in nisem videl še nobenega znanstvenika, samo predavatelje."

Mislim, da na Institutu sicer dela več kot 100 znanstvenikov. Ko bom





velik, si tudi jaz želim biti znanstvenik, ker me res zanima kemija. Rad bi odkril način, kako neki predmet utekočiniti in ga potem spet spraviti v prvotno obliko. To bi bilo lahko zelo praktično, ker bi namesto velikih predmetov s sabo nosil samo stekleničko z utekočinjenim predmetom.”

**Katarina (10 let)** je prišla z očetom. “Navdušena sem nad kemijo, biokemijo in superprevodniki. Veselim se ogleda odseka za fiziko. Znanstevik je lahko oblečen v belo haljo. Pri sebi ima vedno svinčnik in beležko, da si lahko zapiše



idejo, ki ga prešine. Mislim, da ste znanstveniki vsi, ki delate na IJS. Tudi mene znanost zelo zanima. Ko bom znanstvenica, si bom prizadevala odkriti način za bolj ekološke avtomobile –sedaj avtomobili povzročajo veliko onesnaženje, nevarno je tudi, da bomo ostali brez katerega od naravnih bogastev. Na primer, nafte bo enkrat zmanjkalo. Ravno danes zjutraj sem razmišljala, da bi bilo super, če bi lahko avtomobili vozili na zrak. Zraka imamo okrog sebe dovolj.”

**Živa (10 let)** je bila najbolj navdušena nad kemijo, biokemijo in robotiko. “Znanstevika vsaj danes lahko prepoznaš po modrem puloverju. Videla sem jih vsaj toliko, kot je modrih puloverjev. Ko bom znanstvenica, bi želela delati na področju kemije ali biokemije. Predvsem bi rada delala z mikroskopom. Super bi bilo, če bi se dalo videti stvari, ki se jih zdaj še ne da.”

## IZZID KNJIGE

### ISKANJA Z NAVDIHOM 1949–2019

V osmo desetletje smo na Institutu po besedah direktorja Jadrana Lenarčiča vstopili s pogledom v prihodnost. Ob tej priložnosti smo na Institutu izdali knjigo z naslovom “Iskanja z navdihom 1949–2019”, za katero sta fotografije posnela svetovno priznani fotograf Arne Hodalič in njegova sodelavka Katja Bidovec. V fotografski objektiv sta ujela raziskovalce pri delu, laboratorije, merilne instrumente in laboratorijsko opremo. To fotografsko povsem neprivlačno okolje sta prikazala v drugi podobi. Knjigo pa je na pot spremila direktorjeva misel “Nobena ideja ni tako nora, da je ne bi bilo vredno preizkusiti, in nobeno spoznanje ni tako blizu resnici, da ga ne bi mogli ovreči”, ki razkriva značilnosti raziskovalnega dela, preprečeno iskanje inovativnosti in novih rešitev.



Direktor IJS in fotografa na predstavitvi knjige, 20. marca 2019

*Uredništvo*

## RAZSTAVA ZGODOVINSKIH FOTOGRAFIJ

### RAZSTAVA UTRINKI 1949–2019

Ob 70-letnici Instituta »Jožef Stefan« je bila v ponedeljek, 18. marca 2019, v Galeriji IJS odprta razstava z naslovom Utrinki 1949–2019.

Avtor razstave mag. Marjan Verč je na sedmih panojih predstavil sedem desetletij dela in dosežkov sodelavcev Instituta, na osmem pa poudaril glavne mejnike v dosedanji zgodovini Instituta »Jožef

Stefan« in na kratko predstavil tudi fizika Jožefa Stefana, po katerem Institut nosi ime.

Postavitev razstave je bila zasnovana premišljeno in iz 562 slik zgrajena zelo simbolično. Na vsakem od sedmih dva metra visokih panojev je v ozadju sedemdeset fotografij. Večina je črno-belih, na vsakem pa je le nekaj barvnih, ki spominjajo na utrinke na nebu (kar ponazarja ime razstave). Število barvnih

fotografij v ozadju pomeni desetletje delovanja IJS (na prvem panoju je barvna ena fotografija ozadja, na zadnjem jih je sedem). Na panojih so tudi fotografije vseh dosedanjih direktorjev s pripisom imena, priimka in obdobja vodenja Instituta.



V osrednjem delu vsakega dvometrskega panoja je deset velikih fotografij, ki s podnapisi predstavljajo pomembne dosežke tistega desetletja. Tudi teh fotografij je sedemdeset in tvorijo z ozadjem svojevrstno matriko.

Pri nastajanju razstave je bil poleg vizualnega videza, ki je plod dolgoletnega sodelovanja z umetnostno zgodovinarico in likovno kritičarko Tatjano Pregl Kobe, posebej izražen tudi vsebinski vidik. Potrebno

je bilo pregledati celotno zgodovino IJS in za vsako desetletje poudariti le deset dosežkov, poleg tega pa najti še ustrezno in kvalitetno fotografijo. Avtorju projekta mag. Marjanu Verču je pri tem z veliko strokovnostjo, odgovornostjo in veseljem priskočil na pomoč dr. Viktor Dimic, dolgoletni institutski sodelavec.

Razstava, ki je zanimiva za nekdanje in tudi sedanje sodelavce in vse druge, ki jih zanima delo in dosežki mednarodno uveljavljenega Instituta »Jožef Stefan«, bo **na Jamovi in na Reaktorskem centru v Podgorici (odsek O-2) na ogled do konca leta.**



**Marjan Verč, Tatjana Pregl Kobe in dr. Viktor Dimic**

## NOVI PROJEKTI

### MEDNARODNO SODELOVANJE Z GOSPODARSTVOM: NOV USPEH RAZISKOVALCEV IJS IN CTT

S ponosom sporočamo, da je bil v financiranje v okviru pilotne sheme Evropske komisije KET4CleanProduction izbran že tretji projekt z Instituta »Jožef Stefan«, saj je bilo na razpisu izbrano projektno sodelovanje Odseka za fizikalno in organsko kemijo K3 z Instituta »Jožef Stefan« ter inovativno in razvojno intenzivno portugalsko proizvodno podjetje ChemiTek za projektno nalogo z naslovom »Hydrophobic top coat for marine application«. Pri projektu sodeluje tudi portugalski tehnološki center

INL – International Iberian Nanotechnology Laboratory. Na Centru za prenos tehnologij in inovacij z Instituta »Jožef Stefan« kot sooblikovalci pilotnega razpisa pod okriljem KET4CleanProduction (projekti do 50 000 evrov za financiranje storitev, ki jih proizvodno podjetje naroči dvema raziskovalnima institucijama) nosilec izbranega projekta iskreno čestitamo!

*Tomaž Justin*

## SUPERPREVODNOST V VISOKOENTROPIJSKIH ZLITINAH

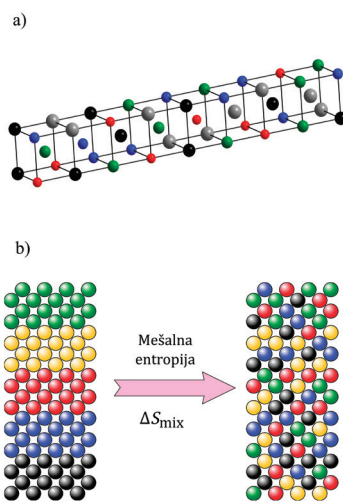
Dr. Primož Koželj, Odsek za fiziko trdne snovi (F5) in Fakulteta za matematiko in fiziko UL

Človeštvo s pridom uporablja kovine in njihove zlitine že vse od prazgodovine, npr. bron od pribl. 3000 pr. n. št. Večino standardnih kovinskih sistemov z enim glavnim elementom, npr. železom (jekla), aluminijem, bakrom, titanom in magnezijem, pa smo skoraj do popolnosti izpilili že do 70. let prejšnjega stoletja. Glede na povedano bi si lahko mislili, da so fizikalne lastnosti kovinskih zlitin področje, ki je že nekaj časa domena industrije, in ne več bazičnih raziskav. Da to ni tako, že nekaj časa skrbijo novoodkriti kovinski sistemi, v katerih je več glavnih elementov zastopanih v primerljivih koncentracijskih razmerjih. Ti sistemi s seboj prinesejo dovolj velike spremembe strukture materiala, da pod vprašaj postavijo naše običajne načine za razumevanje kovinskih zlitin. Npr. v kompleksnih kovinskih spojinah so te spremembe gigantske osnovne celice, ki lahko vsebujejo tudi do nekaj tisoč atomov; v kvazikristalnih urejenost ob pomanjkanju periodične kristalne strukture in prisotnost kristalografsko prepovedanih simetrij ter v kovinskih steklih popolnoma neurejena struktura.

Med najnovejšimi strategijami za tvorjenje novih kovinskih zlitin je koncept visokoentropijskih zlitin (angl. *high-entropy alloy*, HEA). Ta prispevek bo na kratko prikazal, kako smo med raziskovanjem visokoentropijskih zlitin odkrili prvo superprevodno visokoentropijsko zlitino.

### Kaj so visokoentropijske zlitine

Večkomponentnih zlitin s pet ali več elementi se do konca 20. stoletja skoraj ni raziskovalo, ker se je predvidevalo, da takšne zlitine niso stabilne oziroma da bodo ob ohlajanju iz taline naravno razpadle nazaj na elementarne kovine ali preproste binarne zlitine/spojine. V prvih letih 21. stoletja pa so se pojavili prvi članki, ki so poročali o stabilnosti zlitin s pet ali več elementi. Še najpomembnejša sta članka tajvanskega raziskovalca Yeh-a in sodelavcev [1, 2], ki sta vpeljala koncept visokoentropijskih zlitin in



**Slika 1: a) Shematski in idealiziran prikaz visokoentropijske zlitine s petimi elementi. b) Shematski prikaz: Ko gre večkomponenten sistem od popolnoma urejene do popolnoma neurejene razporeditve, se njegova entropija poveča za entropijo mešanja  $\Delta S_{\text{mix}}$ .**

številu elementov ter nam tako omogočajo, da tvorimo večkomponentne zlitine s pet ali več glavnimi elementi, kar do tedaj ni bilo mogoče – slika 1a za simboličen prikaz. Da so argumentirali stabilnost, so ocenili znižanje Gibbsove proste energije ob mešanju, torej  $\Delta G_{\text{mix}} = \Delta H_{\text{mix}} - T \Delta S_{\text{mix}}$ , ob predpostavki, da je mešanje elementov na končni kristalni mreži popolnoma naključno. Ključen prispevek k entropiji mešanja  $\Delta S_{\text{mix}}$  je konfiguracijska entropija, to je entropija, ki je prisotna zaradi možnosti zamenjav atomov različnih elementov med sabo. Na sliki 1b je ilustriran hipotetičen kovinski sistem, sestavljen iz atomov petih različnih vrst, pri katerem je na levi strani urejena konfiguracija, kot bi jo imeli npr. ob začetku sinteze, na desni pa popolnoma naključna, končna razporeditev atomov, kot jo imamo tik pod temperaturo tališča in ki se zaradi počasne atomske difuzije obdrži tudi do sobne temperature. Med urejenim začetnim stanjem in neurejenim, naključno premešanim, stanjem sistem pridobi  $\Delta S_{\text{mix}}$  entropije. Konfiguracijska entropija je pri dani izbiri elementov največja za ekvimolsko (oziroma ekvimolarno) sestavo – takšno, kjer je posameznih elementov enako, npr.  $\text{Ta}_{20}\text{Nb}_{20}\text{Hf}_{20}\text{Zr}_{20}\text{Ti}_{20}$ . Entropija narašča tudi s šte-

utemeljila osnovni stabilizacijski mehanizem njihove strukture.

Narava ne teži k minimizaciji energije, kot pogosto nekoliko preveč površno povzamemo. Za sistem pri konstantnem zunanjem tlaku v resnici teži k minimizaciji Gibbsove proste energije  $G = H - TS$ , v kateri nastopajo entalpija  $H$ , temperatura  $T$  in entropija  $S$ . V entalpiji  $H$  se skrivajo energijske ugodnosti ali neugodnosti zaradi privlaka oziroma odboja med atomi ter energijska kazna zaradi popačenja mreže ob mešanju atomov različnih velikosti. Eden od mogočih tipov kovinskih zlitin so trdne raztopine. To so sistemi kovin, npr. binarne mešanice zlata in cinka, kjer imamo enovito, npr. telesno centrirano, kristalno mrežo, na kateri pa so naključno razporejeni atomi zlata in cinka. Preboj Yeha in sodelavcev je v resnici v tem, da so pokazali, da so trdne raztopine stabilne tudi pri večjem



vilom elementov, npr. večja kot za  $Ta_{25}Nb_{25}Hf_{25}Zr_{25}$  je za  $Ta_{20}Nb_{20}Hf_{20}Zr_{20}Ti_{20}$ , pri tem pa je zelo ugodno, da je že za petkomponentno ekvimolsko zlitino prispevek entropijskega člana  $k\Delta G_{mix}$  dovolj velik, da lahko stabilizira naključne trdne raztopine. Yeh in sodelavci [1, 2] so tako definirali visokoentropijske zlitine (angl. *high-entropy alloy, HEA*) kot zlitine, ki vsebujejo 5 ali več glavnih elementov, to je elementov z atomskimi deleži med 5 % in 35 %. Beseda »visokoentropijski« v imenu zlitin se nanaša na stabilizacijski mehanizem preko visoke entropije mešanja. Definicija namenoma ne vsebuje zahteve po ekvimolski sestavi, da je mogoče načrtovati in izdelati pestrejši nabor zlitin. Visokoentropijske zlitine lahko nastanejo kot ena sama trdna raztopina na telesno centrirani kubični mreži v AlCoCrFeNi ali v WNbMoTaV, ena sama trdna raztopina na ploskovno centrirani kubični mreži v CoCrFeMnNi, trdna raztopina na heksagonalni mreži v HoDyYgGdTb ali pa kot kombinacija dveh trdnih raztopin, ene na ploskovno in ene na telesno centrirani kubični mreži v CuCoNiCrAlFe.

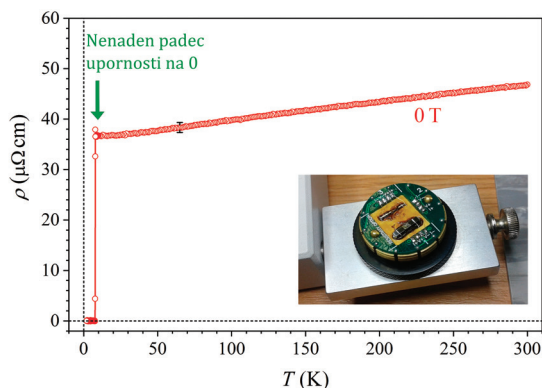
### Odkritje superprevodnosti v visokoentropijskih zlitinah

Raziskave naše skupine (pod vodstvom prof. dr. Dolinška) na tematiko visokoentropijskih zlitin so se začele z vzorcem  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_{8}Zr_{14}Ti_{11}$ , ki smo ga dobili v letu 2013 kot del skupnega projekta z dr. Michaelom Feuerbacherjem z raziskovalnega centra v Jülichu v Nemčiji ter skupino prof. dr. Walterja Steurerja z ETH Zürich, Švica. Vzorec je bil po dokaj standardni sintezi iz mešanice surovin visoke kvalitete z obločnim plamenom še dodatno obdelan s conskim taljenjem pri 2 300 °C. Zadnji korak je bil namenjen izboljšanju homogenosti vzorca, končni rezultat pa je bil vzorec iz več zrn velikosti 200  $\mu m$  do 300  $\mu m$  in z variacijo sestave po vzorcu le okoli 1 %. Vse vrhove v rentgenskem difrakcijskem spektru je bilo mogoče indeksirati z eno samo telesno centrirano kubično fazo z mrežno konstanto  $a = 0,336(2)$  nm. Prvotni cilj naše raziskave (referenca [3]) je bil predvsem z vzorcem boljše kvalitete preveriti do tedaj znane lastnosti iz literature, npr. napovedi o relativno slabi električni in toplotni prevodnosti zaradi sipanja na neurejeni kristalni mreži [4]. S stališča bazičnih raziskav v fiziki so visokoentropijske zlitine zanimive kot kovinski sistem, ki je hkrati delno urejen in hkrati delno neurejen. Nazorno jih lahko opišemo kot »kovinsko steklo na urejeni kristalni mreži«, s čimer poudarimo, da so topološko urejene (imajo kristalno mrežo), sicer pa so kemijsko popolnoma neurejene (atomi so naključno premešani kot v kovinskih steklih).

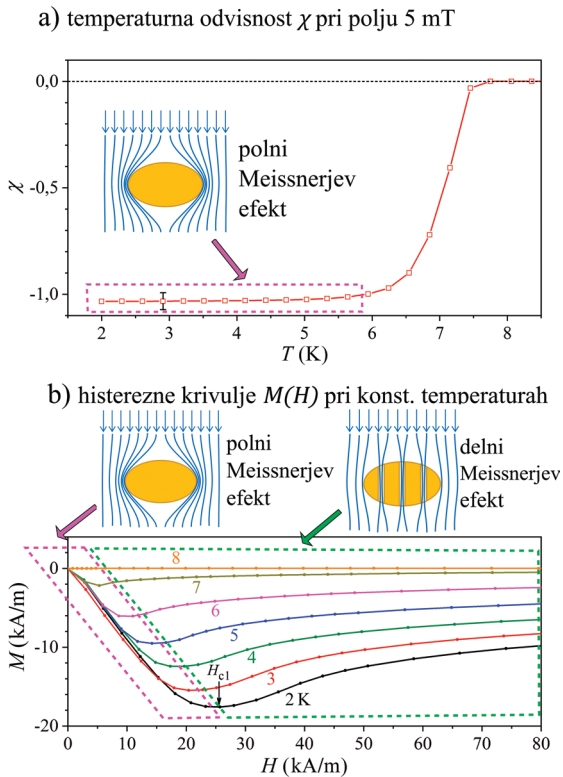
Že kmalu po začetku meritev fizikalnih lastnosti smo spoznali, da imamo opravka s superprevodnikom. Kakršna koli objava o prvem superprevodniku v novi skupini materialov zahteva veliko mero prepričljivih argumentov, v našem primeru pa je bila zadeva še nekoliko bolj zahtevna. Kot prvo so vsi elementi, ki nastopajo v  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_{8}Zr_{14}Ti_{11}$ , superprevodni že kot čiste kovine (a imajo z izjemo Nb in Ta precej slabe lastnosti). Kot drugo bi bilo mogoče, da bi kje v vzorcu nastala kakšna superprevodna binarna kombinacija elementov, npr. kak majhen skupek ali kak večji kos NbTi, ki je eden najbolj znanih superprevodnikov. Odločili smo se, da bomo opravili čim večji nabor različnih meritev – meritev električne upornosti, magnetnih lastnosti ter specifične toplotne – da bi čim jasneje prikazali superprevodnost v  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_{8}Zr_{14}Ti_{11}$  in karakterizirali njene lastnosti. Za vse meritve smo zaradi dodatne prepričljivosti uporabili isti košček materiala, tako da niso mogoči nobeni očitki zaradi variacije sestave med različnimi koščki vzorca.

Na sliki 2 je prikazana meritev temperaturne odvisnosti električne upornosti v  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_{8}Zr_{14}Ti_{11}$  brez magnetnega polja, ki skladno z literaturo prikazuje za kovine relativno visoko električno upornost med 36  $\mu\Omega$  cm in 46  $\mu\Omega$  cm, malenkost pod temperaturo 8 K pa imamo nepričakovan in nenaden padec upornosti na nič. Prav ničelna električna upornost je najbolj znana lastnost superprevodnikov in tudi način, kako je Kamerlingh Onnes leta 1911 odkril prvi superprevodnik, živo srebro.

Druga karakteristična lastnost superprevodnikov je Meissnerjev efekt, ki označuje izrivanje magne-



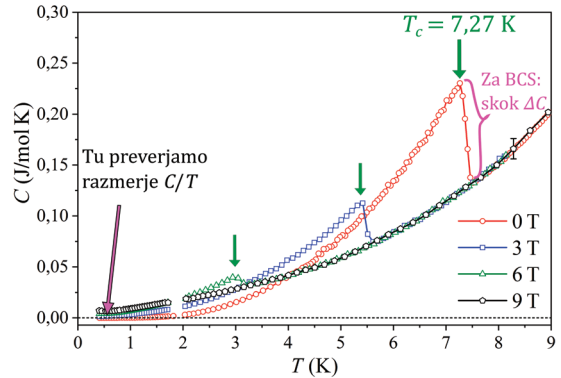
**Slika 2: Pri meritvi električne upornosti  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_{8}Zr_{14}Ti_{11}$  opazimo pod 8 K nenaden padec upornosti na nič, ki je tipičen za superprevodnike. Detajl: Fotografija dveh naših kasnejših vzorcev superprevodnih zlitin (iz ref. [9]) med pripravo za električne meritve.**



**Slika 3:** a) Magnetna susceptibilnost  $\chi$  v odvisnosti od temperature pod 8 K pade na vrednost  $-1$ , kar označuje polni Meissnerjev efekt. b) Histerezne krivulje prikazujejo režim polnega Meissnerjevega in delnega Meissnerjevega efekta, tako da je  $\text{Ta}_{34}\text{Nb}_{33}\text{Hf}_8\text{Zr}_{14}\text{Ti}_{11}$  superprevodnik tipa II.

tnega polja iz superprevodnika. Sam mehanizem tega pojava je nastajanje permanentnih električnih tokov v tanki površinski plasti superprevodnika, ki s svojim magnetnim poljem zasenčijo preostanek superprevodnika pred zunanjim magnetnim poljem. Polni Meissnerjev efekt, to je popolno izrivanje magnetnega polja oziroma magnetna susceptibilnost  $M/H = -1$ , je prikazan na sliki 3a za temperature spet pod pribl. 8 K. Poleg prikaza superprevodnosti nam magnetne meritve omogočijo še določanje tipa superprevodnika. Na sliki 3b so histerezne zanke  $M(H)$  oziroma odvisnosti magnetnega momenta od magnetnega polja pri različnih temperaturah. Iz njihovih oblik lahko sklepamo, da je  $\text{Ta}_{34}\text{Nb}_{33}\text{Hf}_8\text{Zr}_{14}\text{Ti}_{11}$  superprevodnik tipa II, saj ima tri različne režime. V režimu pod spodnjim kritičnim poljem imamo popolno izrivanje magnetnega polja iz superprevodnika oziroma polni Meissnerjev efekt,  $\chi = -1$ , kar pomeni tudi negativno strmino  $-1$  na grafu  $M(H)$ . V režimu med spodnjim in zgornjim kritičnim poljem je Meissnerjev efekt le še delen, kar pomeni, da magnetno polje delno prodira v superprevodnik v obliki tankih vrtinčnih niti normalnega materiala.

V tretjem režimu, nad zgornjim kritičnim poljem, ki je predaleč na desni, da bi bil prikazan na sliki 3b, je magnetno polje že tako veliko, da popolnoma uniči superprevodnost. Nasprotje superprevodnika tipa II je superprevodnik tipa I, ki nima vmesnega področja z delnim Meissnerjevim efektom.



**Slika 4:** Temperaturna odvisnost specifične toplote. Pozicijo vrha (zelene puščice) pri danem magnetnem polju uporabimo za določanje temperature prehoda. Višina skoka brez magnetnega polja (0 T) se dokaj dobro sklada s predvidevanji teorije BCS.

Tretja lastnost, ki smo jo merili za vzorec viskoentropijske zlitine  $\text{Ta}_{34}\text{Nb}_{33}\text{Hf}_8\text{Zr}_{14}\text{Ti}_{11}$ , je specifična toplota. Specifična toplota – to je količina toplote, ki je potrebna za segrevanje danega materiala za majhno spremembo temperature – je učinkovita metoda za iskanje faznih prehodov. Na sliki 4 je prikazan nizkotemperaturni del meritev temperaturne odvisnosti specifične toplote za različna magnetna polja, od 0 T do 9 T. Takoj lahko odčitamo pozicijo vrha brez magnetnega polja (0 T), kar vzamemo za temperaturo prehoda  $\text{Ta}_{34}\text{Nb}_{33}\text{Hf}_8\text{Zr}_{14}\text{Ti}_{11}$  v superprevodno stanje,  $T_c = 7,27$  K. Vrh v specifični toploti brez magnetnega polja je posledica tvorbe za superprevodnike značilnih Cooperjevih parov, ki imajo nižjo energijo kot posamični elektroni. Z višanjem magnetnega polja (3 T, 6 T, 9 T) se vrh premika proti nižjim temperaturam, njegovo pozicijo pa smo kasneje uporabili pri konstrukciji faznega diagrama. Najbolj znana teorija superprevodnosti, teorija BCS oziroma Bardeen–Cooper–Schrieffer, predvideva za skok v specifični toploti vrednost 1,43 glede na elektronski del specifične toplote v normalnem stanju,  $\Delta C(T_c)/C_{el}(T_c) = 1,43$ , za naš material pa smo namerili 1,63, kar pomeni, da ga je najverjetneje mogoče opisati z BCS-teorijo, in ne gre za kak bolj eksotičen superprevodnik.

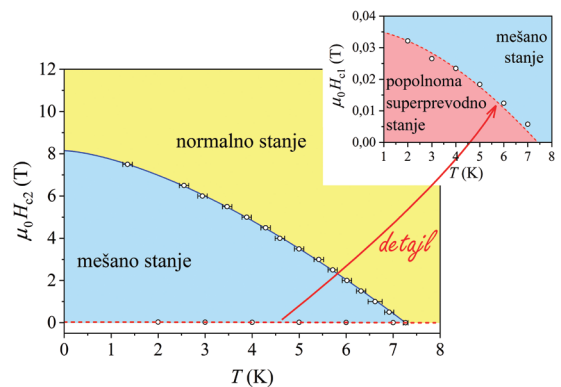
Meritev specifične toplote nam omogoča še neizpodbiten prikaz, da imamo zares superprevoden material. Težava pri prej opisani meritvi električne upornosti je, da bi načeloma lahko znotraj popolnoma navadnega materiala nastala zelo tanka nitka drugega superprevodnega materiala (npr. NbTi). Ves električni tok bi stekel po njej, ker bi bila to pot z nižjo upornostjo, in električno upornost nič bi ob meritvi dobili, kljub temu da je skoraj ves material v normalnem stanju. Tudi magnetne meritve imajo podoben tip problemov, povezan z nastankom permanentnih tokov, ki lahko zasenčijo bodisi superprevoden ali normalen material in s tem skrijejo dejstvo, da ves material ni superprevoden. Za specifično toploto te težave ni, v limiti temperature proti absolutni ničli gre razmerje specifične toplote s temperaturo  $C/T$  proti nič za superprevodnike, za kovine v normalnem stanju pa proti konstantni vrednosti. Ker smo  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$  namerili, da gre  $C/T$  natančno proti nič, lahko neizpodbitno trdimo, da je celoten material superprevoden.

Na sliki 5 je predstavljen še fazni diagram za  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$ , ki si ga morda najbolj nazorno lahko predstavljamo kot orodje, da pri danih pogojih (danem magnetnem polju in dani temperaturi) ugotovimo, v kakšnem stanju je naš superprevodnik. Ker gre za superprevodnik tipa II, imamo v faznem diagramu tri področja, ki jih razmejujeta dve črti (zgornje in spodnje kritično polje). Prvo področje ustreza normalnemu stanju, bodisi, ko je temperatura nad kritično temperaturo  $T_C = 7,27$  K ali pa ko je magnetno polje preveliko in uniči superprevodno stanje. Drugo področje je področje mešanega stanja, ko imamo skozi superprevoden material niti iz normalnega materiala in samo delni Meissnerjev efekt, vendar je električna upornost še vedno enaka nič. Tretje področje je področje popolnoma superprevodnega materiala, ko imamo poleg ničelne upornosti tudi polni Meissnerjev efekt.

V svoji objavi v *Physical Review Letters* smo tako pokazali, da je  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$  superprevodnik tipa II s temperaturo prehoda  $T_C = 7,27$  K, s spodnjim kritičnim poljem 35 mT in zgornjim kritičnim poljem 8,2 T (obe vrednosti podani pri temperaturi nič) ter da ga najverjetneje zadovoljivo opisuje teorija BCS. Demonstrirali smo tudi, da superprevodne lastnosti niso uteženo povprečje superprevodnih lastnosti posamičnih sestavnih elementov, kot bi morda pričakovali po posplošeni verziji Vegardovega pravila mešanic.

## Nadaljnje raziskave in sklepni komentar

Zgodba o superprevodnosti v visokoentropijskih zlitinah pa se ni končala na tem mestu. Jasiewicz in sodelavci [5] so z računsko metodo KKR-CPA poskušali teoretično pojasniti in interpretirati superprevodne lastnosti zlitine  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$ , ki smo jih izmerili. Tudi skupina prof. dr. Roberta J. Cave z Univerze Princeton je eksperimentalno študirala sistem visokoentropijskih zlitin Ta-Nb-Zr-Hf-Ti, pri čemer jih je zanimala optimizacija oziroma višanje temperature prehoda [6] z razmerjem med 4-valenčnimi (Hf, Zr, Ti) in 5-valenčnimi elementi (Ta, Nb), kasneje pa še zamenjave posameznih elementov z mešanicami drugih elementov. Kasneje so se lotili še odkrivanja superprevodnih visokoentropijskih zlitin, osnovanih na drugih kristalnih mrežah, npr. CsCl [7], ter eksperimentov, ki so pokazali, da zlitina iz sistema Ta-Nb-Zr-Hf-Ti presenetljivo ohranja superprevodne lastnosti tudi, kadar je izpostavljena tlakom do ekstremnih 190 GPa, kar je velikostni razred tlakov, ki nastopajo v zunanjem delu jedra Zemlje [8].



**Slika 5: Fazni diagram kot orodje, da ugotovimo, v kakšnem stanju je pri danih pogojih superprevodnik  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$ . Pri temperaturi 3 K in magnetnem polju 4 T lahko pričakujemo mešano superprevodno stanje (električna upornost nič in delni Meissnerjev efekt).**

Za konec naj omenim še našo nadaljnjo raziskavo superprevodnosti visokoentropijskih zlitin S. Vrtnik *et al.* [9], ki je potekala vzporedno z zgoraj opisanimi in del katere sem ravno tako opravil v okviru nagrajenega doktorskega dela. Pri tej raziskavi smo primerjali štiri vzorce iz sistema Ta-Nb-Hf-Zr-Ti, dva od teh sta bila popolnoma naključni trdni raztopini, pri dveh pa se je zaradi termične obdelave (1 dan pri 1 800 °C) razvila nanostruktura iz skupkov, bogatih s hafnijem in cirkonijem, v matrici, bogati z tantalom in niobijem. Nastanek nanostrukture



je ugoden zaradi grupiranja Hf + Zr in Ta + Nb, ki doseže, da so elementi, ki se med seboj odbijajo (npr. Hf in Ta), narazen, hkrati pa doseže tudi grupiranje elementov po velikosti (večja Hf in Zr skupaj ter manjša Ta in Nb skupaj), kar je energijsko ugodno zaradi manjših deformacij kristalne mreže. Prikazali smo, da je superprevodnost robustna lastnost sistema Ta-Nb-Hf-Zr-Ti, katere prisotnost ni odvisna od števila elementov (štirje Ta-Nb-Hf-Zr proti pet Ta-Nb-Hf-Zr-Ti), termične obdelave vzorcev ali nanostrukture (popolnoma naključna ali delno urejena s skupki na nanoskali). Za razumevanje detajlov superprevodnosti, npr. oblike krivulj za temperaturno odvisno specifično toploto, pa je potrebno razumeti tudi strukturo dane visokoentropijske zlitine.

Čeprav je očitno, da bo superprevodnost v prihodnosti zagotovo postala večji del našega življenja, bodisi v kakšni klasični vlogi (npr. pri slikanju z magnetno resonanco) ali v kakšni za danes morda eksotični vlogi (kot način generiranja magnetnega polja v vlakih na magnetni blazini; kot del elektromotorjev in turbin; kot učinkovita metoda za prenos električnega toka v električnem omrežju), pa vsekakor ta hip še ni hvaležno predvidevati, ali bodo superprevodne visokoentropijske zlitine del te prihodnosti. Kjer je mogoče predvideti uporabo, so kombinacija superprevodnosti plus dobrih mehanskih lastnosti, saj so pri slednjih visokoentropijske zlitine precej dobre. Pozitivni lastnosti visokoentropijskih zlitin pri dizajnu novih materialov sta možnost vplivanja na lastnosti preko variacije sestave (npr.  $Ta_{34}Nb_{33}Hf_8Zr_{14}Ti_{11}$  proti  $Ta_{20}Nb_{20}Hf_{20}Zr_{20}Ti_{20}$ ) ter preko termične obdelave, ki lahko povzroči mikro- ali nanostrukturo v materialu.

Menim, da na področju visokoentropijskih zlitin verjetno še nekaj časa ne bo zmanjkalo izzivov. Poleg superprevodnosti [3, 9] smo v zadnjih petih letih v naši raziskovalni skupini raziskovali tudi že bogat in kompleksen magnetizem v treh heksagonalnih visokoentropijskih zlitinah iz redkih zemelj, npr. HoDyYGdTb [10]; evtektični magnetni sistem CoCrFeNiZr<sub>x</sub>, kjer je mikrostruktura dovolj fina, da magnetne lastnosti niso zgolj enostavno povprečje lastnosti posameznih magnetnih faz; ter termično obdelano visokoentropijsko zlitino FeCoNiPdCu [11], ki je odličan mehkomagnetni material, primerljiv s komercialnimi materiali za aplikacije z izmeničnimi magnetnimi polji, kot so npr. elektromotorji.

- [1] J.W. Yeh, *et al.*, *Adv. Eng. Matter.* **6**, 299 (2004)
- [2] J.W. Yeh, *Ann. Chim. Sci. Mat.* **31**, 633 (2006)
- [3] P. Koželj, S. Vrtnik, A. Jelen, S. Jazbec, Z. Jagličič, S. Maiti, M. Feuerbacher, W. Steurer, and J. Dolinšek, *Phys. Rev. Lett.* **113**, 107001 (2014)
- [4] M.H. Tsai, *Entropy* **15**, 5338 (2013)
- [5] K. Jasiewicz *et al.*, *Physica Status Solidi – Rapid Research Letters* **10**, 415 (2016)
- [6] F. von Rohr *et al.*, *PNAS* **113**, E7144 (2016)
- [7] K. Stolze *et al.*, *Chemistry of Materials* **30**, 906 (2018)
- [8] J. Guo *et al.*, *PNAS* **114**, 13144 (2017)
- [9] S. Vrtnik, P. Koželj, A. Meden, S. Maiti, W. Steurer, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, *J. Alloys Compd.* **695**, 3530–3540 (2017)
- [10] J. Lužnik, P. Koželj, S. Vrtnik, A. Jelen, Z. Jagličič, A. Meden, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, *Phys. Rev. B* **92**, 224201 (2015)
- [11] P. Koželj, S. Vrtnik, A. Jelen, M. Krnel, D. Gačnik, G. Dražič, A. Meden, M. Wencka, D. Jezeršek, J. Leskovec, S. Maiti, W. Steurer, J. Dolinšek, *Adv. Eng. Mater.*, 1801055 (2019)

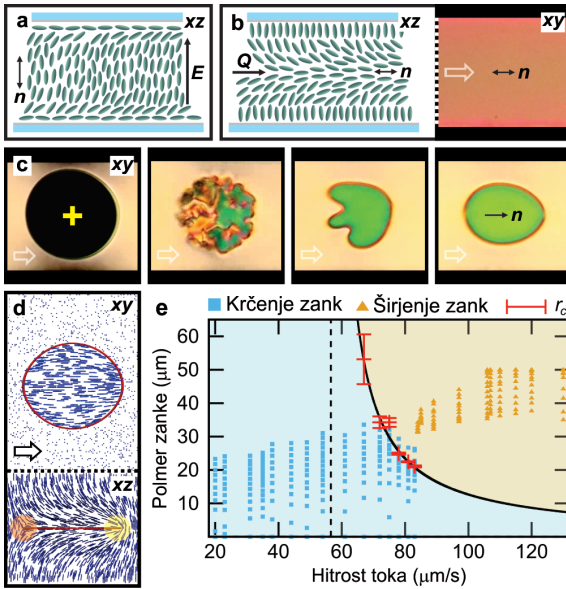
## SOOBSTOJ ORIENTACIJSKO UREJENIH STANJ V NERAVNOVESNEM TEKOČEM KRISTALU

Dr. Uroš Tkalec, F-5, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani in Fakulteta za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru

Tekoči kristali so oljem podobne tekočine, v katerih gradniki anizotropnih oblik stremijo k spontani orientacijski ureditvi vzdolž izbrane smeri, imenovane direktor. Tak orientacijski red dolgega dosega je osnovna značilnost nematskih mezofaz, ki so že desetletja eden od temeljev raziskav na področju zaslonov, senzorjev, optičnih stikal in laserskih tehnologij. Zadnja leta spoznavamo njihovo pomembno vlogo tudi v bioloških sistemih in v povezavah s topološko

diktiranimi stanji na različnih področjih fizike. Stopnjo urejenosti nematika in smer direktorskega polja določajo površine, geometrija ograditve, elastične lastnosti materiala, temperatura in zunanja polja, ki jih navadno uporabljamo za preklapljanje orientacije direktorja. Splošno znan je Freederickszov prehod, pri katerem se molekule nad določeno napetostjo zasukajo v smeri električnega polja, na primer iz vodoravne v navpično lego (slika 1a). Podoben

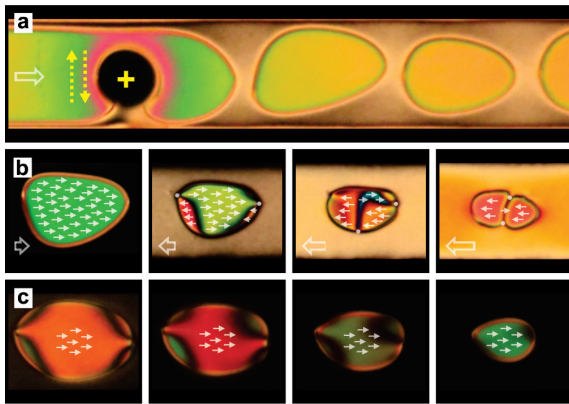
učinek lahko dosežemo s hidrodinamskim tokom v mikrofluidnem okolju [1], kjer se molekule tekočega kristala pri nekem pretoku večinsko poravnajo v smeri toka (slika 1b). Reološke lastnosti tekočin z značilnostmi nematikov in njihova strukturna organiziranost v neravnovesnih razmerah na mikroskali so zaradi kompleksne sklopitve med orientacijskim redom in hitrostnim poljem, možnosti vzbuditve lokalno urejenih stanj ter natančne kontrole teh dinamičnih pojavov v ospredju raziskav na številnih področjih znanosti [2–4].



Slika 1: (a) Pri Freederickszovem prehodu se podolgovate molekule tekočega kristala zasukajo v smeri električnega polja  $E$ ; skica je simbolična. (b) Na podoben način se direktorsko polje  $n$  v mikrofluidnem kanalčku poravnava z dovolj močnim hidrodinamskim tokom  $Q$ . (c) S tokom poravnano direktorsko polje, lahko pa ga v šibkejšem toku lokalno vzbudimo s hitrim faznim prehodom iz segrete izotropne faze (črni krog), med katerim se reorientiran nematik ujame v defektno zanko (zelena elipsa) po izklopu laserskega snopa. (d) Takšna zanka je stabilizirana z ograjujočimi površinami in tokom, zato se odziva na robne pogoje s krčenjem oziroma širjenjem. Stranski prerezi zanke pokažejo asimetrijo med sprednjim in zadnjim koncem, ki je značilna za polarni red. (e) Fazni diagram prikazuje dinamiko defektnih zank in določa njihov kritični polmer  $r_c$ , ki pomeni območje stabilnosti med krčenjem in širjenjem pri različnih hitrostih toka; povzeto po [5]. Eksperimentalne slike so narejene med prekržanima polarizatorjema. Kanalček je širok  $100\ \mu\text{m}$ .

Pred kratkim smo v članku, objavljenem v priznani reviji *Science Advances*, predstavili nov način generiranja in stabilizacije orientacijsko urejenih domen v toku nematskega tekočega kristala z lasersko pinceto in tlačno moduliranimi tokovi [5]. Pokazali smo, da lahko s kombinacijo mikrofluidike in optične manipulacije preko lokalno inducirane temperaturne spremembe sprožimo nastanek defektnih zank, ki pomenijo dinamično fazno mejo med dvema različno orientiranimi območjema v toku homogene anizotropne tekočine (slika 1c). Okolica disklinacijske zanke ima rahlo upognjeno homeotropno ureditev, ki je pravokotna na smer toka, medtem ko je direktorsko polje v tej zanki »pobeglo« oziroma poravnano s tokom nematika (slika 1d). To razliko najbolje vidimo med prekržanimi polarizatorjema, saj različne lege podolgovatih molekul v ravnini vzorca prepuščajo različne interferenčne barve svetlobe (slika 1c). Pomembno vprašanje orientacije in stabilnosti ograjene pobegle strukture v hitrostnem polju smo pojasnili z dvodimenzionalnim teoretičnim modelom in tridimenzionalnimi (3D) numeričnimi simulacijami. Določili smo kritično hitrost toka, pod katero so vse generirane domene nestabilne in se zaradi krčenja slej ko prej anihilirajo v energijsko ugodnejše homeotropno stanje. Nad kritično hitrostjo pa so domene stabilne, če presežejo kritični radij, ki je odvisen od elastičnosti in viskoznosti materiala ter linijske napetosti defektne zanke (slika 1e). Tako smo ugotovili razmere za stabilizacijo, rekonfiguracijo in relaksacijo teh lokaliziranih stanj s polarnim redom, ki so precej unikatna, saj jih lahko vzbudimo v neravnovesnih enokomponentnih tekočinah pri sobni temperaturi.

V mikrofluidnem okolju lahko transport, obliko in velikost domen s pobeglo strukturo nadzorovano krmilimo s prilagajanjem pretoka. V šibkem toku je njihov trajnostni čas omejen na nekaj sekund, v moduliranem toku pa se lahko podaljšuje v nedogled, saj s tokom poravnano direktorsko polje sledi smeri in jakosti potisne sile, ki ga vzdržuje v energijsko ugodnem stanju. Pokazali smo, da lahko pri takih domenah spreminjamo velikost z laserskim snopom, ki tali fazno mejo in tako segmentira veliko območje v več manjših (slika 2a). Nastali »vlakec« domen bi v prihodnje lahko polimerizirali, krmilili z električnim poljem in nenazadnje uporabili kot odziven optični mikroelement. Pričujoče domene dobro prestanejo tudi hitre menjave smeri toka, saj se direktorsko polje prosto obrača v ravnini kanalčka in pri tem generira topološke defekte, povezane z domenskimi stenami in solitoni, ki se hitro anihilirajo ob stiku z ograjujočimi površinami (slika 2b). Polarni značaj



**Slika 2:** (a) S tokom poravnano stanje lahko razrežemo na manjše domene z lokalnim taljenjem fazne meje z laserskim snopom. (b) Obracanje smeri toka povzroči krčenje in obrat polarne urejenosti v pobegli domeni. Reorientacija poteka v ravnini vzorca, spremlja pa jo prehodni nastanek točkastih defektov in domenskih sten ter živahno spreminjanje interferenčnih barv. Postopek lahko ponavljamo, dokler se domena ne skrči pod kritično velikost. Bele puščice kažejo smer lokalne orientacije molekul. (c) Po izklopu toka se domena krči in v nekaj sekundah relaksira v stacionarno homeotropno stanje. Molekule se zasukajo pravokotno na ravnino domene, kar ne povzroča dodatnih defektov. Slike so bile posnete med prekrizanimi polarizatorjema v kanalčku s širino 100  $\mu\text{m}$ .

direktorskega polja v domeni in elastičnost tekočega kristala prideta do izraza tudi ob zaustavitvi toka (slika 2c), ko lahko zlasti v velikih domenah podrobneje opazujemo nastanek točkastih defektov in delne rotacije polarne polja med relaksacijo v stacionarno stanje [5].

Predstavljeno delo je plod dvoletnega sodelovanja raziskovalcev z Univerze v Ljubljani, ki so opravili

eksperimentalno delo na Inštitutu za biofiziko Medicinske fakultete in razvili teoretični model na Fakulteti za matematiko in fiziko, ter skupino prof. Juana J. de Pablo iz Inštituta za molekularni inženiring na Univerzi v Chicagu (ZDA), ki je skrbela za zahtevne numerične simulacije. S tem so se tudi uresničila večletna prizadevanja avtorja tega prispevka za vzpostavitev laboratorija za mikrofluidiko kompleksnih tekočin v domačem okolju. Obetavni rezultati odpirajo nove možnosti raziskav neravnovesne dinamike v aktivnih snoveh in bioloških sistemih z nematskim redom ter obenem omogočajo uporabo predlaganih konceptov za selektivno enkapsulacijo dispergiranih molekul v laminarnem toku kompleksnih tekočin. Domnevamo, da lahko podobno strukturiranje neravnovesnih direktorskih polj izvedemo v tekočerkristalnih kapljicah oziroma lupinah, separacija različnih orientacijskih stanj brez dodanih kemijskih reagentov pa ima potencial na področju kemijskega inženirstva, 3D-tiskanja in biofizike.

- [1] A. Sengupta, U. Tkalec, M. Ravnik, J. M. Yeomans, C. Bahr, S. Herminghaus, Liquid crystal microfluidics for tunable flow shaping, *Physical Review Letters*, 110 (2013), 048303
- [2] M. C. Marchetti in drugi avtorji, Hydrodynamics of soft active matter, *Reviews of Modern Physics*, 85 (2013), 1143
- [3] G. Popkin, The physics of life, *Nature*, 529 (2016), 16
- [4] L. Huber, R. Suzuki, T. Krüger, E. Frey, A. R. Bausch, Emergence of coexisting ordered states in active matter systems, *Science*, 361 (2018), 255
- [5] T. Emeršič, R. Zhang, Ž. Kos, S. Čopar, N. Osterman, J. J. de Pablo, U. Tkalec, Sculpting stable structures in pure liquids, *Science Advances*, 5 (2019) eaav4283



## ANTON PETERLIN

Letos praznujemo 70. obletnico Instituta »Jožef Stefan« (ki je bil leta 1949 ustanovljen kot Fizikalni inštitut pri SAZU), zato se bomo ob tej priložnosti spomnili prvega direktorja IJS, akad. prof. dr. Antona Peterlina.

Že leta 1946 je akad. prof. dr. Anton Peterlin, profesor fizike na ljubljanski univerzi, predlagal Slovenski akademiji znanosti in umetnosti (SAZU) načrt za ureditev fizikalnega laboratorija za raziskavo jedrskih reakcij pri Akademiji. Ta fizikalni laboratorij je imel najprej zasilne prostore na Univerzi in v Salendrovi ulici. V začetku leta 1949 je inštitut dobil podporo Zvezne vlade za tekoče poslovanje in za postavitev nove zgradbe. Zato se leto 1949 šteje kot začetek današnjega Instituta.

Kmalu po tej odločitvi Zvezne vlade se na lokaciji na križišču Jamove in Jadranske ceste začnejo pripravljati dela za novo zgradbo fizikalnega inštituta.

Anton Peterlin se je rodil leta 1908 v Ljubljani. Njegov oče Anton, je bil učitelj matematike in fizike na gimnaziji v Ljubljani, ki je med študijem fizike na univerzi na Dunaju poslušal predavanja Jožefa Stefana (ki smo ga na teh straneh spoznali marca 2011). Mati Zofija, rojena Pučnik, je bila učiteljica. Peterlinov prvi stik s fiziko je bil njegov stric, učitelj. V Ljubljani je obiskoval osnovno šolo in gimnazijo, nato je nadaljeval študij na ljubljanski univerzi. Sicer je najprej nameraval študirati strojništvo, vendar se je po koncu prvega semestra prepisal na fiziko. V spominih Peterlin piše, da so bila predavanja iz fizike tako v srednji šoli kot na univerzi slaba, saj se niso lotevala zahtevnejših poglavij, raziskovalno delo pa so na univerzi skoraj povsem zanemarili. Navdušen je bil nad matematičnimi predavanji Josipa Plemlja (ki smo ga tu spoznali junija 2016), vendar je pogrešal povezavo med matematiko in fiziko – diplomanti matematike so namreč navadno postali srednješolski učitelji ali pa so se zaposlili v zavarovalnici. Med predavatelji je pohvalil tudi Milana Vidmarja (Novice IJS, marec 2016), ki je predaval elektrotehniko.

Po diplomi je Peterlin pet let delal na ljubljanski univerzi kot asistent za fiziko pri prof. H. Sirku, kjer je večino časa moral pripravljati poskuse za študen-

te, kar ga je demotiviralo. Ob tem se je potegoval za doktorski študij v Zagrebu ali Beogradu – kjer pa je bilo raziskovalnega dela prav tako zelo malo. Zato je leta 1937 z nemško štipendijo prišel v Berlin in naslednje leto pri prof. H. A. Stuartu na Humboldtovi univerzi doktoriral s področja viskoznosti razredčenih raztopin sferoidov.

Po vrnitvi v Ljubljano je postal docent za fiziko na Univerzi. Naslednja leta je močno zaznamovala druga svetovna vojna. Pred začetkom vojne v Jugoslaviji



je bil vpoklican v jugoslovansko vojsko, vendar se je po kapitulaciji Jugoslavije vrnil na Univerzo, ki so jo italijanski okupatorji pustili delovati. Brez težav ni šlo. Peterlin je dvakrat pristal v zaporu, prvič za dva tedna pod Italijani, ki so sicer iskali njegovega asistenta, ki se je pridružil partizanom, drugič pod Nemci. Iz tega zapora so ga po posredovanju poslali v Dresden, kjer se je pridružil prof. Stuartu in se začel ukvarjati z raztopinami polimerov. Po bombardiranju Dresdna se je vrnil v Slovenijo, kjer je pričakal konec vojne, na Univerzi pa je bil izvoljen za rednega profesorja.

Po vojni je začel sodelovati z Borisom Kidričem, predsednikom slovenske vlade v letih 1945–46, s katerim sta se poznala še iz študentskih let. Kidrič ga je s polnim kovčkom italijanskih lir poslal v Milano, da bi nakupil znanstvene instrumente. Misija se je končala tako, da so Peterlin in še dva kolega pristali v ječi, saj so zavezniški vojaki, ki so se borili proti cvetoči črni borzi, med rutinskim pregledom prtljage pri njih našli kup denarja. Po političnem posredovanju so se brez denarja in brez opreme vrnili v Ljubljano, kjer jih je Kidrič pomiril, da lahko znanstvene raziskave delajo tudi brez instrumentov (!). Kidrič je nato Peterlinu zaupal ustanovitev fizikalnega inštituta v Ljubljani, pod okriljem SAZU. Cilj inštituta je bil gradnja jedrskega reaktorja za znanstvene raziskave, neodvisno od jedrskega inštituta v Vinči pri Beogradu.

Peterlin je bil prepričan, da je ustanovitev inštituta priložnost za razvoj temeljnih znanosti v Sloveniji. Politika je finančno izdatno podpirala jedrski program, ob tem pa so se postavili temelji tudi za druga področja, na katerih IJS deluje danes. V tistem času je tudi potekala gradnja prvih objektov današnjega

Instituta, ne brez zapletov – Peterlin je moral iz leta v leto prepričevati Kidriča, da je v Beogradu posredoval za nadaljevanje investicije. V tem času je Peterlin postavil tudi temelje za moderno fizikalno šolo na Univerzi. Omenimo še, da je Peterlin avtor prvega slovenskega univerzitetnega učbenika (skript) fizike (iz leta 1940). Med zbiranjem gradiva sem govoril tudi z nekaj Peterlinovimi študenti, danes upokojenimi profesorji s FMF, ki se Peterlina spominjajo kot strogega, a poštenega predavatelja.

**Anton Peterlin** se je rodil 25. septembra 1908 v Ljubljani in umrl 24. marca 1993, prav tako v Ljubljani. Ukvarjal se je s fiziko tekočin in polimerov. Bil je prvi direktor Instituta »Jožef Stefan«, kasneje je bil dejaven na univerzah in institutih v Nemčiji in ZDA. Danes je po njem imenovan Peterlinov paviljon na Fakulteti za matematiko in fiziko, pred glavnim vhodom na IJS pa je postavljen njegov doprski kip.

Kidrič je zaradi levkemije umrl leta 1953, kar je za seboj potegnilo vrsto sprememb tudi za IJS. Že pred tem je IJS prešel izpod okrilja SAZU pod novoustanovljeno Zvezno komisijo za nuklearno energijo (ZKNE). Po pripovedovanju prof. Peterlina je Savič, znanstveni vodja komisije, med Peterlinovo akademsko odsotnostjo dosegel popolno izločitev IJS iz reaktorskega programa. Leta 1955 je Peterlina na mestu direktorja zamenjal Karol Kajfež, Peterlin je postal predsednik znanstvenega sveta IJS. L. 1958 je Boris Kraigher, takratni predsednik slovenske vlade, po prigovarjanju Peterlinovih nasprotnikov na njegovo mesto postavil Antona Moljka. Peterlin je svoje delo na IJS ocenil kot uspešno, v desetih letih mu je uspelo postaviti ustanovo, ki je pokrivala fiziko, kemijo in biologijo, s 300 zaposlenimi in z izvrstno opremo.

Ko je zapustil IJS, je Peterlin obiskoval sodelavce v Nemčiji in v ZDA, leta 1960 pa je sprejel mesto rednega profesorja na Tehniški univerzi v Münchnu (politični udarec za Kraigherja, ko je ta ugotovil, da je iz Slovenje pregnal vrhunskega fizika, ki je takoj dobil mesto na prestižni tuji univerzi). Leto kasneje je sprejel vodenje novoustanovljenega Laboratorija Camille Dreyfus (CDL) v Severni Karolini v ZDA, ki je bil del Instituta Raziskovalni trikotnik (RTI, Research Triangle Institute, ki ga sestavljajo univerzitetna mesta Chapel Hill, Raleigh in Durham). Laboratorij se je ukvarjal s fiziko in kemijo makromolekul, ustanovilo pa ga je več korporacij za proizvodnjo umetnih vlaken. Na CDL je po lastnih besedah preživel najboljša raziskovalna leta. Leta 1973 se je v skladu

s pravili upokojil in postal sodelavec Nacionalnega urada za standarde v Washingtonu (National Bureau of Standards, NIB, danes National Institute of Standards and Technology, NIST), kjer bil od leta 1975 pomočnik načelnika. Med bivanjem v ZDA je kot izredni ali gostujoči profesor predaval na Duke University v Severni Karolini in na Case Western Reserve University v Clevelandu, v Ohio.

Raziskovalni opus prof. Peterlina obsega več kot 400 znanstvenih publikacij. Ključna znanstvena odkritja je dosegel na področju fizike polimernih sistemov. Preučeval je fizikalne lastnosti polimernih raztopin, predvsem optične in reološke lastnosti, kot so viskoznost, dvolomnost, sipanje svetlobe, sedimentacija, osmotski tlak in polarizacija. Zanimale so ga plastične deformacije polimernih kristalov, morfologija, kristalizacija in termodinamika teh sistemov. Zanimal se je tudi za transportne lastnosti polimernih membran. Biografija kot njegov najpomembnejši dosežek navaja »Peterlinov mikro-fibrilni model« za opis plastične deformacije delno kristalnih polimerov. Po njem se imenuje model FENE-P (Finite Extendible Nonlinear Elastic model – Peterlin's Gaussian closure), ki je izboljšani linearni model za numerično simulacijo viskoelastičnega pretoka polimernih raztopin. Omenimo še, da je ohranil stike z IJS, s prof. Robertom Blincem, ki je bil njegov nekdanji doktorski študent, sta sodelovala na področju meritev difuzije v polimerih z metodo jedrske magnetne resonance. Bil je član uredniških odborov vrste mednarodnih revij, v letih 1967–81 je bil glavni urednik *Macromolecular Reviews*.

Za svoje znanstveno delo je prejel vrsto nagrad, med njimi naj posebej omenimo Prešernovo (1955, ko so to nagrado podeljevali tudi za znanstvene dosežke) in Kidričevo za življenjsko delo l. 1983 (prof. Bogdan Povh pri tem zapiše, da so mu najvišje domače nagrade podelili tisti, ki so ga prej demontirali), med priznanji iz tujine pa priznanje Bingham Medalist pri Society of Rheology l. 1970 in Ford Motor Company Prize pri American Physical Society l. 1972. Od l. 1946 je bil član SAZU, l. 1968 je postal prvi častni član IJS, l. 1988 je prejel častni doktorat Univerze v Ljubljani (ob tej priložnosti so pred IJS postavili njegov doprski kip), l. 1999 pa so po njem poimenovali Peterlinov paviljon. Bil je tudi častni član DMFA.

Z ženo Leopoldino (rojeno Leskovic), s katero sta se poročila leta 1941, sta imela dva otroka. Hči Tatjana Marija je doktorirala iz fizike, sin Boris Matija pa je postal zdravnik, imunolog in mikrobiolog in je

profesor na University of California, San Francisco.  
Anton Peterlin je umrl leta 1993 v Ljubljani.

*Anton Gradišek*

Viri:

- Anton Peterlin 1908–1993, Življenje in delo, SAZU in IJS, 2008
- P. Gosar: Anton Peterlin, sazu.si
- Cobiss bibliografija
- Slovenski biografski leksikon

## PRIŠLI - ODŠLI

## PRIŠLI - ODŠLI (16. 2. 2019–8. 5. 2019)

**Zaposlili so se:**

22. 2. 2019 Tjaša Lazič, samostojna strokovna sodelavka, CPMIS
1. 3. 2019 Lidija Strojnik, asistentka, O2
1. 3. 2019 Karolina Trentelj, projektna sodelavka, O2
1. 3. 2019 Mitja Jančič, strokovni sodelavec, E6
1. 3. 2019 dr. Daniele De Martino, znanstveni sodelavec, F1
4. 3. 2019 dr. Andriy Nych, znanstveni sodelavec, F5
21. 3. 2019 dr. Aleksandar Savič, asistent z doktoratom, F5
1. 4. 2019 Petra Matjan Štefin, strokovna sodelavka, B1
1. 4. 2019 dr. Oriol Costa Garrido, asistent z doktoratom, R4
1. 4. 2019 dr. Igor Vaskivskyi, asistent z doktoratom, F7
15. 4. 2019 Danilo Mazi, projektni sodelavec, delavnice
15. 4. 2019 Matic Eržen, projektni sodelavec, CTOP
17. 4. 2019 dr. Rituraj Singh, asistent z doktoratom, E6
1. 5. 2019 Andrej Košiček, samostojni strokovni sodelavec, F2
1. 5. 2019 Ana Krišelj, strokovna sodelavka, F5
1. 5. 2019 dr. Rok Dolenc, asistent z doktoratom, F9
6. 5. 2019 Anja Zrnec, strokovna sodelavka, E1

***Novim sodelavcem želimo prijetno počutje na delovnem mestu!***

**Odšli:**

19. 2. 2019 mag. Maja Ivanišin, koordinatorka področij, CTT
28. 2. 2019 Matjaž Šteblaj, samostojni strokovni sodelavec, CPMIS
28. 2. 2019 prof. dr. Franc Novak, znanstveni svetnik, E7
5. 3. 2019 Uršula Turšič, samostojna strokovna delavka, F8, upokojitev
18. 3. 2019 Mateja Drnovšek, strokovna sodelavka, E9
31. 3. 2019 dr. Kunihito Tobita, znanstveni svetnik, E1
31. 3. 2019 Marjana Plukavec, samostojna strokovna sodelavka, CTOP
31. 3. 2019 Tadej Holler, višji asistent, R4
29. 3. 2019 David Škufca, inženir VI, delavnice
13. 4. 2019 Petja Grizilo, samostojna strokovna sodelavka, CPMIS
14. 4. 2019 Rosana Černelič, strokovna sodelavka, E1
30. 4. 2019 Martin Bem, asistent, E1
30. 4. 2019 prof. dr. Stojan Stavber, znanstveni sodelavec, K3
30. 4. 2019 Ana Bajc Česnik, mlada raziskovalka, B3
30. 4. 2019 Nataša Požarnik, koordinatorka področij, CTT
30. 4. 2019 Katja Zupan, asistentka, E8
5. 5. 2019 dr. Petra Zdravec, asistentka z doktoratom, B3
7. 5. 2019 Awais Ikram, asistent, K7

*Barbara Gorjanc*

## OBISKI PO ODSEKIH

## OBISKI PO ODSEKIH (16. 2.–8. 5. 2019)

## Odsek za teoretično fiziko (F-1)

Od 3. do 12. 4. 2019 je bil na obisku dr. Richard Ruiz, Université catholique de Louvain, Louvain, Belgija. Gost je predstavil svoje raziskave o uporabi

naprednih tehnik za izboljšavo sedanjega iskanja na trkalnikih.

Od 10. do 15. 4. 2019 je bil na obisku prof. dr. Pyungwon Ko, Korea Institute for Advanced Study, Seoul, Južna Koreja. Obisk je bil namenjen diskusiji



o problematiki razpada mezona B v D(\*) tau nu in možnosti za iskanje prisotnosti fizike onkraj Standardnega modela. Gost je imel odsečni seminar z naslovom *"Higgs portal DM: the minimal setups and beyond"*.

**V Novicah IJS objavljamo le tiste obiske, ki so vneseni v bazo podatkov (<http://www.ijs.si/ijs/obiski>). S tem lahko zagotavljamo večjo ažurnost, pravilnost in zanesljivost objav.**

Od 8. do 10. 4. 2019 je bila na obisku dr. Anna Gorczyca - Goraj, Silesian University of Technology, Katowice, Poljska. Gostja se ukvarja s študijami koreliranih elektronov v kondenzirani snovi in nanostrukturah. Med obiskom na IJS je imela odsečni seminar, v katerem je predstavila nove rezultate na temo Majoranovih kvazidelcev v superprevodnih sistemih.

Med 4. in 5. 4. 2019 je bil na obisku prof. dr. Charles E. Creffield, Departamento de Fisica de Materials, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Španija. Namen obiska je bila razprava o možnostih prihodnjega sodelovanja. Gost je imel seminar, v katerem je predstavil svoje delo - *"Relativistic motion of an Airy wavepacket in a lattice - quantum mechanics at high speed"*.

Dne 17. 4. 2019 so bili na obisku dr. Massimo Capone, dr. Adriano Amaricci in dr. Laura Fanfarillo, SISSA, Trst, Italija. Obisk je bil namenjen diskusiji o možnostih sodelovanja. Dr. Adriano Amaricci je imel odsečni seminar z naslovom *"Strong correlation effects in topological quantum phase transitions"*, Dr. Laura Fanfarilo pa seminar z naslovom *"Electronic correlation in Iron-based superconductors: nematicity and superconductivity"*.

Od 25. do 27. 3. 2019 je bil na obisku prof. dr. Juergen Schnack, University of Bielefeld, Bielefeld, Nemčija. Med obiskom je imel gost odsečni seminar.

Od 24. do 26. 2. 2019 je bil na obisku prof. dr. Mikhail Kiselev, ICTP, Trst, Italija. Z gostom smo se pogovarjali o skupni raziskavi in načrtih za dokončanje projekta, pri katerem gost dela (področje anizotropnega Kondovega modela). Med obiskom je imel gost odsečni seminar z naslovom *"Landau-Zener Interferometry in Multilevel Systems"*

#### Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2)

Od 17. do 23. 3. 2019 je bil na obisku dr. Tilo Reinert, Univerza v Leipzigu, Leipzig, Nemčija. Obisk je bil namenjen meritvam na ionskem mikrožarku.

#### Odsek za tehnologijo površin in optoelektroniko (F-4)

Med 1. in 5. 4. 2019 je bil na obisku dr. Julio Paulo dos Santos Duarte Vieira Henriques, Univerza Superior Tecnico, Portugalska. Obisk je potekal v okviru projekta PEGASUS.

#### Odsek za fiziko trdne snovi (F-5)

Od 19. do 20. 3. 2019 je bil na obisku prof. Theo Rasing, Radboud University, Nijmegen, Nizozemska. Gost je bil član komisije na zagovoru doktorskega dela Maruše Mur.

Dne 18. 3. 2019 so bila na obisku dr. Dragomira Majhen in študentje Davor Nestić, Ksenija Božinović in Lenn de Bisschop, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Gostje so prišli na obisk v okviru bilateralnega projekta s Hrvaško; Testiranje biokompatibilnosti nanodelcev na osnovi molibdena in volframa: merjenje citotoksičnosti in vnetnega odziva v humanih celičnih linijah.

Dne 4. 3. 2019 je bila na obisku dr. Branka Salopek Sondi, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Gostja je prišla na obisk zaradi izmenjav mnenj glede interakcije nanodelcev z rastlinami.

Od 22. 2. do 2. 3. 2019 je bil na obisku prof. dr. Pedro Sebastiao, Instituto Superior Tecnico, Universidade de Lisboa, Lizbona, Portugalska. Obisk je bil namenjen raziskavam molekulske dinamike tekočih kristalov z relaksometrom pri hitrem cikliranju magnetnega polja.

Od 21. 2. do 1. 3. 2019 je bil na obisku dr. Jamal Belhadi, Universite de Picardie Jules Verne, LPMC, Amiens, Francija. Obisk je bil namenjen raziskavam relaksorskih materialov in elektrokaličnega pojava v večplastnih multiferoičnih materialih.

Od 18. do 23. 3. 2019 je bila na obisku prof. Ewa Stepien, Marian Smoluchowski Institute of Physics, Krakov, Poljska. Obisk je bil namenjen odkrivanju možnosti za raziskave celičnih veziklov s STED-mikroskopijo.

## Odsek za kompleksne snovi (F-7)

Od 14. do 17. 4. 2019 je bil na obisku prof. Germano Montemezzani, LMOPS Laboratory, University of Lorraine and CentraleSupélec, Metz, Francija. Obisk je potekal v okviru bilateralnega projekta BI-FR/19-20-PROTEUS-002; Mikrostrukturiranje tekočih kristalov in manipulacija optičnega valovanja s fotorefraktivnimi materiali.

Od 26. do 30. 3. 2019 je bil na obisku dr. Victor Vega-Mayoral, CRANN & AMBER research centers, Trinity College Dublin; School of physics, Trinity College Dublin, Dublin, Irska. Gost je doktoriral na IJS in je za svoje doktorsko delo prejel zlati znak Instituta »Jožef Stefan«. Med obiskom je imel tudi odsečni seminar z naslovom "Fabrication of thin film transistors and energy storage devices from liquid phase exfoliated nanosheets"

## Odsek za reaktorsko fiziko (F-8)

Dne 17. 4. 2019 je bil na obisku Christophe Rome, ONET TECHNOLOGIES CN, Marseille, Francija. Namen obiska je bila udeležba na uvodnem sestanku sodelujočih partnerjev (tj. Odsek F-8 ter podjetje ONET) pri skupnem projektu, v sklopu katerega bomo delali na področju transportnih preračunov za reaktor ITER.

Med 6. in 17. 4. 2019 je bil na obisku dr. Richard Wheeler, Velika Britanija. Namen obiska so bili pogovori o prijavi skupnih projektov.

Od 24. 3. do 6. 4. 2019 je bil na obisku dr. Stefan Costea, Univerza v Innsbrucku, Innsbruck, Avstrija. Gost je bil na obisku v okviru bilateralnega projekta z Avstrijo, z namenom nadgradnje simulacijske kode BIT1, načrtovanja simulacije filamentarnega transporta v postrgani plazmi tokamaka in priprave simulacijskih vhodnih datotek.

## Odsek za fizikalno in organsko kemijo (K-3)

Od 24. do 26. 4. 2019 je bila na obisku dr. Dominique Costa, CNRS, Chimie-ParisTech, Pariz, Francija. Gostja je prišla na obisk v okviru projekta Proteus - INCOR, ki je namenjen eksperimentalnim raziskavam in modeliranju delovanja korozijskih inhibitorjev. Gostja je bila tudi članica komisije za zagovor disertacije Matica Poberžnika.

## Odsek za elektronsko keramiko (K-5)

Od 1. 3. do 30. 4. 2019 je bil na obisku George Markou, University of Ioannina, Ioannina, Grčija. Gost je K5 obiskal v okviru študentske izmenjave ERASMUS+. Med obiskom se je seznanil s sintezo, procesiranjem in karakterizacijo elektronske keramike.

Od 16. do 21. 3. 2019 je bil na obisku dr. Julian Walker, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška. Gost se je s sodelavci K5 pogovarjal o delu na področju novih hibridnih perovskitnih materialov. Med obiskom je imel odsečni seminar z naslovom "Exploring the Potential of Plastic Crystal Ferroelectrics".

## Odsek za nanostrukturne materiale (K-7)

Od 15. do 18. 4. 2019 sta bili na obisku dr. Andreja Gajović in Ivana Panžič, Zavod za fiziko materiala, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Gostji sta bili na obisku v okviru bilateralnega projekta s Hrvaško; BI-HR/18-19-041, Funkcionalizirane TiO<sub>2</sub>- nanostrukture za fotokatalitske in senzorske aplikacije. Namen obiska je bila karakterizacija TiO<sub>2</sub>-nanodelcev s tehnikami TEM, SEAD in EDXS. Med obiskom sta se udeležili delavnice "Sodobne tehnike karakterizacije materialov". Gostji je sprejela dr. Kristina Žagar Soderžnik.

Od 21. 3. do 7. 4. 2019 je bila na obisku študentka Vesna Ribič, Institut za Multidisciplinarna istraživanja, Univerza v Beogradu, Beograd, Srbija. Gostja je na obisku v okviru bilateralnega projekta s Srbijo; BI-RS/18-19-026: Stabilnost z dopiranjem: Eksperimentalno in teoretično načrtovanje funkcionalnih oksidnih materialov. Gostjo je sprejel prof. dr. Aleksander Rečnik.

Od 11. do 14. 3. 2019 sta bila na obisku doc. dr. Ismail Ozgur Ozer in študent Ertugrul Islek, Anadolu University, Eskişehir, Turčija. Gosta sta bila na obisku v okviru bilateralnega projekta s Turčijo; BI-TR/16-18-003; Synthesis of core/shell MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel powders for transparent armor and IR applications - CSMASP. Gosta je sprejel prof. dr. Slavko Bernik.

Od 5. do 8. 3. 2019 je bil na obisku dr. Andrasz Kovacs, Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons, Institute for Microstructure Research, Research Centre Jülich, Jülich, Nemčija. Obisk je potekal v okviru bilateralnega projekta BI-DE/17-19-2; Raziskave dvojčenja in politipizma pri

naravnih diamantih na atomskem nivoju. Gosta je sprejel prof. dr. Aleksander Rečnik.

#### Odsek za raziskave sodobnih materialov [K-9]

Od 22. do 25. 4. 2019 je bil na obisku prof. dr. Gertjan Koster, University of Twente, Enschede, Nizozemska. Namen obiska je bil priprava oksidnih tankih plasti in interpretacija rezultatov. Obisk je potekal v okviru mednarodnega projekta M-ERA.NET "Načrtovanje integracije oksidov s silicijem z uporabo pulznega laserskega nanašanja, SIOX", ki ga izvajamo in koordiniramo na Odseku za raziskave sodobnih materialov.

#### Odsek za znanosti o okolju [O-2]

Med 3. in 5. 4. 2019 je bil na obisku dr. Sylvain Berail, UPPA, Pau, Pau, Francija. Namen obiska je bilo delo pri multikolektorju.

Dne 4 4. 2019 sta bila na obisku dr. Marc Nascarella, Univerza Massachusetts, Massachusetts, Združene države Amerike in dr. Roberto de la Tour, MSF-OCG, Ženeva, Švica. Gosta sta prišla na obisk zaradi dogovora o sodelovanju IJS pri izvedbi humanega biomonitoringa.

Od 30. 3. do 4. 4. 2019 je bil na obisku Lei Fujiyoshi, Research Institute for Humanity and Nature, Sapporo, Japonska. Gost se je udeležil "1<sup>st</sup> ISO-FOOD International Symposium" v Piranu.

Od 30. 3. do 4. 4. 2019 sta bila na obisku zaslužni profesor Yasushi Fujiyoshi, Low Temperature Institute, Hokkaido University, Sapporo, Sapporo, Japonska in prof. Ryoko Fujiyosh, Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo, Sapporo, Japonska. Namen obiska je bil pregled rezultatov skupnih raziskav in dogovor o pripravi članka.

Od 25. do 28. 2. 2019 je bil na obisku Matteo Bazzaro, OGS Institut, Trst, Italija. Namen obiska je bila izvedba 834S v vzorcih sedimenta iz morskega okolja.

#### Odsek za komunikacijske sisteme [E-6]

Od 18. do 20. 2. 2019 so bili na obisku Milica Lekić, Gordana Gordašević in Dragan Vasiljević, Fakulteta za električno inženirstvo, Univerza v Banja Luki, Banja Luka, Bosna in Hercegovina. Obisk je potekal v okviru projektne sodelovanja.

#### Odsek za računalniške sisteme [E-7]

Od 18. 2. do 22. 3 2019 je bil na obisku Gorjan Popovski, Fakulteta za računalništvo in inženiring Univerze Sv. Cirila in Metoda, Skopje, Severna Makedonija. Obisk je potekal v okviru sporazuma med IJS in Fakulteto za računalništvo in inženiring Univerze Sv. Cirila in Metoda. Gost je opravljal praktično izobraževanje, ki je temeljilo na raziskovalnem delu s področja razvoja orodij za luščenje semantičnega znanja iz tekstualnih podatkov. Z delom je pridobil znanje in hkrati oblikoval temo diplomske naloge, po kateri želi nadaljevati raziskovalno delo na IJS in s študijem na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana. Prakso bo izvajal v sklopu projektov ERA katedre ISO-FOOD in H2020 SAAM.

#### Odsek za reaktorsko tehniko [R-4]

Dne 16. 4. 2019 je bil na obisku prof. Laurent Pilon, University of California, ZDA. Gost je imel predavanje na Reaktorskem centru IJS v okviru doktorskega študija Fakultete za matematiko in fiziko modula Jedrska tehnika. V okviru obiska si je ogledal laboratorij Odseka za reaktorsko tehniko ter reaktor TRIGA.

Od 8. do 12. 4. 2019 je bil na obisku prof. Anton Čauševski, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza Sv. Cirila in Metoda, Skopje, Severna Makedonija. Obisk je potekal v okviru doktorskega študija Fakultete za matematiko in fiziko, modula Jedrska tehnika, v okviru katerega je imel 11-urni tečaj na Reaktorskem centru IJS.

Dne 7. 3. 2019 sta bila na obisku Denis Robert-Mouglin in Bertrand Bouchet, CEA, Francija. Namen obiska je bila udeležba na sestanku, na katerem je prof. dr. Borut Smodiš predstavil delo Reaktorskega infrastrukturnega centra, doc. dr. Luka Snoj delo Odseka za reaktorsko fiziko, prof. dr. Primož Pelicon delo Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij in prof. dr. Leon Cizelj delo Odseka za reaktorsko tehniko. V nadaljevanju so si ogledali reaktor TRIGA, Laboratorij za termohidravliko večfaznih tokov in predstavitev računskih gruč. Sestanka so se udeležile tudi predstavniki Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport in Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.



## ODPRTJE RAZSTAVE SKUPINE IRWIN

PONEDELJEK, 25. MAREC 2018, OB 14.00

## Država v času

Država NSK je nastala leta 1992 kot posledica transformacije umetniškega kolektiva Neue Slowenische Kunst v NSK-državo v času. Kolektiv Neue Slowenische Kunst je z združitvijo treh ustanovnih skupin – Irwina, Laibacha in Gledališča sester Scipion Nasice – v skupno entiteto nastal leta 1984 v nekdanji Socialistični federativni republiki Jugoslaviji (SFRJ). Čeprav so skupine delovale avtonomno, so bili za nastanek in delovanje NSK ključni sodelovanje, svoboden pretok idej med posameznimi člani in skupinami NSK, deklarativni *copy-left* (ki ga ni omejevala niti navedba avtorstva), medsebojna pomoč in skupno načrtovanje nekaterih potez.



*Procesija Maribor*, inkjet print, 166 cm × 216 cm × 6 cm, 2016, z dovoljenjem Galerije Gregor Podnar, Berlin, foto: Jaka Babnik

Ob zlomu socializma v začetku 90. let in razpadu Jugoslavije so se korenito spremenile tudi razmere našega delovanja, ki so vplivale na transformacijo kolektiva Neue Slowenische Kunst v NSK-državo v času, izpeljanem leta 1992. Sočasno s pojavom vrste novih držav, nekatere izmed njih so sploh prvič v zgodovini dosegle status neodvisne države, med slednjimi tudi Slovenija, se je tudi NSK upredmetil v formi države. Toda namesto teritoriju NSK podeljuje status države mišljenju, ki spreminja lastne meje v skladu z gibanjem in spreminjanjem svojega simbolnega ter fizičnega kolektivnega telesa. NSK-država v času je bila ob svojem nastanku definirana kot abstrakten organizem, suprematistično telo, instalirano v realni socialnopolitični prostor, kot skulptura, sestavljena iz konkretne toplote teles, gibanja duha in dela njenih članov. Pravzaprav država NSK obstaja ravno s pojavljanjem pri takih in drugačnih

projektih, ki se nizajo skozi čas in ki kot nekakšna robna risba, kot obris, izrisujejo njeno podobo in vsebino ter vzpostavljajo in množijo povezave med njenimi državljani in z množenjem ter plastenjem postopoma omogočajo vznik artikulacij konkretnih potreb in pobud.

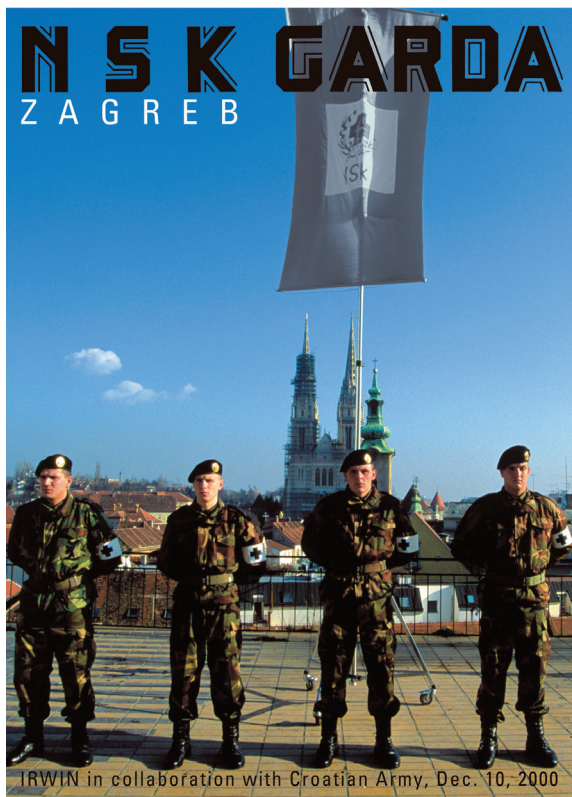
Zaradi specifičnih okoliščin ob osamosvojitvi Slovenije nam je bilo v sodelovanju z Ministrstvom za notranje zadeve RS v začetku 90. let omogočeno izdati potni list države NSK, ki se po načinu in kakovosti izdelave ne odmika od siceršnjih standardov takih izdelkov. Doslej je za naše potne liste zaprosilo in jih dobilo že 14 000 prosilcev, ki so s tem postali državljani NSK-države v času.

Na popolnoma drugi ravni, toda v nenavadnem sozvočju z doslej povedanim, se vse jasneje kažejo rezultati samoorganizacije državljanov NSK. Pomembno je, da so NSKSTATE.COM, ključno domeno, kjer se je bilo več kot desetletje mogoče informirati o NSK (in se da še vedno), inicirali in vodili državljani NSK. Okrog tega internetnega projekta in predvsem z njim se je postopno razvila komunikacija med državljani NSK, ki je prerasla v skupne akcije, projekte itd.

Irwin veseli, da so državljani NSK sprejeli našo pobudo in leta 2010 v znameniti berlinski *Haus der Kulturen der Welt* pripravili prvi kongres NSK-države v času. Približno 30 delegatov in 20 opazovalcev z vsega sveta je ob pomoči strokovnjakov, ki so jih povabili k sodelovanju, analiziralo dotedanje delovanje,



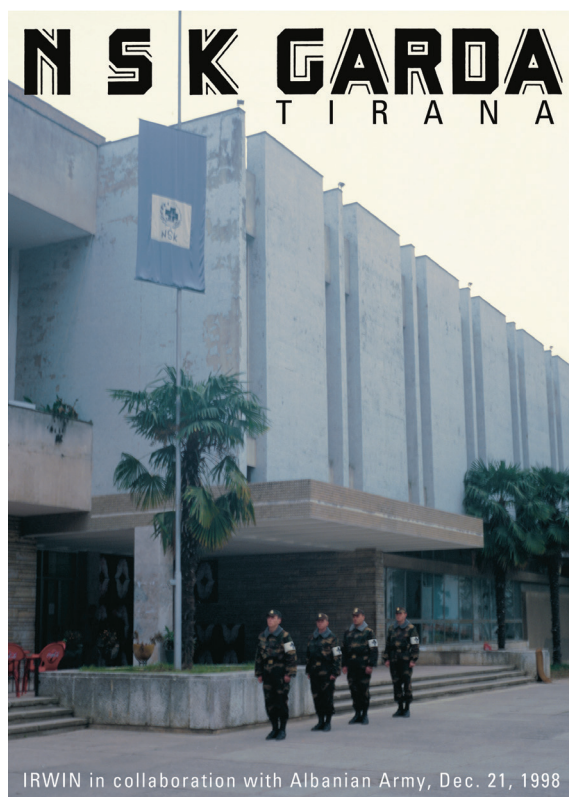
*Procesija Skopje*, Ilfochrome, 166 cm × 216 cm × 6 cm, 2008, z dovoljenjem Galerije Gregor Podnar, Berlin, foto: Tomaž Gregorič



IRWIN in collaboration with Croatian Army, Dec. 10, 2000

V sodelovanju s hrvaško vojsko, *NSK Garda Zagreb*, Muzej suvremene umjetnosti, Iris print, 70 cm × 50 cm, 10. 12. 2000, z dovoljenjem Galerije Gregor Podnar, Berlin, foto: Igor Andjelić

formuliralo sklepe in na njihovi podlagi odločalo o nadaljnjem delovanju. Skoraj deset let po kongresu je mogoče zatrditi, da je sprožil serijo dogodkov, ki so tako pomembno vplivali na NSK, da je ta danes popolnoma drugačen, kot je bil pred tem. Če je bilo po kongresu nemogoče napovedati prihodnje iz kongresa izhajajoče dogodke, je bilo takoj jasno, da bodo tam formulirani sklepi imeli za NSK-državo v času konkretne posledice. Če se spomnimo, da je bila NSK-država v času ustanovljena kot umetniški projekt, se bomo strinjali, da je nenavadno, da se artefakt emancipira do stopnje, ko lahko formulira



IRWIN in collaboration with Albanian Army, Dec. 21, 1998

V sodelovanju z albansko vojsko, *NSK Garda Tirana*, National Gallery, Iris print, 70 cm × 50 cm, 21. 12. 1998, z dovoljenjem Galerije Gregor Podnar, Berlin, foto: arhiv umetnikov

sklepe, tekst, v katerem izrazi visoko stopnjo strinjavanja s principi, ki so regulirali njegovo lastno kreacijo. In na drugi strani, strinjali se bomo, da je nenavadno, če socialno telo samo sebe prepozna kot artefakt.

Leta 2017 je država NSK prvič s svojim paviljonom nastopila skupaj z več kot šestdesetimi državami z vsega sveta na Beneškem bienalu vizualne umetnosti, najstarejši in največji tovrstni prireditvi na svetu. Razstavo, ki sta jo kurirala Zdenka Badovinac in Charles Esche ter je med obiskovalci bienala vzbudila veliko zanimanja in bila deležna pozitivne kritike v vrsti svetovno relevantnih medijev, lahko ocenimo kot izjemno uspešno. To je bila do sedaj najodmevnejša in hkrati najkompleksnejša pojavitev NSK-države v času v prostoru.

IRWIN

**Skupina IRWIN** je bila ustanovljena leta 1983 v Ljubljani (Slovenija). Njeni člani so Dušan Mandić, Miran Mohar, Andrej Savski, Roman Uranjek in Borut Vogelnik. IRWIN, skupaj z glasbeno skupino Laibach (1980), gledališko skupino Gledališče sester Scipion Nasice (1983, pozneje Kozmokinetični ka-





**Miran Mohar, Andrej Savski, Roman Uranjek, Zdenka Badovinac, Borut Pahor, Dušan Mandič, Borut Vogelnik in Jadran Lenarčič**

binet Noordung) in oblikovalskim oddelkom Novi kolektivizem, je ena od ključnih skupin v okviru umetniškega kolektiva Neue Slowenische Kunst (NSK), ustanovljenega leta 1984. IRWIN je zavezan tako imenovanemu „retro-principu“, ki ni »stil ali umetnostna usmeritev, ampak načelo mišljenja, način vedenja in delovanja« (IRWIN).

Pri svojih umetniških projektih se skupina IRWIN intenzivno ukvarja z evropsko umetnostno zgodovino, zlasti z ambivalentno dediščino zgodovinskih avantgard in njenih totalitarnih naslednikov. Po ustvarjanju posebnega vizualnega jezika v njihovih pretežno slikarskih projektih iz osemdesetih let se je skupina od devetdesetih let osredinila na kritično preučevanje umetnostne zgodovine »zahodnega modernizma«, ki ji je nasprotovala z »retro-avantgardo« fiktivnega »vzhodnega modernizma«. Pomemben delež njihovih aktivnosti so projekti, povezani z oblikovanjem in graditvijo »NSK-države v času«.

Pomembnejše predstavitve zadnjih let vključujejo:

*NSK State Pavilion–57th Venice Biennale 2017*, Palazzo Ca'Tron, Benetke;

*IRWIN. How to Read a Map*, Pasquart Kunsthalle, Biel/Bienne, 2017;  
*NSK (Neue Slowenische Kunst), From Kapital to Capital*, Museo Reina Sofia, Madrid, 2017 in Van Abbemuseum, Eindhoven in Garage Museum of Contemporary Art, Moskva, 2016;  
*IRWIN Planting Seeds*, Łaźnia Centre for Contemporary Art, Gdansk, Poljska, 2016;  
*IRWIN. Wo denkst du hin?!*, Kunsthalle Osnabrück, Osnabrück, 2015–2016;  
*NSK (Neue Slowenische Kunst), Od Kapitala do kapitala*, Moderna galerija, Ljubljana, 2015;



**Zdenka Badovinac, direktorica Moderne galerije iz Ljubljane, direktor IJS prof. dr. Jadran Lenarčič in predsednik RS Borut Pahor**

*Dreams and Conflicts*, Galleria Civica di Modena, Modena, 2014;  
*Former West*, HKW, Berlin, 2013;  
*A Bigger Splash*, Tate Modern, London, 2012–13;  
*NSK Passport Office*, Museum of Modern Art (MOMA), New York, 2012;  
*Manifesta*, Genk, 2012;  
*The Global Contemporary. The Art Worlds after 1989*, ZKM/Center for Art and Media Karlsruhe, Karlsruhe, 2011;  
*The International*, MACBA, Barcelona, 2011.

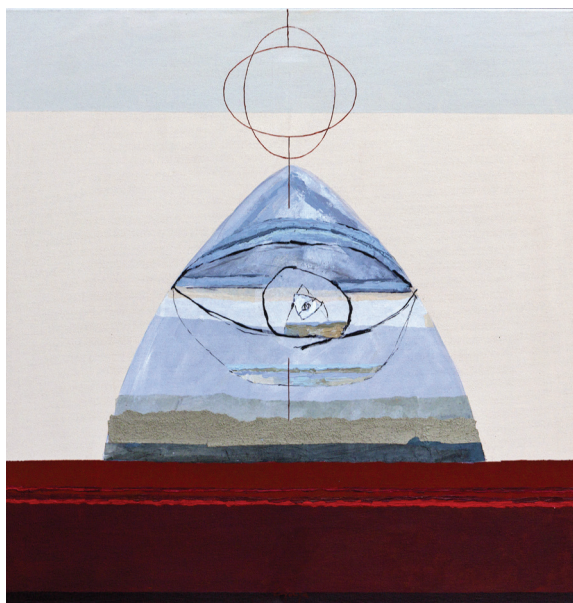


## ODPRTJE RAZSTAVE KLEMENTINE GOLJA

TOREK, 23. APRIL 2018, OB 18.00

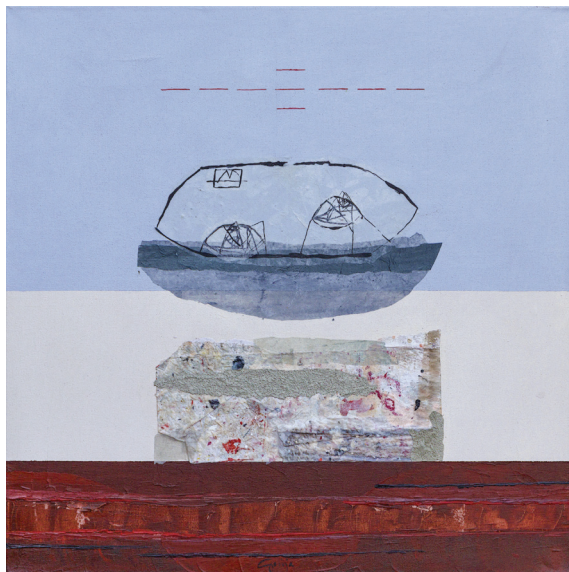
## Obujene podobe

Slikarka Klementina Golija, ki v svoja dela pogosto tke filozofske pomene, ne slika naključno, vse je premišljeno načrtovano. Ustvarja med seboj skladna in slogovno enotna dela, čeprav jih črpa iz različnih virov. Izkoristi vse, kar izpolnjuje njena trenutna merila in ustvarjalne zamisli. Vselej navzočo svetlobo v podobah pooseblja sonce, avreola ali gola forma kroga, ki je spremljajoči element njenih podob. Upodablja neizčrpen vir likovnih prvin, s katerimi se lahko igra in jih vstavlja v nove pomenske celote. Značilnost njenega slikanja je v prenašanju fizičnih elementov slike v nove podobe, sestavljene iz elementov dnevnih zapisov, ki jih ustvarja neprestano vsak dan, in s katerimi polni slike, ki jih z novimi kompozicijami obuja v življenje podobe.



Slike za razstavo z naslovom *Skozi prostor in čas*, ki je nastajala med letoma 2013 in 2018, je lansko leto postavila v Galeriji Velenje, Kosovi graščini (Gornjesavski muzej Jesenice) in v lendavskem razstavnem prostoru Galerija-Muzej. Vse tri galerije so pripravile skupni katalog k razstavi z besediloma kustosov Milene Koren Božiček iz Velenja in Aljaža Pogačnika iz Gornjesavskega muzeja. Golijeva je pod naslovom *Skozi prostor in čas* na teh razstavah združila dve seriji slik, nastalih v zadnjih letih: *Vmesni prostor* in *Potovanje skozi čas*. Pri njenem načinu kolažnega sestavljanja podob imajo pomembno vlogo klasična

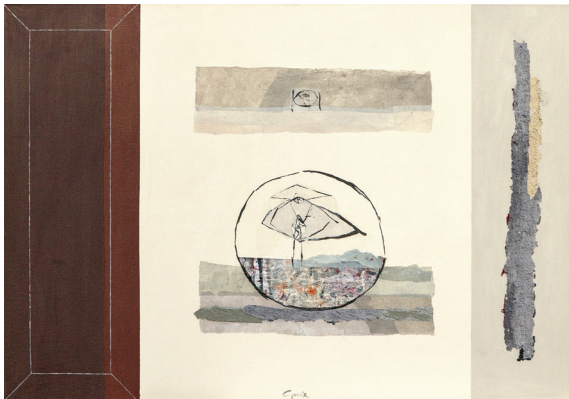
likovna orodja, risbe, barvne poteze s čopičem in njen avtorski rokopis. Pri umetniškem ustvarjanju jo vodijo načela, segajoča v vsa območja človekovega bivanja in ravnanja. Vsa njena dela nosijo jasno sporočilo, da sta prostor in čas med seboj neločljivo povezana: zato so na njenih slikah navzoča hkrati tako preteklost, sedanjost in prihodnost.



Žive barve prizorišča njenih podob dodajajo občutje sanjskega, s čimer se poetično obarvano dogajanje na podobah prestavi na simbolno raven. Pogled od daleč – ne upoštevajoč velikost elementov, spominjajočih na figure in njihove medsebojne odnose – se izgublja v prostranem prizorišču. Večina kompozicij v ospredju slike gledalca spodbuja k iskanju ravnovesja in njegovemu nenehnemu upanju, da bi ga našel.

Prostor njenih podob je večinoma abstrahiran, a pri tem vizualno poenoten, kar Golijevi omogoča svobodno umestitev pripovednih detajlov. Kot suverena ustvarjalka pri takem spajanju raznorodnega likovnega gradiva dosledno vztraja pri iskanju lastne samobitnosti, saj ve, da je prepričljivost njene ustvarjalnosti odvisna od moči osebne izpovedi in njene razpoznavnosti. Asketsko abstraktne zasnove podob slikarki omogočajo prvinsko, spontano in sproščeno slikanje. Zato je njihova simbolna moč toliko bolj izrazita. Njeni slikarsko asociativno abstraktni elementi gledalca nagovarjajo k intimnemu

branju vsebine. Videz poenostavljene otroške igre na slikovni podlagi postane arhetipski simbol za prvinskost, čistost in iskrenost otroške duše in se jo lahko interpretira tudi kot prisposodbo izgubljenega raja. Ali kot privilegij prvinskega ustvarjanja.



Navzočnost svetlobe v njenih podobah poseblja sonce, ki je simbolna oblika nenehno navzočega kroga. Svetloba, ki je včasih izvirala iz figure, se zdaj razliva iz narave, kar se na njenih slikah kaže kot poetična prisposodba. Poudarjena horizontalna delitev nakazuje dvojnost pokrajine, ločene med nebom in zemljo.



S slikami, ki jih je magistrica umetnosti ustvarila v najproduktivnejšem in najbolj zrelem ustvarjalnem obdobju, je umetnica združila dva cikla v enega, v katerem gledalca očarljivo pelje *Skozi prostor in čas*. O svojem v eno sliko združenem diptihu z naslovom »Pismo o slepih tistim, ki vidijo« pravi: »Gre za citat iz besedila filozofa Denisa Diderota. Pismo je edinstveno, ker se, namesto da bi sledilo vprašanju, kaj se zgodi, ko nekdo, ki je slep od rojstva, spregleda, izkaže, da med slepe v resnici spada večina tistih, ki vidijo. Večina tistih, ki imajo oči, namreč ne vidi.« Tema, ki je v današnjem *prostoru in času* vsekakor aktualna. Z njo umetnica vzpostavlja svoj odnos do sveta in neizčrpne bogastva njegovih tem ter

motivov: sprejema jih z odprtimi rokami in z njimi krepi lastno izrazno moč. Kot pravi: »V delih iz prvega cikla uporabljam horizontalno delitev slikovnega



polja, ki je razdeljeno v več slikovnih ravni. Spodnji del simbolizira zemeljski prostor in je navadno naslikan bolj pastozno, v zemeljskih tonih, včasih tudi v rdeči barvi. Vmesni prostor je prostor aktualizacije, nekakšen medprostor, prostor prehoda. Osrednje mesto tu zavzemajo likovni simboli ali znaki. Ti poudarjajo različna psihološka in fizična stanja. Tu je še zgornji del slike, ki je prostor transcendence, duhovni prostor. Ta navadno vsebuje geometrijsko risbo, ki je kontrapunkt črni ekspresivni risbi na sredini, ki je vselej podzavestna, spontana, nasprotno pa je geometrijska risba skrbno načrtovana. Gre za simbiozo in hkrati ločevanje med racionalnim in emocionalnim.«



Pri delih iz cikla *Potovanje skozi čas* je slikovno polje deljeno po vertikali. Časovni trak iz leve na desno prehaja iz preteklosti v prihodnost. Osnovni motiv slik tega cikla se nahaja v sredini podob, ob straneh so izslikani krogi ali kakšen drug simbolno pomenljiv element. Svetlobo pomenljivo rišejo tudi žarki barve, ki se, nikoli zamolkli, približujejo mistični liriki. Osebnostno doživete abstraktno slutene podobe pokrajine se vse bolj umikajo objektivnemu pogledu. Pokrajina je pri tem večinoma zreducirana na obzorje, na katerem simbolični vzhaja svetloba.





Figure v svetlobo ožarjeni naravi, oddaljeni celo od slikarkinega notranjega hrepenenja, v teh podobah ni. Nekoč, nekje je razpadla na komaj slutene fragmente, nekje je od nje ostalo le še krvaveče srce. Človeška podoba, celo simbolna, se je popolnoma



umaknila abstrahiranemu pejzažu, skozi katerega se kaže likovni jezik Klementine Golija. Takšna krajina – mogočna, a hkrati osamljena, prazna in odmaknjena kot nedosegljivo oddaljen neznani svet – je svojevrstna prisposoda slikarkinega notranjega hrepenenja.

*Tatjana Pregl Kobe*

## Klementina Golija

Rodila se je na Jesenicah. Slikarstvo je študirala na Accademii di Belle Arti di Brera v Milanu, kjer je leta 1990 pri profesorjih Glaucu Baruzziju in Giuseppeju Maraniellu tudi diplomirala. Magistrski študij grafike je končala na Akademiji za likovno umetnost v Ljubljani pri prof. Lojzetu Logarju (1993) in magistrski študij slikarstva pri prof. Gustavu Gnamušu (1995) na isti akademiji. Za njen nadaljnji umetniški razvoj sta bili pomembni zlasti študijski bivanji v Bostonu in New Yorku v letu 1990 ter dvomesečno bivanje v Cité Internationale des Arts v Parizu jeseni 1995.

Doslej je imela 116 samostojnih razstav in je sodelovala na več kot 290 skupinskih predstavitev doma in v tujini. Za svoje delo je prejela 15 nacionalnih priznanj in eno mednarodno nagrado. Leta 2016 ji je Univerza v Ljubljani podelila priznanje pomembnih umetniških del, v letu 2017 pa je na Univerzi v Ljubljani pridobila naziv docentka za področje slikarstva. Od leta 1990 je članica Zveze društev slovenskih likovnih umetnikov. Bila je pobudnica in dolgoletna predsednica Bienala mesta Kranj ter Bienala risbe in slike v prostoru Alpe-Jadran. Ukvarja se s slikarstvom, grafiko in oblikovanjem. Živi in dela kot samostojna likovna umetnica v Kranju.





## Hribski urh (*Bombina variegata*)

Hribski urh je eden od dveh vrst urhov, ki živita v Sloveniji. Na svetu pa so odkrili le sedem predstavnikov tega rodu.

Hribski urh je majhna žival, ki praviloma zraste največ 5 cm. Njegova koža je posejana z bradavicami, ki se končujejo z drobnim trnom. Hrbtni del telesa je enotne sive, rjave ali umazano olivne barve. Če urha

Ličinke – paglavci se hranijo z algami in bakterijami, ki jih strgajo s podlage; odrasli urhi pa z vodne površine pobirajo drobne nevretenčarje, saj svojega jezika ne morejo stegniti iz ust in ujeti leteče žuželke. Jeseni se urh odpravi na kopno, v bližnji gozdič ali na močvirni travnik, kjer pod kamni ali odpadlimi vejami, pa tudi med koreninami grmov in dreves, prezimi.



prestrašimo, se lahko obrne na hrbet in s črno-rumeno lisasto – svarilno obarvano – trebušno stranjo vsiljivcu sporoči, da ni okusen. Človeku urhov strup ni nevaren. Urhi nasprotno od strupenih krastač ali močeradov nimajo razvitih zaušesnih strupnih žlez. Za urha značilna pa je še srčasto oblikovana zenica.

Hribski urh večji del leta živi v majhnih, navadno začasnih, vodnih telesih. Primarno so življenjski prostor hribskega urha predstavljali plitvi tolmoni bistrskih potokov, ki so ostali po tem, ko je preostali del struge presahnil. Danes odrasle največkrat najdemo v lužah na kolovozih, v jarkih in mlakah, kjer ni rib, saj urh ne mara njihove družbe.

To, žabam podobno, dvoživko poleti pogosto slišimo, kako z zvonečim *uuu-uuu* iz svoje kopeli osvaja samice. Obdobje parjenja traja od aprila do avgusta. Ko samček najde godno samico, ji zleze na hrbet, se je oklene in sproti oplaja jajca, med tem ko jih samica odlaga na vodno rastlinje ali dno luže. Samica leže jajca v majhnih skupkih, v katerih je okoli 15 jajc z vrstico povezanih med sabo.

Hribski urh je razširjen po vsej Sloveniji. Nižinski urh (*Bombina bombina*) pa živi le v subpanonskem delu Slovenije in na tem območju prihaja tudi do križanja med obema vrstama.

Kot vse dvoživke pri nas je tudi hribski urh zavarovan. Poleg tega je uvrščen na Rdeči seznam ogroženih dvoživk.

Jošt Stergaršek

Viri:

Žabe, F. Erjavec. Mladinska knjiga, 1984

**Dvoživke Triglavskega narodnega parka: razširjenost, ekologija, varstvo**, A. Lešnik in M. Cipot. Center za kartografijo favne in flore, 2007

**Živalstvo Slovenije**, B. Sket, M. Gogala, V. Kuštor (ur.). Tehniška založba Slovenije, 2003

**Dvoživke Slovenije: priročnik za določanje**, P. Veenvliet in J. K. Veenvliet, Zavod Symbiosis, 2003