

# ODSEK ZA FIZIKO TRDNE SNOVI

F-5

*Raziskave Odseka za fiziko trdne snovi so usmerjene v področje fizike neurejene in delno urejene kondenzirane materije ter še posebej faznih prehodov v teh sistemih. Namen teh raziskav je odkriti osnovne zakonitosti fizike neurejenih in delno urejenih sistemov, ki so vmesni člen med popolnoma urejenimi kristali na eni strani ter amorfimi snovmi in živo materijo na drugi. Raziskave so osredotočene na razumevanje strukture in dinamike na mikroskopski ravni, kar je pogoj za razvoj novih multifunkcionalnih materialov, nanomaterialov in bioloških sistemov. Pomemben del raziskovalnega programa je usmerjen v razvoj novih merilnih metod in eksperimentalnih tehnik na področju hladnih atomov, kvantnega magnetizma, kvantne optike, biofotonike in superresolucijskega fluorescenčnega slikanja.*

Raziskave sodelavcev Odseka za fiziko trdne snovi Instituta "Jožef Stefan" potekajo v tesnem sodelovanju z Oddelkom za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, Institutom za matematiko, fiziko in mehaniko ter z Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana. V letu 2021 so raziskave potekale v okviru treh programske skupin:

- magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija pametnih novih materialov,
- fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur,
- eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini.



Vodja:

**prof. dr. Igor Muševič**

## I. Programska skupina P1-0125 Magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija pametnih novih materialov

Delo programske skupine *Magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija pametnih novih materialov* v letu 2021 je bilo usmerjeno v odkrivanje osnovnih fizikalnih zakonitosti fizike kondenzirane materije ter v iskanje povezave med strukturo in dinamiko trdnih snovi na ravni atomov in molekul z makroskopskimi lastnostmi snovi.

Pri naših raziskavah smo uporabljali komplementarne raziskovalne metode:

- jedrsko magnetno resonanco (NMR), elektronsko paramagnetno resonanco (EPR) in jedrsko kvadrupolno resonanco (NQR),
- dvojno resonanco  $^{17}\text{O}$  – H in  $^{14}\text{N}$  – H,
- relaksometrijo s hitrim spremenjanjem magnetnega polja,
- linearno in nelinearno dielektrično spektroskopijo v območju od  $10^{-2}$  Hz do  $10^9$  Hz,
- frekvenčno odvisno kalorimetrijo,
- meritve električnih in termičnih transportnih lastnosti,
- meritve magnetnih lastnosti,
- metodo hladnih atomov.

Raziskave članov programske skupine potekajo v sodelovanju z Oddelkom za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, Institutom za matematiko, fiziko in mehaniko, z Mednarodno podiplomsko šolo Jožefa Stefana ter številnimi skupinami na najuglednejših raziskovalnih institucijah po vsem svetu.

V letu 2021 smo člani programske skupine objavili skupno 65 originalnih znanstvenih člankov ter en pregledni članek. Od člankov v revijah z višjim faktorjem vpliva izpostavljamo objavo v reviji *Nature Physics* (IF = 20), objavo v *Angewandte Chemie, Intl. Ed.* (IF = 15.3), objavo v reviji *Nanoscale* (IF = 7.8) ter vrsto objav v reviji *Physical Review B* (IF = 4).

Naše raziskave lahko združimo v tematske sklope: kvantni in topološki magnetizem, visokoentropijske zlitine, funkcionalni materiali in hladni atomi. Glavni dosežki na teh področjih so:

### 1. Kvantni in topološki magnetizem

Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Primož Koželj, Stane Vrtnik in Andrej Zorko so s sodelavci iz Kitajske in Hrvaške odkrili magnetno urejanje v spojini  $\text{Y}_3\text{Cu}_9(\text{OH})_{18}[\text{Cl}_8(\text{OH})]$ . Gre za antiferomagnet na distorzirani spinski mreži

**Proučevali smo zapletene vzbuditve v modelnih sistemih za kvantne spinske tekočine, nenavadno spinsko dinamiko v masivnih topoloških skyrmionskih mrežah, raziskali električne, magnetne in topotne lastnosti visokoentropijskih zlitin, uporabljali strižni tok za nadzor oblik tekočih kristalnih elastomernih mikrodelcev, razpršenih s polimerno smolo, ter topološke in kalorične učinke v multiferoikih in mehki snovi za aplikacije v tehnologijah zelene energije. Fulerenske radikalne spine smo uporabili kot kubite. Poleg tega smo nadaljevali razvoj novih metod, ki temeljijo na poskusih s hladnimi atomi.**

kagome, za katerega je prej veljalo prepričanje, da se magnetno ne ureja. S pomočjo komplementarnih meritev magnetizacije, specifične topote in magnetnega navora pa so v nasprotju s pričakovanji odkrili Néelov prehod pri temperaturi 11 K. Za odkritje je bilo ključno proučevanje visokokakovostnih kristalov, ki so jih avtorji vzgojili s pomočjo optimizirane hidrotermalne sinteze. To nakazuje, da je odstotnost magnetnega urejanja v manj kakovostnih vzorcih zunanjega izvora. Delo je bilo objavljeno v članku W. Sun *et al.* *Magnetic ordering of the distorted kagome antiferromagnet  $Y_3Cu_6(OH)_{18}[Cl_8(OH)]$  prepared via optimal synthesis*, *Phys. Rev. Mater.* **5**, 064401 (2021).

**Matjaž Gomilšek, Tina Arh in Andrej Zorko** so skupaj s sodelavcem z Odseka za teoretično fiziko proučevali temperaturno odvisnost dinamičnih spinskih korelacij antiferomagneta na spinski mreži kagome. Odkrili so, da že v povsem izotropnem primeru Heisenbergove izmenjalne interakcije med najbližjimi sosedi pri nizkih energijah dominirajo kiralne spinske fluktuacije, kar vodi do ojačenega nizkofrekvenčnega odziva v točki M razširjene Brillouinove cone. Vključitev magnetne anizotropije tipa Dzyaloshinskii-Moriya (DM) pa vodi do anizotropnega dinamičnega odziva in magnetnega urejanja. Te teoretične napovedi se zelo dobro ujemajo z meritvami neelastičnega nevtronskega sipanja in jedrske spinsko-mrežne relaksacije na paradigmatičnem predstavniku mreže kagome herbertsmithitu, kjer je vpliv anizotropije DM majhen, in z rezultati jedrske spinsko-mrežne relaksacije na novem predstavniku spinske mreže kagome  $YC_{u_3}(OH)_6Cl_3$ , kjer pa je vpliv magnetne anizotropije precej močnejši. Svoje ugotovitve so avtorji predstavili v članku P. Prelovšek *et al.* *Dynamical spin correlations of the kagome antiferromagnet*, *Phys. Rev. B* **103**, 014431 (2021).

**Tina Arh in Andrej Zorko** sta skupaj s sodelavci iz Indije in Švice proučevala magnetne lastnosti dvodimenzionalne spinske mreže  $Ba_xMnTeO_6$ . S pomočjo komplementarnih meritev mionske spektroskopije, magnetizacije in specifične topote so pokazali, da se snov magnetno uredi pri temperaturi  $T_N = 20$  K. Odkrili so, da se močne spinske korelacije vzpostavijo že daleč nad temperaturo magnetnega urejanja, spinska dinamika pa ostane prisotna tudi v magnetno urejeni fazi. Teoretični izračuni, ki so jih avtorji dodatno izvedli, so pokazali, da je za to kriva močna frustracija izmenjalnih interakcij v ravnini in med ravninami. Svoje ugotovitve so predstavili v članku J. Khatua *et al.* *Development of short and long-range magnetic order in the double perovskite based frustrated triangular lattice antiferromagnet  $Ba_xMnTeO_6$* , *Sci. Rep.* **11**, 6959 (2021).

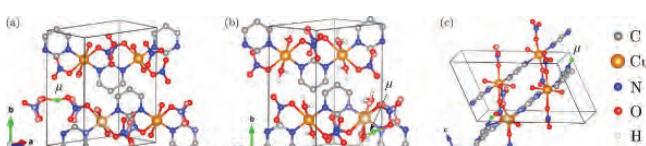
**Andrej Zorko** je s sodelavci iz Indije, ZDA, Francije in Nemčije proučeval magnetno urejanje trikotnega Heisenbergovega antiferomagneta  $\alpha\text{-HCrO}_2$  z zelo širokim naborom eksperimentalnih in teoretičnih tehnik. Kljub magnetnemu urejanju pri Néelovi temperaturi  $T_N = 22.5$  K so v magnetno urejeni fazi odkrili široko temperaturno področje z zelo počasnimi spinskimi fluktuacijami. Ker je bilo podobno odnašanje prej že opaženo v struktурno sorodnih spojinah  $NaCrO_2$  in  $\alpha\text{-KCrO}_2$ , je takšen nenavaden odziv očitno splošno značilen za trikotne antiferomagnete z zlaganjem ravnin ABC. Rezultati raziskav so bili objavljeni v članku K. Somesh *et al.* *Universal fluctuating regime in triangular chromate antiferromagnets*, *Phys. Rev. B* **104**, 104422 (2021).

**Matej Pregelj, Andrej Zorko in Denis Arčon** so s sodelavci iz Hrvaške in Švice proučevali dielektrični odziv spojine  $\beta\text{-TeVO}_4$ . Odkrili so feroelektrični odziv osnovnega vektorsko-kiralnega magnetnega stanja, kjer je velikost električne polarizacije sorazmerna z intenziteto magnetnih ukloščnih vrhov pri nevtronskem sipanju. To kaže, da je za sklopitev med električno polarizacijo in magnetnim urejanjem odgovoren inverzni mehanizem Dzyaloshinskii-Moriya. Linearne magnetoelektrične sklopitve sicer niso zaznali, so pa odkrili zelo močno odvisnost električnega koercitivnega polja od zunanjega magnetnega polja, kar odpira možnost kontrole magnetoelektričnega zapisa informacije. Svoje ugotovitve so predstavili v članku M. Dragičević *et al.* *Control of a polar order via magnetic field in a vector-chiral magnet*, *Phys. Rev. B* **104**, L121107 (2021).

**Matjaž Gomilšek** je v sodelovanju s sodelavci iz Velike Britanije in ZDA proučeval izmenični molekularni spinski verigi  $\text{pym-Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$  ( $\text{Cu-PM}$ ;  $\text{pym} = \text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2$ ) in  $[\text{Cu}(\text{pym})(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SiF}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Cu-SiF}$ ). Cu-PM je eden redkih sistemov s fazo z energijsko režo, ki jo inducira zunanje magnetno polje in jo dobro opiše Sine-Gordonova (SG) kvantna teorija polja s solitonskimi, antisolitonskimi in vezanimi vzbuditvami. Z meritvami mionske spektroskopije ( $\mu\text{SR}$ ), podprtimi z izračuni s teorijo gostotnih funkcionalov (DFT), so avtorji v Cu-PM odkrili prehod med SG režimom in magnetnim redom dolgega dosega pod  $T_N = 0.23(1)$  K ter proučili velikosti magnetnih momentov. V kiralnem sistemu Cu-SiF podobnega prehoda ni bilo zaznati. Pri temperaturah nad SG energijsko režo oba sistema preide v perturbativen režim s frakcionalnimi spinonskimi vzbuditvami. S pomočjo meritev  $\mu\text{SR}$  so avtorji pokazali, da je spinski transport v tem režimu balističen v Cu-PM in difuziven v Cu-SiF, kar kaže na ključen vpliv anizotropnih perturbacij na spinski transport v kvantnih spinskih verigah. Delo je bilo objavljeno v članku B. M. Huddart *et al.*

*Magnetic order and ballistic spin transport in a sine-Gordon spin chain*, *Phys. Rev. B* **103**, L060405 (2021).

**Matjaž Gomilšek** je v sodelovanju s sodelavci iz Velike Britanije proučeval nenavadno spinsko dinamiko v sistemih  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  in  $\text{Co}_{x}\text{Zn}_y\text{Mn}_{20-x-y}$  s topološkimi mrežami skermionov (SkL) v razsežnih vzorcih. Z meritvami mionske spektroskopije so avtorji odkrili spinsko dinamiko v  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  pri MHz frekvencah, ki najverjetneje izhaja iz SkL-



Slika 1: Nizkoenergijska mionska mesta v Cu-PM, identificirana s pomočjo DFT-izračunov.

vzbuditev. S komplementarnimi izračuni s teorijo gostotnih funkcionalov (DFT) in dipolnih magnetnih polj so avtorji nadalje pokazali, da neodvisno, metastabilno SkL stanje v  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  najverjetnejne ni v sredini vzorca, ampak se pojavi na njegovih robovih in površinah. V  $\text{Co}_8\text{Zn}_9\text{Mn}_3$  so avtorji odkrili  $\sim 2$  GHz vzbuditve s frekvenco, ki se niža, ko se približujemo  $T_c$  SkL faze, v širokem razponu magnetnih poljih (upoštevaje rezultate na tankih plasteh to dokaže močan vpliv omejene geometrije na magnetizem v slednjih), medtem ko je bilo v  $\text{Co}_8\text{Zn}_8\text{Mn}_4$  podobno obnašanje opaženo prek mnogo širšega razpona temperatur, kar dokaže prisotnost takšne spinske dinamike tudi izven SkL faze in odpre vprašanje njenega ultimativnega izvora. Delo je bilo objavljeno v članku T. J. Hicken *et al.* *Megahertz dynamics in skyrmion systems probed with muon-spin relaxation*, Phys. Rev. B 103, 024428 (2021).

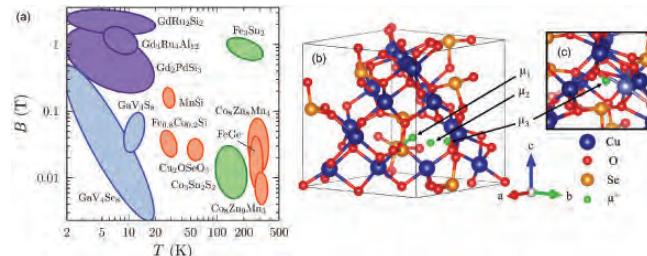
Matjaž Gomilšek je v sodelovanju s sodelavci iz Velike Britanije proučeval spinsko dinamiko v materialih  $\text{MnNiGa}$  in  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$ , ki gostita eksotične topološke spinske tekture. V tankih lamelah so bili namreč v  $\text{MnNiGa}$  odkriti biskirmioni (vzbuditve s topološkim nabojem  $N = 2$ , ki se tvorijo kot vezani pari  $N = 1$  Blochovih skermionov z isto kiralnostjo), v  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$  pa so bili odkriti antiskirmioni ( $N = -1$  vzbuditve z zapletenim ovijanjem spinov po obodu). Z meritvami mionske spektroskopije in magnetizacije so avtorji odkrili dva prehoda s spinsko reorientacijo v odvisnosti od temperature, z dinamiko, ki se zlagoma upočasnuje, ko se od spodaj približujemo zgornji kritični temperaturi. Pod spodnjim prehodom so odkrili vztrajno spinsko dinamiko prek širokega razpona frekvenc, ki se v  $\text{MnNiGa}$  pojavi zvezno, v  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$  pa bolj nenadoma in nehomogeno. Meritve, nepričakovano, niso pokazale jasnih znakov biskirmionov ali antiskirmionov v razsežnih vzorcih, kar namiguje bodisi na ključen stabilizacijski vpliv omejen geometrije v tankih lamelah ali pa na bolj eksotično spinsko dinamiko. Delo je bilo objavljeno v članku B. N. Wilson *et al.* *Spin dynamics in bulk  $\text{MnNiGa}$  and  $\text{Mn}_{1.4}\text{Pt}_{0.9}\text{Pd}_{0.1}\text{Sn}$  investigated by muon spin relaxation*, Phys. Rev. B 104, 134414 (2021).

Martin Klanjšek je v razdelku News & Views revije *Nature Physics* na povabilo urednika objavil samostojen pregledni članek, v katerem je opisal dosedanja prizadevanja pri reševanju uganke osnovnega stanja kvantnega magneta z mrežo kagome. Gre za arhetipski magnet, ki gosti eksotično stanje kvantne spinske tekocene, katerega natancna narava še ni poznana. Predlaganim kandidatom za to stanje je skupna tvorba spinskih singletov, pri čemer pa ni jasno, ali imajo ti singleti energijsko režo ali ne. Tako nedavna teoretična dela kot nedavni eksperimenti so razpeti med obema možnostma. Teorije, ki upoštevajo strukturni nerед, pa napovedo tudi možnost soobstaja prostih spinov in spinskih singletov s spremenljivo energijsko režo. Avtor je v članku opisal svoj pogled na nedavno presenetljivo odkritje postopne tvorbe spinskih singletov v dveh kvantnih magnetih z mrežo kagome, ki je skladen s teorijami, temelječimi na strukturnem neredu. Članek je bil objavljen v M. Klanjšek *Singlets singled out*, Nature Physics 17, 1081 (2021).

## 2. Visokoentropijske zlitine

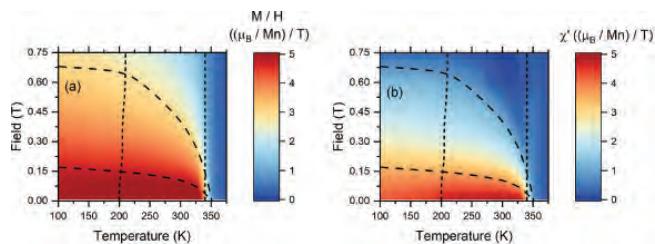
Raziskovalna skupina Laboratorija za električne, magnetne in termične meritve (Darja Gačnik, Andreja Jelen, Magdalena Wencka, Jože Lizar, Primož Koželj, Mitja Krnel, Stanislav Vrtnik in Janez Dolinšek) je v letu 2021 raziskovala električne, magnetne in termične lastnosti visokoentropijskih zlitin (kristalnih trdnih raztopin iz petih ali več večinskih kemijskih elementov v ekvimolarnih koncentracijah).

P. Koželj, S. Vrtnik, M. Krnel, A. Jelen, D. Gačnik, M. Wencka in J. Dolinšek so skupaj s sodelavci v članku Spin-glass magnetism of the non-equiautomatic  $\text{CoCrFeMnNi}$  high-entropy alloy, J. Magn. Magn. Mater. 523, 167579 (2021) raziskali magnetizem visokoentropijske spojine  $\text{CoCrFeMnNi}$  z naključnim mešanjem elementov na kubični kristalni mreži. Ugotovili smo, da kaže zlitra frustiran magnetizem tipa spinskega stekla. Opazili smo spominski efekt, kjer si spojina zapomni hladilno zgodovino v neergodični fazi. Ko se pri zveznem ohlajanju hlajenje prekine za nekaj časa in se potem spinski sistem izotermno stara pri konstantni temperaturi, nato pa se hlajenje nadaljuje, se pri segrevanju pokaže luknja v magnetizaciji pri temperaturi staranja, globina luknje pa je določena z dolžino staralnega časa. Spominski sistem si zapomni tudi več zaporednih zaustavitev pri vedno nižjih temperaturah med hlajenjem. Opaženi pojav termičnega spomina omogoča uporabo tega materiala kot termično spominsko celico za shranjevanje

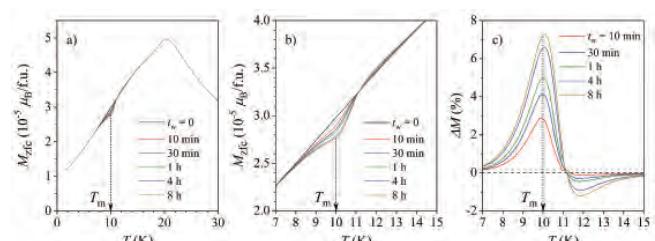


Slika 2: (a) Fazni diagram materialov s skermioni v razsežnih vzorcih. (b,c) Mionska mesta v  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  identificirana z DFT-izračuni.

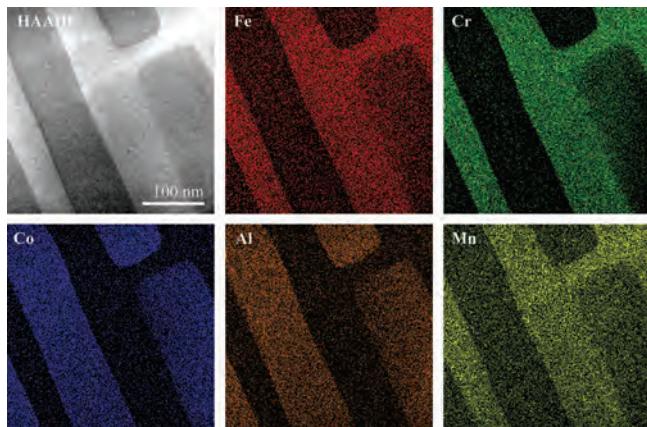
(c)



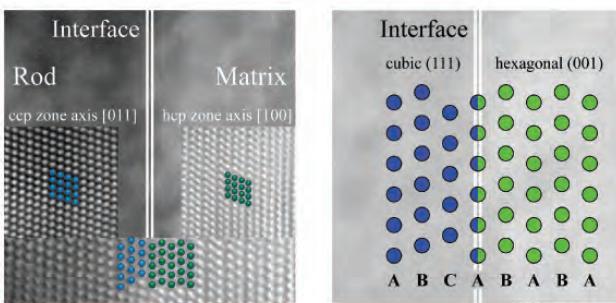
Slika 3: Fazni diagram razsežnih vzorcev  $\text{MnNiGa}$  iz (levo) DC magnetizacije in (desno) realnega dela AC susceptibilnosti.



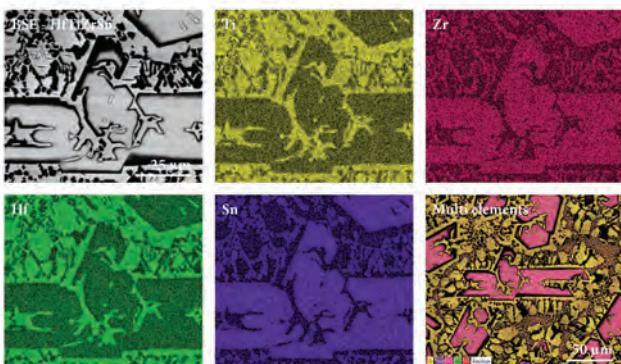
Slika 4: (a) Magnetizacijske krivulje  $M_{zfc}$  za različne zaustavitve čase  $t_w = 10$  min, 30 min, 1 h, 4 h in 8 h pri staralni temperaturi  $T_m = 10$  K. (b) Povečano območje krivulj  $M_{zfc}$  v bližini  $T_m$ . (c) Normalizirana razlika med referenčno nestaranjo krivuljo  $M_{zfc}(t_w=0)$  in staranimi krivuljami  $\Delta M = [M_{zfc}(t_w=0) - M_{zfc}(t_w)] / M_{zfc}(t_w=0)$ .



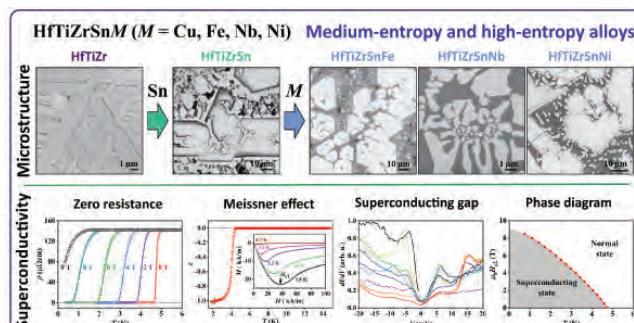
Slika 5: HAADF STEM mikrograf (levi zgornji panel) in EDS zemljevidi spinodalne dekompozicije v visokoentropijski zlitini FeCoCrMnAl.



Slika 6: HAADF-slika mejnega območja med hcp matriko in ccp precipitati visokoentropijske zlitine Y-Gd-Tb-Dy-Ho v direktnem prostoru (levi panel), ki prikazuje, kako sta fazi hcp in ccp prostorsko povezani. Desni panel kaže shematsko ureditev atomov v bližini meje med fazama kot posledico polimorfizma.



Slika 7: SEM BSE-slika mikrostrukture visokoentropijske zlitine HfTiZrSn (levi zgornji panel) in EDS-zemljevidi elementov.



digitalnih informacij, ki so v visokoentropijsko zlitino zapisane izključno s spremenjanjem temperature, brez prisotnosti električnega, magnetnega ali elektromagnetnega polja. Na sliki 4 je prikazana časovna odvisna magnetizacija med segrevanjem, ki kaže luknjo pri temperaturi 10 K, kjer je bilo hlajenje med ohlajanjem prekinjeno za različne čase od 10 minut do 8 ur.

V članku *Collective magnetism of a single-crystalline nanocomposite FeCoCrMnAl high-entropy alloy* (A. Jelen, P. Koželj, D. Gačnik, S. Vrtnik, M. Krnel, G. Dražić, M. Wencka, Z. Jagličić, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, *J. Alloys Compd.* 864, 158115 (2021)) je skupina raziskala kolektivni magnetizem visokoentropijske spojine FeCoCrMnAl, kjer se prek spinodalne dekompozicije ustvari nanokompozitna mikrostruktura iz bcc matrike in B2 (delno urejene bcc) nanoploščic, kjer ima vsaka faza različno kemijsko kompozicijo. Obe fazi vsebujejo magnetne 3d prehodne elemente Fe, Co, Cr in Mn, kjer se poskušata Fe in Co urejati feromagnetno, Cr in Mn pa antiferomagnetno. Rezultat mešanja elementov je frustriran magnetizem, podoben spinskemu steklu. EDS zemljevidi elementov, ki kažejo spinodalno dekompozicijo materiala FeCoCrMnAl, so prikazani na sliki 5.

V članku *Nanostructure and local polymorphism in ideal-like rare-earths-based high-entropy alloys* (A. Jelen, J. H. Jang, J. Oh, H. J. Kim, A. Meden, S. Vrtnik, M. Feuerbacher, J. Dolinšek, *Mater. Charact.* 172, 110837 (2021)) smo poročali o polimorfizmu v visokoentropijskih zlitinah iz redkih zemelj, ki so do zdaj veljale za prototip idealne enofazne visokoentropijske spojine s povsem naključnim mešanjem elementov na heksagonalni gosto pakirani (hcp) mreži. Pokazali smo, da kljub ničelnim parskim entalpijam mešanja vseh elementnih parov (kar favorizira naključno mešanje elementov v trdni raztopini) majhne razlike v atomskih radijih povzročijo lokalni polimorfizem, kjer ima večinska matrika hcp strukturo, eliptični precipitati dolžine nekaj 100 nm pa kubično gosto pakirano strukturo (ccp) pri enaki kemijski zgradbi. Slika 6 prikazuje hcp-ccp polimorfizem v visokoentropijski zlitini Y-Gd-Tb-Dy-Ho.

V članku *Structure and Superconductivity of Tin-Containing HfTiZrSnM ( $M = Cu, Fe, Nb, Ni$ ) Medium-Entropy and High-Entropy Alloys* (D. Gačnik, A. Jelen, M. Krnel, S. Vrtnik, J. Luzar, P. Koželj, M. van Midden, E. Zupanič, M. Wencka, A. Meden, Q. Hu, S. Guo, J. Dolinšek, *Materials* 14, 3953 (2021)) smo raziskali strukture, mikrostrukture, kemijske kompozicije in superprevodnost v visokoentropijskem sistemu HfTiZrSnM ( $M = Cu, Fe, Nb, Ni$ ), ki vsebuje kositer (do zdaj še neuporabljen element pri visokoentropijskih zlitinah). Materiali kažejo zapletene večfazne mikrostrukture. Mikrostruktura in EDS-zemljevidi elementov zlitine HfTiZrSn so prikazani na sliki 7.

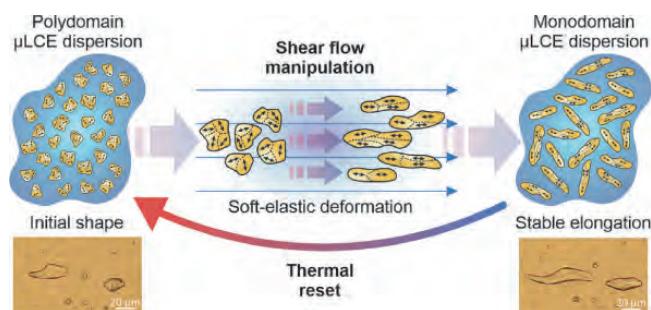
Superprevodnost je bila najdena v vseh zlitinah preiskovane družine HfTiZrSnM ( $M = Cu, Fe, Nb, Ni$ ), razen tiste z vsebnostjo železa (Fe). Na sliki 8 so prikazani grafi mikrostruktur, električne upornosti pri superprevodnem prehodu, Meissnerjevega efekta, superprevodne vrzeli v gostoti elektronskih stanj pri Fermijevi energiji in zgornjega kritičnega polja v odvisnosti od temperature.

Slika 8: Grafi mikrostruktur, električne upornosti pri superprevodnem prehodu, Meissnerjevega efekta, superprevodne vrzeli v gostoti elektronskih stanj pri Fermijevi energiji in zgornjega kritičnega polja za nekatere visokoentropijske zlitine v sistemu HfTiZrSnM ( $M = Cu, Fe, Nb, Ni$ )

### 3. Funkcionalni materiali

#### 3.1 Oblikovni spomin v polimerno dispergiranih mikrodelcih tekočekristalnih elastomerov

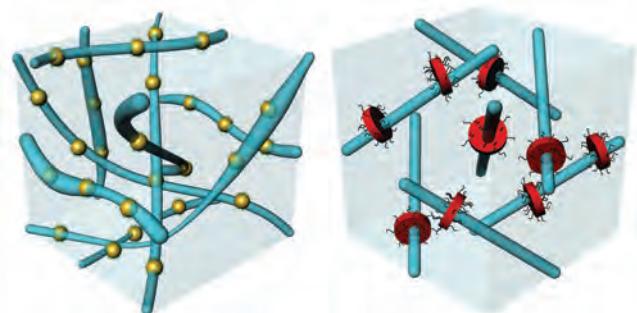
Saide Umerova, Matej Bobnar, Nikita Derets, Boštjan Zalar in Andraž Rešetič v sodelovanju z Danjelo Kuščer (K5) so z uporabo strižnega toka uspeli kontrolirati oblikovni spomin polimerno dispergiranih mikrodelcev tekočekristalnega elastomera ( $\mu$ TKE). Narava mehke elastičnosti polidomenskih  $\mu$ TKE omogoča, da je bila uporaba strižnih sil kot konjugiranega zunanjega polja uspešna pri inducirjanju deformacije in mezomorfnega urejanja  $\mu$ TKE delcev, suspendiranih v polidimetilsilosanu (PDMS), zaradi česar so postali monodomenski. Pri ohlajanju iz izotropne faze proti sobni temperaturi ob prisotnosti dovolj velikih strižnih sil je bilo potrjeno, da so  $\mu$ TKE privzeli podolgovato in časovno stabilno geometrijo. Takšno obnašanje je nekaj podobnega oblikovnemu spominu. Podolgovati delci so se uredili v smeri toka. Če se je ureditev delcev izgubila, npr. zaradi mešanja, jo je bilo mogoče ponovno vzpostaviti z zmernim strižnim tokom brez termičnega cikliranja. Po potrebi je mogoče oblikovni spomin  $\mu$ TKE izbrisati s segrevanjem materiala v izotropno fazo in nato tudi reprogramirati. Ta pojav bi bil lahko neprecenljiv pri aditivni proizvodnji elastičnih izdelkov s predprogramiranim termomehanskim odzivom. Raziskava je bila objavljena v članku S. Umerova, et al. *Shear flow-controlled shape memory of polymer resin dispersed liquid crystal elastomer microparticles*, Materials & Design 207, 109836 (2021).



Slika 9: Shematski prikaz deformiranja s strižnim tokom in temperaturnega resetiranja oblike  $\mu$ TKE delcev, dispergiranih v PDMS. Relaksacijo oblike  $\mu$ TKE delcev je bilo mogoče direktno opazovati s polarizirano mikroskopijo.

#### 3.2 Topološki ter kalorični pojavi v multiferoičnih in mehkih snoveh

Nadaljevali smo študijo feroelektričnih lastnosti, elektromehanskega pojava, shranjevanja energije in elektrokaloričnega pojava v novih multiferoičnih materialih brez svinca ter mehkih snovi in pokazali, da ti materiali lahko služijo za nove tehnologije superkondenzatorjev in toplotnih strojev. Raziskali smo učinek Halperin-Lubensky-Ma na nematsko urejanje v tekočih kristalih in asimetrični prenos lipidov med lipidnimi vesikli. Pokazali smo tudi, kako se različne vrste nanodelcev urejajo v defektnih rešetkah kiralnih tekočekristalnih faz. B. Rožič je bila tudi strokovno aktivna pri popularizaciji znanosti (B. Rožič Ženske, ki spreminjajo obraz znanosti, Slovenska nacionalna komisija za UNESCO 2021, str. 50–51). Dela so bila predstavljena v 18 znanstvenih člankih, objavljenih v mednarodnih znanstvenih revijah, dveh poglavjih in treh vabljениh predavanjih na mednarodnih znanstvenih konferencah. Dela na multiferoikih, multikalorikih in mehkih snoveh so leta 2021 zbrala več kot 600 čistih citatov.



Slika 10: Urejanje sferičnih nanodelcev v disklinacijskih linijah modre faze III (leva slika) in anizotropnih nanodelcev v modri fazi I (desna slika).

#### 3.3 Funkcionalne nanostrukturi

##### TiO<sub>2</sub> nanostrukturi, dopirane z Eu<sup>3+</sup> in Nd<sup>3+</sup> ioni, kot optični nanotermometri

V letu 2021 smo nadaljevali raziskave TiO<sub>2</sub> nanodelcev, dopiranih z lantanoidnimi ioni (Eu<sup>3+</sup> in Nd<sup>3+</sup>), za merjenje temperature na nanoskali. Nanostrukture, dopirane z lantanoidnimi ioni, so primerne za uporabo v bioloških aplikacijah, saj delujejo v temperaturnem območju med 15 °C in 50 °C, ki sovpada s fiziološkim temperaturnim območjem. TiO<sub>2</sub> smo izbrali kot podlago zaradi njegove nizke toksičnosti in biokompatibilnosti. Nanodelce TiO<sub>2</sub>, dopirane z Eu<sup>3+</sup> in Nd<sup>3+</sup> ioni, smo pripravili po metodi sol gel, s tehnikami XRD, SEM, TEM, XPS in NEXAFS pa smo določili njihove fizikalno-kemijske značilnosti. Z meritvijo sprememb v intenziteti luminiscence nanodelcev v celici smo dobili informacijo o temperaturi celice z občutljivostjo 0,5 K pri 1 % sprememb intenzitet med segrevanjem. Rezultati so bili objavljeni v revijah P. Umek et al., *Nano select* 2, 1208 (2021) in P. Umek et al., *Sensors* 21 5306 (2021).

##### Razvoj novih polimernih nanokompozitov z izjemno povečanim dipolarnim odzivom

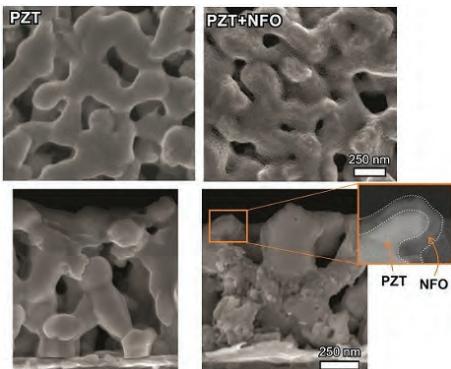
Dielektrični polimeri so zaradi preproste izdelave, fleksibilnosti, majhnih dielektričnih izgub in visoke električne prebojnosti vse bolj razširjeni v sodobnih električnih sistemih. Vendar je za številne aplikacije njihova dielektrična konstanta prenizka. V sodelovanju z raziskovalci z univerze The Pennsylvania State smo razvili novo skupino dielektričnih polimernih nanokompozitov, kjer so v polieterimidu (PEI) razpršeni različni nanodelci (0-D vključki)

ali  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nanopalčke oz.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanožice (1-D vključki). Pokazali smo, da 1-D vključki pri zelo majhnih koncentracijah izjemno povečajo dipolarni odziv PEI. Medtem ko nanodelci na mejah med fazama ustvarijo sferično lupinsko nanotopologijo, so cilindrične medfazne lupine, ustvarjene z enodimenzionalnimi polnili, veliko bolj učinkovite pri povečanju dipolarnega odziva v smislu razširitev velikega dielektričnega odziva medfazne regije in zmanjšanja vpliva polimernih regij z nizko dielektrično konstanto. Posledično PEI nanokompoziti z 0,75 vol.% nanopalčk izkazujejo več kot desetkrat povečan dipolarni odziv, hkrati pa ohranjajo majhne dielektrične izgube. Ti rezultati utirajo pot za razvoj visokozmogljivih dielektričnih polimerov za aplikacije v širokem temperaturnem območju.

Delo je bilo objavljeno v članku X. Chen, T. Yang, Q. Zhang, L. Q. Chen, V. Bobnar, C. Rahn, Q. M. Zhang *Topological structure enhanced nanostructure of high temperature polymer exhibiting more than ten times enhancement of dipolar response, Nano Energy* 88, 106226 (2021).

### Razvoj okolju prijaznih tankoplastnih kompozitov iz celuloze in grafenovega oksida za fleksibilne naprave za shranjevanje energije

Izdelali smo nanokompozitne plasti iz grafenovega oksida (GO) in TEMPO-oksidiranih celuloznih nanovlaken (TCNF), ki so bili nato izpostavljeni UV-obsevanju v duškovni atmosferi z namenom redukcije GO. Redukcijo GO in interakcijo s TCNF smo potrdili z ATR-FTIR, FESEM, UV-Vis, Ramansko in XRD spektroskopijo. Razvite plasti s povečanim mehanskim modulom so stabilne do 160 °C, zaradi Maxwell-Wagnerjeve polarizacije na mejah med fazama pa se dielektrična konstanta močno poveča že pri nizki vsebnosti GO. Tako so ti okolju prijazni, mehansko močni, prožni in termično stabilni materiali primerna alternativa za izdelavo fleksibilnih naprav za shranjevanje energije. Poleg tega se okolju neškodljiva metoda redukcije GO z UV obsevanjem ponuja kot alternativa za škodljive kemične procese, ki jo je mogoče uporabiti tudi v primeru drugih nanokompozitnih biomaterialov. Delo je bilo objavljeno v Y. B. Pottathara, V. Bobnar, Y. Grohens, S. Thomas, R. Kargl, V. Kokol *High dielectric thin films based on UV-reduced graphene oxide and TEMPO-oxidized cellulose nanofibres, Cellulose* 28, 3069 (2021).



Slika 11: Strukture poroznih  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  tankih plasti, ki izkazujejo izjemno velik piezoelektrični odziv, in  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$  tankoplastnih kompozitov z veliko stično površino med magnetostriktivno in piezoelektrično komponento. Posneto z vrstičnim elektronskim mikroskopom (zgoraj površina, spodaj prerez).

### Nanostrukturirani multiferoični $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$ tankoplastni kompoziti

Z vnašanjem feromagnetnega  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  v porozne feroelektrične  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  tanke plasti smo izdelali nove multiferoične tankoplastne kompozite. Čeprav so bile večplastne strukture spinelnih feritov in  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  že izdelane oz. so bili s sol-gel ali RF brizgalnimi tehnikami pripravljeni njihovi kompoziti, morfologija našega sistema zagotavlja izjemno veliko stično površino med magnetostriktivno in piezoelektrično komponento. Podrobne strukturne preiskave so potrdile čisti dvofazni sistem, med sintezo torej ni prišlo do kemijskih reakcij med obema komponentama. Multiferoičnost kompozitov potrjujeta detektirani tako feroelektrična kot feromagnetna histerezna zanka. Ovisnost dielektrične konstante od vrednosti zunanjega magnetnega polja, ne le pri nizkih frekvencah, temveč tudi nad značilnimi Maxwell-Wagnerjevimi frekvencami, pa dokazuje neposredno napetostno sklopitev med magnetostriktivnimi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  in piezoelektričnimi  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  zrnji ter posledično nakazuje na potencialno uporabnost razvitega materiala v magnetokapacitivnih aplikacijah. Delo je bilo objavljeno v A. Matavž, P. Koželj, M. Winkler, K. Geirhos, P. Lunkenheimer, V. Bobnar *Nanostructured multiferroic  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$  thin-film composites, Thin Solid Films* 732, 138740 (2021).

### 3.4 Funkcionalni kvantni materiali

Denis Arčon je s sodelavci iz Francije, Nemčije in Grčije nadaljeval raziskave fulerenovih radikalov  $\text{C}_{59}\text{N}$ , ujetih v cikloparafenilenskih (CPP) obročih. V članku Y. Tanama *et al. Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylen rings, Nanoscale* 13, 19946-19955 (2021) so raziskali mehanizem tvorbe stabilnih radikalov v trdnem stanju. Z metodo elektronske paramagnetne rezonance so pokazali, da gre tvorba izredno dolgoživih  $\text{C}_{59}\text{N}$  radikalov v dveh stopnjah in da se monomerni radikalni tvorijo še pri temperaturah nad 150 °C. Najpomembnejši del te študije pa se je nanašal na potencialno uporabo  $\text{C}_{59}\text{N}$  radikalov kot kubitov. Z metodo pulzne elektronske paramagnetne rezonance so avtorji namreč pokazali, da so koherenčni časi takih centrov izredno dolgi in da omogočajo npr. opazovanje Rabijevih oscilacij. V članku so avtorji tudi nakazali možne smeri razvoja tovrstnih materialov, kjer bi lahko ustvarili kompleksne mreže med seboj povezanih fulerenovih kubitov.

Denis Arčon je s kolegi na Univerzi Tohoku na Japonskem nadaljeval raziskave sistema  $\text{BaMn}_2\text{Pn}_2$  (kjer je  $\text{Pn}$  = pniktidni element). Ti sistemi tvorijo enake strukture kot znani supereprevodniki  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  in so zato zanimivi tudi iz stališča razumevanja superprevodnosti. V dveh objavah T. Ogashawa *et al. Phys. Rev. B* 103, 125108 (2021) ter N. Janša *et al., Phys. Rev. B* 103, 064422 (2021) so poročali o odkritju izredno kompleksne temperaturno odvisne velikanske magnetoupornosti. S kombinacijo različnih eksperimentalnih tehnik so pokazali, da je za pojav velikanske magnetoupornosti ključna večorbitalna elektronska struktura. Za magnetno urejanje so pomembne

Štiri Mn 3d orbitale, medtem ko je za transportne lastnosti odgovorna peta Mn 3d orbitala. Izkaže se, da se vrzeli v tej zadnji orbitali lokalizirajo pod temperaturo 50 K, takrat tvorijo red kratkega dosega in so ključne za pojav magnetoupornosti.

#### 4. Hladni atomi

Katja Gosar, Tina Arh, Tadej Mežnaršič, Ivan Kvasić, Dušan Ponikvar, Tomaž Apih, Erik Zupanič in Peter Jeglič so razvili novo metodo za detekcijo gradienta magnetnega polja s pomočjo podolgovatega oblaka cezijevih atomov, ohljenih v bližino absolutne ničle. Ker je frekvenca precesije atomskih spinov ovisna od velikosti magnetnega polja, se lahko slika populacij spinskih stanj uporabi kot meritev sprememb velikosti magnetnega polja vzdolž oblaka. Gradient določimo s pomočjo ene same slike, kar je prednost pred drugimi standardnimi metodami, ki zahtevajo serijo slik. Metoda je bila objavljena v članku K. Gosar *et al.* Single-shot Stern-Gerlach magnetic gradiometer with an expanding cloud of cold cesium atoms, *Phys. Rev. A* 103, 022611 (2021).

#### II. Programska skupina Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur

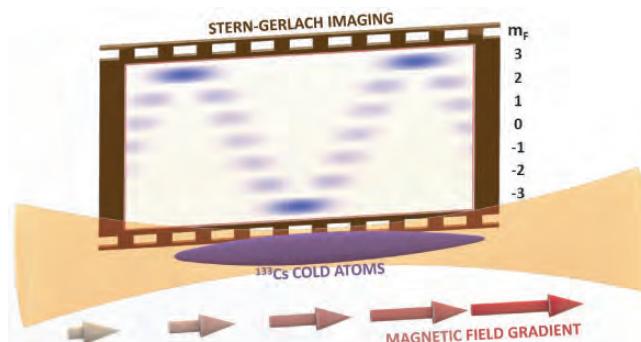
Študije raziskovalnega programa Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur se na eni strani osredotočajo na nove kompleksne mehke materiale, vključno z aktivnimi in biološko relevantnimi sistemmi, na drugi strani pa na površine in nanostrukture s specifičnimi funkcionalnimi lastnostmi. Cilj programa je razumeti strukturne, topološke in dinamične lastnosti teh sistemov, njihove interakcije in delovanje na molekularni ravni, njihove mehanizme samosestavljanja in njihovo biološko relevantnost. Za zagotavljanje celovitega pristopa k tem izvivom program združuje eksperimentalne in teoretične raziskave, podprtne z modeliranjem in simulacijami. Poseben poudarek je namenjen tudi možnim elektrooptičnim, fotonskim in biomedicinskim aplikacijam.

#### Laserji za generacijo strukturirane svetlobe, narejeni iz tekočekristalnih superstruktur

Tekoči kristali tvorijo izjemno bogat nabor topoloških struktur, ki imajo naravno ali umetno tvorjene topološke defekte. Tekoče kristale so sicer že do zdaj uporabljali znotraj laserskih resonatorjev, vendar so bile za ta namen v uporabi le relativno preproste tekočekristalne strukture. V naši študiji smo eksperimentalno in teoretično pokazali, kako je svetloba sklopljena s kompleksnimi tekočekristalnimi strukturami znotraj laserskega resonatorja. To omogoča generiranje netrivialne oblike intenzitete in polarizacije izhajajočega strukturiranega laserskega žarka. Predlagan laser, narejen iz mehke snovi, odpira novo raziskovalno smer na področju mehke fotonike. Raziskave so potekale v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in so bile objavljene v reviji *National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS 2021, doi: 10.1073/pnas.2110839118).

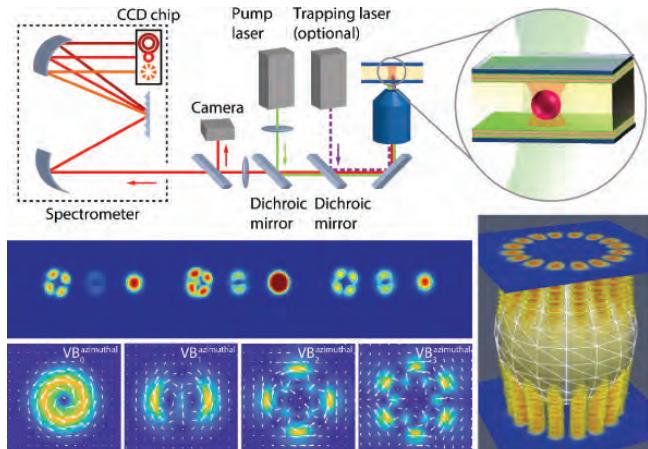
#### Samooblikovane tekočekristalne emulzije

Predstavili smo splošen koncept preoblikovanja tekočekristalnih (TK) kapljic, suspendiranih v vodnih raztopinah površinsko aktivnih snovi (surfaktantov). Uporabili smo anionski surfaktant v TK kapljicah in kationski surfaktant v vodnem okolju, pri čemer smo z nižanjem temperature in kontrolo površinske napetosti dosegli kontrolirano reverzibilno rast tekočekristalnih mikrovlek na posameznih kapljicah. Domnevamo, da je pojav samooblikovanja posledica migracije surfaktanta na mejno plast TK in vode ter tvorbe temperaturno občutljive aktivne plasti. Rast mikrovlek torej povzroča efektivno negativna površinska napetost. Pri prehodu v smektično A fazo se vlakna preoblikujejo v monodisperzne kapljice, katerih velikost določa hitrost ohlajanja. Uporaba pojava v smektični C fazi pa odpira možnost tvorbe vijačnih vlaken, medtem ko v smektični A fazi pričakujemo lupinaste strukture, analogne biomembranam v živih sistemih. Razvili smo tudi teoretični model, ki napove reverzibilno

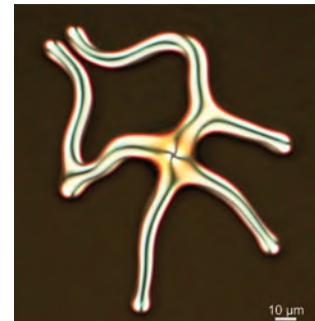


Slika 12: Shema magnetnega gradiometra, ki prikazuje Stern-Gerlachovo sliko oblaka cezijevih atomov, ki se širi vzdolž laserskega žarka.

**Odkrili smo sevanje strukturirane laserske svetlobe iz tekočekristalnih mikrolaserjev, ki jo je mogoče uravnavati s strukturo mikrolaserja in zunanjimi vplivi. Odkrili smo reverzibilno samospreminjanje kapljic tekočega kristala v vlakna in druge bolj zapletene oblike. Pokazali smo, da topološki defekti v tekočem kristalu lahko povzročajo prostorsko separacijo nabojev v tekočem kristalu in da celo sferični delci lahko med seboj delujejo z anizotropno električno silo.**

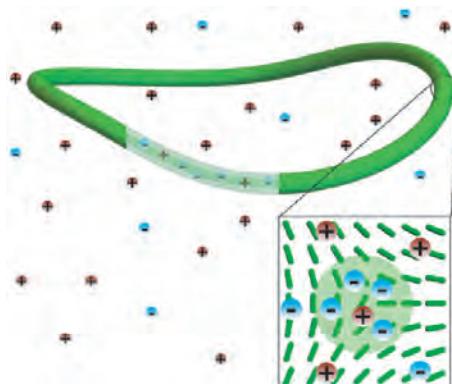


Slika 13: Optična postavitev, uporabljena v eksperimentih (zgoraj), in nekaj primerov eksperimentalno generiranih in simuliranih vektorskih laserskih snopov (spodaj).

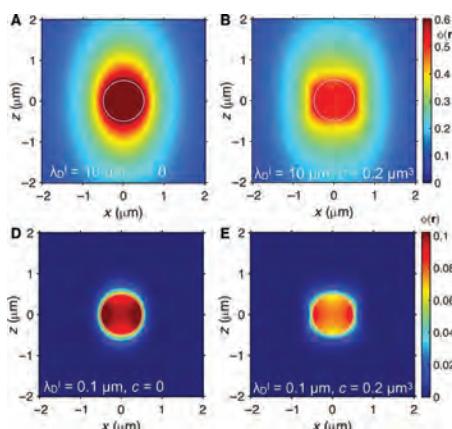


Slika 14: Nematska kapljica se preoblikuje v mikrovlekna.

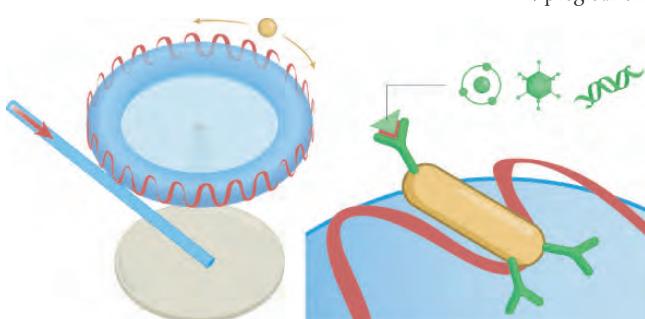
spremembo TK-kapljic v monodisperzna mikrovlekna. Raziskava, ki je potekala v sodelovanju z raziskovalci v Gottingenu, San Diegu, Tokiu in Luxembourg, je bila objavljena v *PNAS* 2021, DOI: 10.1073/pnas.2011174118.



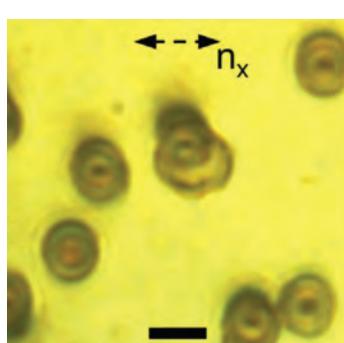
*Slika 15: Ionsko nabiti topološki defekti v nematskih tekočinah*



*Slika 16: Anizotropno elektrostatsko senčenje nabitih koloidov v nematskih tekočinah*



*Slika 17: Princip delovanja optičnega mikroresonatorja in senzorike na podlagi vezave različnih molekul.*



### Podvojito-frekvenčno vodene nematske mikrostrukture, ograjene v porozne polimerne membrane

V članku poročamo o ureditvi in elektro-optičnem odzivu v podvojito-frekvenčnem tekočem kristalu (PFTK), ograjenem v porozne polimerne membrane (PPM). Značilnost PFTK je pozitivna/negativna dielektrična anizotropija v nizko-/visokofrekvenčnem električnem polju. S slednjimi polji smo v PPM-PFTK kompozitih spreminjali nematično strukturo. Pokazali smo, da nizko-/visokofrekvenčno področje zadusi/ojača infrardečo komponento elektromagnetnega valovanja, ki potuje skozi kompozitne sisteme. Predstavili smo tudi možnosti uporabe v fotonskih aplikacijah. Študija je potekala v sodelovanju z raziskovalci iz Moskve (*Applied physics letters* 2021, doi: 10.1063/5.0069056).

*Slika 18: Mikroskopska slika nematika v porozni polimerni membrani*

## Predhodni pojavi faznega prehoda med tekočo in plastično kristalno fazo

V članku predstavljamo predhodne pojave faznega prehoda med izotropno in plastično kristalno fazo, opaženo v linearinem in nelinearnem dielektričnem odzivu. Meritve smo izvedli v izjemno širokem temperaturnem intervalu:  $120 \text{ K} < T < 345 \text{ K}$ . Zaznani predhodni pojavi do zdaj še niso bili eksperimentalno opaženi. V delu primerjamo izmerjene predhodne pojave z analognimi odzivi v klasičnem tekočem kristalu 8OCB, kjer z nižanjem temperature dosežemo zaporedje faznih prehodov v orientacijsko in translacijsko urejeno fazo. V 8OCB smo med drugim kot prvi zaznali temperaturno voden prehod med režimoma kvalitativno različnih fluktuacij. Razvili smo minimalni mezoskopski model opisa ključnih faznih prehodov v plastičnih kristalih. Raziskava je potekala v sodelovanju z raziskovalci iz Varšave (*Molecules* 2021, DOI: 10.3390/molecules26020429).

## Sortirajoči topološki defekti v nematičnem tekočem kristalu

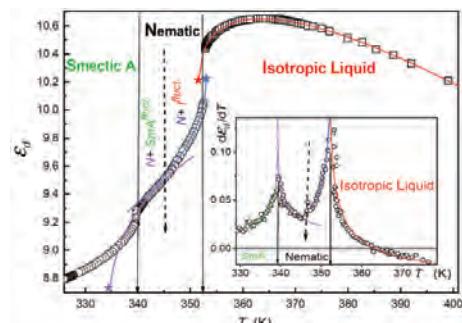
Proučevali smo dinamično obnašanje para  $m = \frac{1}{2}$  nematičnih dislokacij, ki smo jih nukleirali s površinsko vsiljeno  $m = 1$  defektino strukturo. V eksperimentalni raziskavi smo določili kvalitativno različne dinamične režime disklinacij v tekočem kristalu z negativno električno anizotropijo pri spremenjanju amplitude in frekvence zunanjega električnega polja. Disklinacije so bodisi rotirale ali pa oscilirale glede na referenčno konfiguracijo. Določili smo fazni prostor dinamičnega obnašanja v odvisnosti od amplitude in frekvence. Ta diagram nakazuje, da pojav generirajo hidrodinamske nestabilnosti, sklopjene z Lehmanovim pojavom. Študija je potekala v sodelovanju z raziskovalci iz Clevelanda. (*Soft Matter* 2021, DOI: 10.1039/D1SM01124C)

## Minimalni disipacijski toerem za mikroplavalce

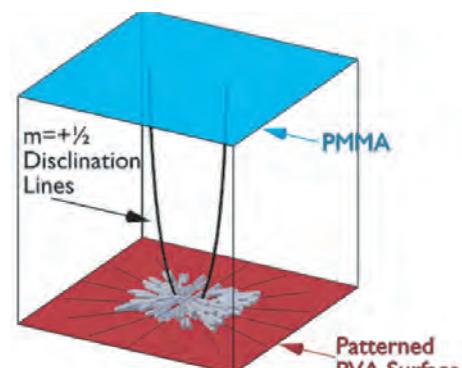
Biološki ali umetni mikroplavalci se premikajo skozi tekočino pri nizkem Reynoldsovem številu tako, da periodično spreminja svojo obliko ali pa proizvedejo efektivno drsno hitrost na svoji površini. V tem članku smo izpeljali teorem minimalne disipacije za mikroplavalec. Ta nam pove spodnjo mejo moči, ki jo za gibanje potrebuje mikroplavalec, in sicer izrazeno s koeficienti hidrodinamskega upora dveh pasivnih teles enake oblike: enega z robnim pogojem brez zdrsa in enega z robnim pogojem popolnega zdrsa. Teorem velja za plavalec poljubne oblike, ki se gibljejo s katerokoli translacijsko ali kotno hitrostjo. Dokaz teorema temelji na pospolitosti Helmholtzevega teorema o minimalni disipaciji, principa linearne superpozicije in Lorentzevega recipročnega teorema. Pokazali smo tudi, da ima optimalen mikroplavalec hitrostni profil, ki ustreza pasivnemu toku okoli telesa s popolnim zdrsom (npr. zračnega mehurčka), ter porazdelitev tangencialnih sil, ki ustreza telesu brez zdrsa. Tako smo navidezno kompleksen optimizacijski problem zreducirali na izračun dveh pasivnih koeficientov upora. Delo je večinoma potekalo v Göttingenu (*Phys. Rev. Lett.* 2021, DOI: 10.1103/PhysRevLett.126.034503).

## Kemična občutljivost migetalke, ojačana z geometrijo in gibljivostjo

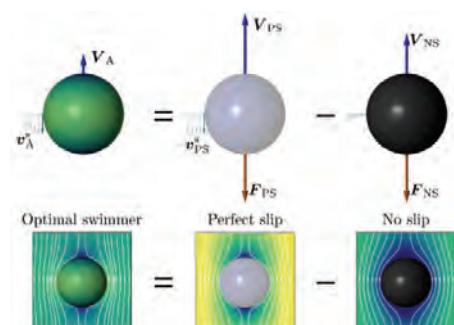
Primarne migetalke, ki so običajno negibne, imajo predvsem senzorične funkcije in delujejo kot receptorji za kemične ali mehanske signale. Vendar pa je vse več indicev, da senzorične funkcije niso omejene na negibne migetalke in da lahko gibljive migetalke vsebujejo tudi kemoreceptorje. Ta odkritja vodijo do vprašanja, ali je lokacija kemičnih receptorjev na migetalki sama po sebi prednost pri občutljivosti zaznavanja. Zato smo proučili hitrosti, s katerimi se signalni delci ujemajo na model migetalke, vsidrane v ravno površino. Pokazali smo, da celo v mirujoči tekočini senzorji na migetalki dosežejo enako občutljivost kot senzorji na ravni ploskvi pri štirikrat večji površini. V prisotnosti strižnega toka se ta prednost poveča na faktor 6. Gibajoča migetalka lahko doseže znatno povečanje občutljivosti pri visokih Pecletovih številah, vendar le, če je gibanje nereciprocno in tako poganja gibanje tekočine dolgega dosega. Če je več migetalka ena blizu druge, se število ujetih delcev na migetalko zaradi osiromašenja delcev v raztopini zmanjša. Če pa se iste migetalke gibljejo asimetrično, se število delcev lahko tudi poveča, saj pridobijo na račun toka, ki ga skupno poganjajo vse migetalke. Študija je bila večinoma opravljena na Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization v Göttingenu (*eLife* 2021, DOI: 10.7554/eLife.66322).



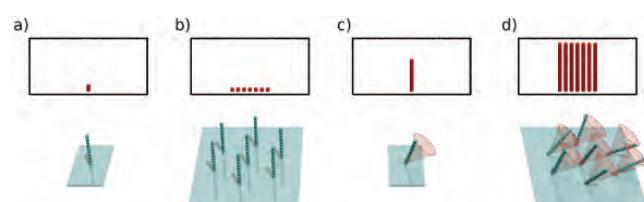
Slika 19: Dielektrični odziv v odvisnosti od temperature



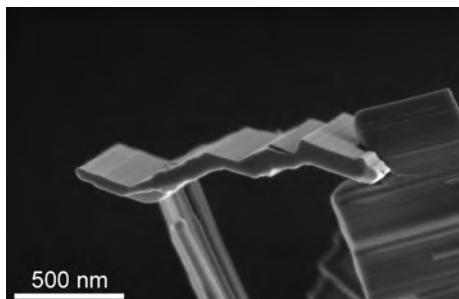
Slika 20: Topološko vsiljene disklinacije



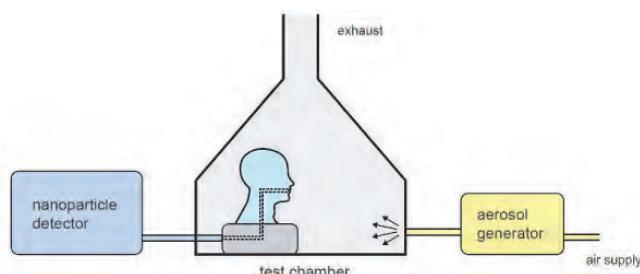
Slika 21: Optimalnega aktivnega mikroplavalca lahko predstavimo kot linearno superpozicijo tokov okoli teles z robnim pogojem idealnega zdrsa in brez zdrsa (prikazano za krogelnega obliko).



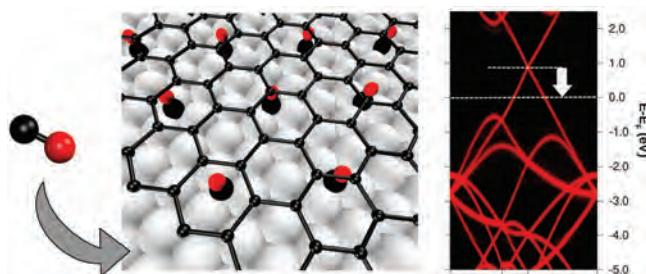
Slika 22: Hitrost, s katero migetalka zaznava delce (višina rdečih stolpcov) v naslednjih primerih: (a) posamična negibna migetalka, (b) 7 negibnih migetalak, (c) posamična gibljiva migetalka ter (d) skupina 7 gibljivih migetalak. Medtem ko prisotnost drugih migetalak hitrost zaznavanja zaradi osiromašenja koncentracije zmanjša, lahko gibajoče migetalke pridobijo zaradi vzajemno ustvarjenega toka tekočine.



Slika 23: Ploščice  $\text{WO}_{3-x}$  v obliki nanostrešnikov



Slika 24: Shema eksperimenta za merjenje filtracijske učinkovitosti zaščitnih mask med pandemijo covid-a-19.



Slika 25: Ogljikov monoksid, interkaliran v vmesno plast grafen/Ni (111), tvori periodične vzorce, razklopi grafen od Ni (111) in premakne Diracov stožec za približno 1 eV.

### Nove stehiometrične faze $\text{W}_n\text{O}_{3n-1}$

Sintetizirali in karakterizirali smo kristale volframovega suboksidu, ki rastejo v obliki nanoploščic. S pomočjo slik presevnih elektronskih mikroskopij v visoki ločljivosti smo identificirali tri nove stehiometrične faze:  $\text{W}_{13}\text{O}_{38}$  ( $\text{WO}_{2.923}$ ),  $\text{W}_{12}\text{O}_{35}$  ( $\text{WO}_{2.917}$ ) in  $\text{W}_{11}\text{O}_{32}$  ( $\text{WO}_{2.909}$ ). Eksperimentalni parametri osnovnih celic se dobro ujemajo z izračunanimi. Nanoploščice rastejo v obliki strešnikov z morfologijo zig-zag, pri čemer so vdolbine globoke več 10 nm. Spekter rentgenske fotoelektronske spektroskopije valenčnega pasu je pokazal neničelno gostoto stanj pri Fermijevi energiji, kar nakazuje na kovinsko obnašanje materiala (*Nanomaterials* 2021, doi: 10.3390/nano11081985).

### Filtracijska učinkovitost mask, uporabljenih v pandemiji covid-a-19

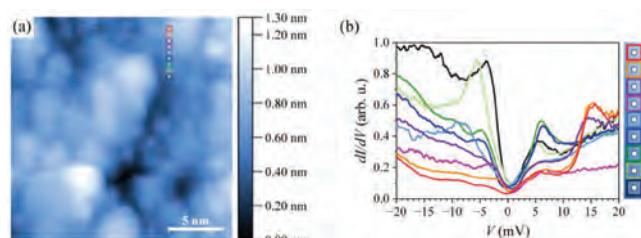
Pomerili smo časovno odvisnost filtracijske učinkovitosti različnih mask, ki so bile v uporabi med pandemijo covid-a-19. Maski tipa FFP2, FFP3 in kirurške maske so imele visoko filtracijsko učinkovitost, filtracijska učinkovitost tekstilnih pralnih mask pa je bila odvisna od materiala, iz katerega so bile narejene. Tako je bila filtracijska učinkovitost materiala FFP2 maske 98,6 %, filtracijska učinkovitost materiala FFP3 maske pa 99,9 %. Podobne vrednosti filtracijske učinkovitosti so imeli tudi materiali različnih kirurških mask. Materiali na osnovi bombaža, ki se običajno uporablja v pralnih maskah, pa so imeli filtracijsko učinkovitost v razponu od 26 % do 82 %. Nižjo filtracijsko učinkovitost gre pripisati predvsem večjim premerom bombažnih vlaken in pomanjkanju statičnega naboja (*Sensors* 2021, DOI: 10.3390/s21051567).

### Uglaševanje dopiranja grafena z interkalacijo ogljikovega monoksida na vmesniku Ni (111)

V pogojih blizu ambientalnega tlaka molekule ogljikovega monoksida interkalirajo pod epitaksialni monosloj grafena, ki je zrasel na Ni (111), in se ujamejo v vmesni prostor. Na podlagi *ab-initio* izračunov teorije gostotnih funkcionalov smo v celoti raziskali vzorec interkaliranega CO in osvetlili spremembe, ki jih povzroči na elektronsko strukturo grafena. Najpomembnejši znak interkalacije CO je jasen preklop dopirnega stanja grafena, ki se spremeni iz n-tipa, ko močno interagira s kovinsko površino, v p-tip. Premik Diracovega stožca je linearno odvisen od pokritosti s CO in doseže približno 0,9 eV pri nasičeni vrednosti 0,57 ML. Teoretične napovedi so primerjane z rezultati poskusov STM, LEED in XPS, ki potrjujejo predlagani scenarij za skoraj nasičen interkaliran sistem CO. Članek je bil objavljen v sodelovanju s skupinami iz Italije (*Carbon* 2021, DOI: 10.1016/j.carbon.2021.01.120).

### Struktura in superprevodnost $\text{HfTiZrSnM}$ ( $\text{M} = \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Nb}, \text{Ni}$ ) zlitin s srednjem in visokim entropijom, ki vsebujejo kositer

V poskusu vključitve kositra (Sn) v visokoentropijske zlitine, sestavljene iz kovin Hf, Nb, Ti in Zr z dodatkom 3d prehodnih kovin Cu, Fe in Ni, smo sintetizirali vrsto zlitin v sistemu  $\text{HfTiZrSnM}$  ( $\text{M} = \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Nb}, \text{Ni}$ ). Zlitine smo kristalografsko, mikrostrukturno in sestavno opredelili ter določili njihove fizikalne lastnosti s poudarkom na superprevodnosti. Skupna značilnost zlitin je mikrostruktura velikih kristalnih zrn heksagonalne ( $\text{Hf}, \text{Ti}, \text{Zr})_5\text{Sn}_3$  delno urejene faze, vgrajene v matriko, ki vsebuje tudi številne majhne vključke. Na podlagi meritev električne upornosti, specifične topote in magnetizacije je bilo v zlitinah  $\text{HfTiZr}$ ,  $\text{HfTiZrSn}$ ,  $\text{HfTiZrSnNi}$  in  $\text{HfTiZrSnNb}$  ugotovljeno superprevodno (SC) stanje. Zlita  $\text{HfTiZrSnFe}$  kaže delni prehod SC, medtem ko je zlita  $\text{HfTiZrSnCu}$  nesuperprevodna. Članek je bil objavljen v sodelovanju s skupinami iz Poljske, Kitajske in Švedske (*Materials*, 2021, DOI: 10.3390/ma14143953).



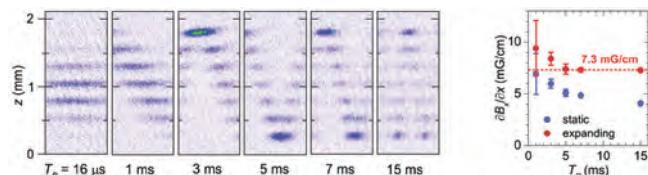
Slika 26: Topografska slika STM površine vzorca HTZS-Nb in ustrezne krivulje  $dI/dV$ , ki prikazuje spremenljajočo se superprevodno vrzel.

### Stern-Gerlachov magnetni gradiometer z enim posnetkom in razširjajočim se oblakom hladnih cezijevih atomov

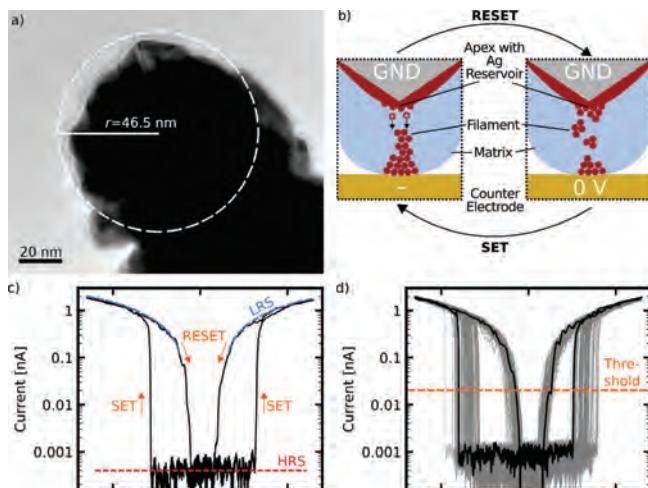
Združujemo Ramseyjev interferometrični protokol, Stern-Gerlachovo detekcijsko shemo in uporabo podolgovate geometrije oblaka popolnoma polariziranih hladnih cezijevih atomov za merjenje izbrane komponente gradiента magnetnega polja vzdolž atomskega oblaka v enem samem posnetku. V nasprotju s standardno metodo, pri kateri se hkrati meri precesija dveh prostorsko ločenih atomskih oblakov, da se izlušči njuna fazna razlika, ki je sorazmerna z gradienptom magnetnega polja, v članku prikazujemo gradiometer, ki uporablja eno samo sliko razširjenega atomskega oblaka z vtišnjeno fazno razliko vzdolž oblaka. Z uporabo resonančnih radiofrekvenčnih pulzov in Stern-Gerlachovega slikanja prvič pokažemo nutracijo in Larmorjevo precesijo atomske magnetizacije v uporabljenem magnetnem polju. Nato pustimo, da se hladni atomski oblak razširi v eni dimenziji, in uporabimo protokol za merjenje gradienta magnetnega polja. Ločljivost našega gradiometra z enim posnetkom ni omejena s toplotnim gibanjem atomov in ima ocenjeno absolutno natančnost pod  $\pm 0,2 \text{ mG/cm}$  ( $\pm 20 \text{ nT/cm}$ ) (Phys. Rev. A, 2021, 10.1103/PhysRevA.103.022611).

### Korelacije in filamentna dinamika v nanomemristorju

Za posnemanje nevronske dinamike vzbujevalnih in zaviralnih procesov memristorji ponujajo uporaben strojni pristop za izvajanje takšnih procesov, posebej pri učinkovitih verjetnostnih izračunih. V poskusu, da bi razkrili intrinzično dinamiko dolgega dosegca pri sobni temperaturi in hkrati ublažili neželene toplotne vplive, smo se osredotočili na nanomemristor, zgrajen na konici sonde za skeniranje. Z uporabo tako funkcionaliziranih konic (imenovanih memtips) smo zajeli dolgoročni intrinzični tokovni odziv. Uspelo nam je identificirati časovne korelacije med preklopi in opazovati filamentno dinamiko neposredno na nanomerilu. Uporaba memtipa za meritve na različnih elektroda je omogočila neposredno primerjavo vpliva različnih konfiguracij na preklopno obnašanje izbranih filamentov. Takšen pristop v delovnih pogojih bo omogočil poglobljeno razumevanje filamentarnega preklapljanja na nanoskali. Študija je bila opravljena v sodelovanju z raziskovalci z Univerze v Kielu in objavljena v Nanomaterials 2021, DOI: 10.3390/nano11020265.



Slika 27: (levo) Absorpcijske slike populacij mF-stanj v ovisnosti od položaja za različne čase in (desno) izmerjena komponenta gradienta magnetnega polja



Slika 28: (a) TEM-slika memtipa, ki kaže polmer ukrivljivosti 46,5 nm. (b) Sheme operacij SET in RESET. Tok v stanju z nizkim uporom (LRS) je omejen s serijskim uporom  $1 \text{ G}\Omega$ , ki je vgrajen v eksperimentalno postavitev. Stanje visoke odpornosti (HRS) je podano z mejo zaznavanja nastavitev. (c) in (d) Predstavitev enega in 100 zaporednih ciklov, ki prikazujejo preklopno okno. Za zanesljivo zaznavanje SET in RESET je izbrana mejna raven  $20 \text{ pA}$ .

### III. Programska skupina Eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini

Programska skupina Eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini združuje raziskave procesov in struktur bioloških sistemov z razvojem novih naprednih eksperimentalnih tehnik superločljivih mikroskopij, mikrospektroskopij in nanoskopij ter novih slikovnih tehnik. Glavno žarišče raziskav je odziv molekularnih in supramolekularnih struktur na interakcije med materiali in živimi celicami ter med svetlobo in živimi celicami. Zanimajo nas molekularni dogodki in fizikalni mehanizmi, s katerimi so ti dogodki med seboj povezani, časovne skale, pogoji ter aplikativna vrednost raziskovanih mehanizmov, predvsem za uporabo v medicini oz. na področju zagotavljanja zdravja nasploh. Z razvojem novih sklopljenih superločljivih in spektroskopskih tehnik želimo odpreti nove možnosti spoznavanja bioloških sistemov in od tam naprej odpirati nove možnosti za načrtovanje medicinskih materialov in naprav, za diagnostiko, terapijo ter regeneracijo tkiv, ki je med starajočim se prebivalstvom razvitega sveta med najbolj perečimi problemi. Skupina po zaključeni investiciji v nov superločljiv STED-sistem obvladuje različne fluorescenčne mikroskopije: superločljivo (STED) mikroskopijo in dvofotonsko (2PE) mikroskopijo, večkanalno spektralno-razločeno slikanje življenskega časa fluorescence (spFLIM), fluorescenčno mikrospektroskopijo (FMS) in optično pinceto, s katerimi raziskujemo interakcije predvsem med nanomateriali in celičnimi linijami, ki vodijo v fenomene lipidnega ovijanja in pasivacije nanomaterialov, membranske dizintegracije in prestavljanja celičnih membran brez vloge receptorjev oz. klasičnih signalnih poti. Uvedli smo tudi metodo, ki omogoča spremljanje električnega polja v tumorjih pri zdravljenju rakovih obolenj z elektroporacijo, in nadalje razvili metodo multiparametričnega slikanja z magnetno resonanco za karakterizacijo

Potem ko smo na podlagi lastnih prebojnih idej ustavili odcepljeno podjetje Infinite, d. o. o., je slednje v letu 2021 pridobilo tudi svojo prvo zagonsko investicijo in z njo v naši skupini tudi že podprlo nadaljnje temeljne in aplikativne raziskave na področju odkrivanja mehanizmov proženja bolezni.

hrane in zdravil ter različnih procesnih postopkov. Z magnetnoresonančnim slikanjem visoke ločljivosti lahko spremljamo učinkovitost površinskih obdelav, nastajanje in raztopljanje gelov ter merjenja difuzije v omejeneih geometrijah z moduliranimi gradienti.

Leta 2018 smo v reviji *Nano Letters* predlagali vzročno zvezo med vdihavanjem nanodelcev ter boleznimi srca in ožilja na podlagi prisotnosti koagulacijskih encimov: tkivnega faktorja in faktorja X ter lipidov plazemske membrane v koroni nanodelcev  $TiO_2$  po izpostavljenosti pljučnim epitelnim celicam. Za dodatno razjasnitve vloge lipidov pri aktivaciji faktorja X smo uporabili topne oblike PS in PE (1,2-dikaproil-sn-glicero-3-fosfo-l-serin (C6PS) in 1,2-dikaproil-sn-glicero-3-fosfo-etanolamin (C6PE)). Ugotovili smo, da se dve molekuli vsakega lipida neodvisno vežeta na faktor VIIa, s konstanto disociacije okoli  $150 \mu M$ , kar poveča hitrost aktivacije faktorja X za približno 100-krat v prisotnosti topnega tkivnega faktorja.

Da bi se izognili eksperimentalnim artefaktom zaradi slabo fluorescenčno označenih nanodelcev kovinskih oksidov – največja subpopulacija nanodelcev glede na industrijsko proizvodnjo in število aplikacij – pri slikanju živil celic, smo uvedli **niz eksperimentalnih metod, ki omogočajo fluorescenčno označevanje brez artefaktov**, in pokazali njihovo uporabo v primeru nanocevk  $TiO_2$ . Preverili smo potencialne spremembe površinskega naboja in morfologije nanodelcev, ki se lahko pojavijo med označevanjem z uporabo meritve zeta potenciala in transmisijske elektronske mikroskopije, ter ocenili stabilnost vezave fluorescenčnega barvila na nanodelce z meritvami intenzivnosti fluorescence ali z uporabo fluorescenčne korelacijske spektroskopije, kar zagotavlja zanesljivo lokalizacijo nanodelcev znotraj živil celic. Delo je bilo objavljeno v Kokot, Boštjan, Kokot, Hana, Umek, Polona, Van Midden, Katarina Petra, Pajk, Stane, Garvas, Maja, Eggeling, Christian, Koklič, Tilen, Urbančič, Iztok, Štrancar, Janez How to control fluorescent labeling of metal oxide nanoparticles for artefact-free live cell microscopy. *Nanotoxicology*, ISSN 1743-5404, 2021, vol. 15, no. 8, str. 1102–1123, doi: 10.1080/1743540.2021.1973607.

V okviru industrijskega sodelovanja z našim odcepljenim podjetjem Infinite, d. o. o., smo pri izpostavitvi *in vitro* pljučne bariere v živo s superločljivo mikroskopijo opazovali **zgodnje dogodke, ki prehitevajo karanteno nanomaterialov** in bi lahko postali ključni dogodki za še hitrejše napovedovanje dolgoročnih zdravstvenih zapletov. Med njimi smo odkrili t. i. surfanje nanomaterialov in nastanek luknenj, za katere pa še iščemo povezave z drugimi znanimi povezavami. Dodatno smo **nadgradili fluorescenčne mikroskope z možnostjo detekcije v nazaj sipani svetlobi**, s katero omogočimo sledenje nanomaterialom brez označevanja.

V okviru dveh doktorskih projektov smo uspešno razvili **koncep novih doz**, ki nadgrajujejo koncep lokalne doze z informacijami o lokalnih interakcijah, ter opazovali spremembe nevrokultur ob izpostavitvi nanomaterialov, kjer se je še bolj kot v primeru izpostavitve pljučne bariere pokazal pomen celic imunskega sistema. Zdi se, da so slednje **absolutno ključne za preživetje nevronov**. Omenjeni dve doktorski deli bosta končani v letu 2022.

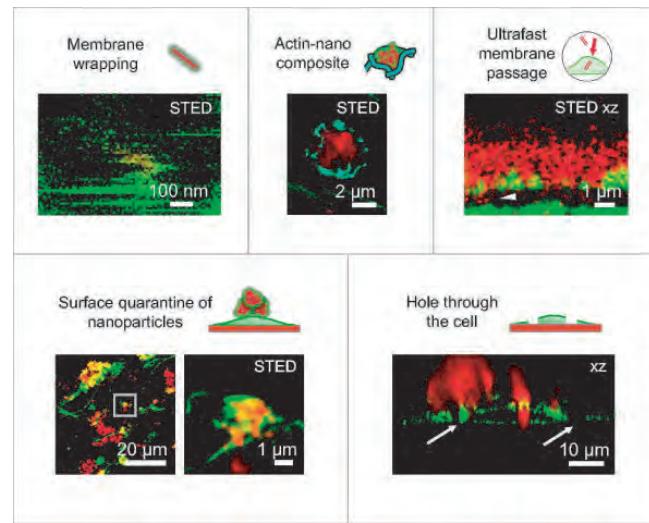
Uspešno raziskovalno delo, ki smo ga opravljali v okviru sodelovanja na projektu ARRS, Prostorsko in časovno oblikovanje laserske svetlobe za minimalno invazivne oftalmološke posege (L2-9254), smo nadgradili z objavo v ugledni znanstveni reviji na tem raziskovalnem področju (Podlipiec, Rok, Mur, Jaka, Petelin, Jaka, Štrancar, Janez, Petkovšek, Rok. Method for controlled tissue theranostics using a single tunable laser source. *Biomedical optics express*, ISSN 2156-7085, 2021, vol. 12, no. 9, str. 5881-5893, doi: 10.1364/BOE.428467). V njej poročamo o **novi teranostični metodi za detekcijo učinka laserske terapije na očesnih tkivih** v realnem času na osnovi meritve in analiz življenjskega časa fluorescence ter uporabi zmogljivega adaptivnega 2-fotonskega laserskega sistema, razvitega v Laboratoriju za fotoniko in laserske sisteme (FOLAS), Fakultete za strojništvo, Univerze v Ljubljani. Za raziskovalno delo v okviru ARRS-projekta L7-7561 so dodeljenemu evropskemu patentu (EP3755994B1) v letu 2021 dodali še uradno objavo.

V okviru sodelovanja z Laboratorijem za topotno tehniko (LTT), Fakultete za strojništvo in Katedro za farmacevtsko kemijo Fakultete za farmacijo smo na področju detekcije in analize temperaturne dinamike pri procesu mikrovrenja nadaljevali in izvedli nove raziskave z novimi metodami priprave in novimi kombinacijami razvitih temperaturno občutljivih organskih in anorganskih molekul. Na podlagi izsledkov raziskav načrtujemo znanstveno objavo v letu 2022.

V sklopu projekta Crossing Borders and Scales (CROSSING) smo nadaljevali raziskave novih pristopov in **optimizacijo protokolov za korelativno mikroskopijo** na relevantnih bioloških sistemih z uporabo še več visoko ločljivih mikroskopij in spektroskopij (sihrotron XRF, krio micro-PIXE ipd.) z že obstoječimi. Za proučevanje mehanizmov, ki pripeljejo do kroničnega vnetja pljučnega epitelija zaradi izpostavitve nanodelcev, smo časovnim dinamikam interakcije, pomerjenih na živil sistemih, dodali še meritve časovne dinamike z visoko ločljivo HIM-mikroskopijo. Izsledke raziskav želimo leta 2022 objaviti v reviji z velikim vplivom. V sodelovanju z Odsekom fizike nizkih in srednjih energij (F2) ter Oddelkom za ortopedijo Univerzitetnega kliničnega centra Maribor smo izvedli študijo za razumevanja negativnega vpliva kovinskih drobcev kolčnih protez na okoliško tkivo pri obrabi ali poškodbah, ki bi lahko privedle do imunskega odziva. Z uporabo nekaj najnaprednejših visoko ločljivih in občutljivih mikroskopij ter spektroskopij, ki so na voljo na IJS in HZDR, smo med drugim neposredno ugotovili oksidativni stres kot posledico interakcije s kovinskimi delci, ki lahko povzroča kronično vnetje, in študijo pred kratkim tudi

objavili (Podlipiec, Rok, Punzón Quijorna, Esther, Pirker, Luka, Kelemen, Mitja, Vavpetič, Primož, Kavalari, Rajko, Hlawacek, Gregor, Štrancar, Janez, Pelicon, Primož, Fokter, Samo K. Revealing inflammatory indications induced by titanium alloy wear debris in periprosthetic tissue by label-free correlative high-resolution ion, electron and optical microspectroscopy. *Materials*, ISSN 1996-1944, 2021, vol. 14, issue 11, str. [1-16], doi: 10.3390/ma14113048). Z uporabo komplementarnih slikovnih metod smo sodelovali tudi v objavljeni študiji proučevanja vpliva toksičnih nanodelcev na sladkovodne organizme in objavili članek Schymura, Stefan, Drev, Sandra, Podlipiec, Rok, Rijavec, Tomaž, Lapanje, Aleš, Štrok, Marko, et al. Dissolutionbased uptake of nanoparticles by freshwater shrimp : a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms. *Environmental science, Nano*, ISSN 2051-8161, 11 str., doi: 10.1039/d1en00264c.

Nadalje smo razvijali napredne mikroskopske in mikrospektroskopske tehnike ter jih uporabili pri raziskavah različnih molekularnih in celičnih mehanizmov. Z evropijem dopirane nanodelce TiO<sub>2</sub> smo uporabili kot znotrajcelične temperaturne senzorje, objava v članku Urbančič, Iztok, et al. Aggregation and mobility of membrane proteins interplay with local lipid order in the plasma membrane of T cells. *FEBS Letters*. 2021, 20 str. ISSN1873-3468. DOI: 10.1002/1873-3468.14153. V sodelovanju z Univerzo v Oxfordu (VB) smo odkrili, kako membranski lipidi in proteini sodelujejo pri aktivaciji T-celic; prispevek je bil izbran za naslovnicu priznane revije in objavljen v članku Havrdová, Markéta, Urbančič, Iztok, Bartoň Tomáková, Kateřina, Malina, Lukáš, Štrancar, Janez, Bourlinos, Athanasios B. Self-targeting of carbon dots into the cell nucleus: diverse mechanisms of toxicity in NIH/3T3 and L929 cells. *International journal of molecular sciences*. 2021, vol. 22, no. 11, str. 5608-1-5608-16. ISSN 1661-6596. DOI: 10.3390/ijms22115608. S kolegi z Univerze v Olomoucu (CZ) smo raziskovali internalizacijo ogljikovih nanodelcev kot potencialnih protitumorskih agensov (Biagiotti, Giacomo, Purić, Edvin, Urbančič, Iztok, Krišelj, Ana, Weiss, Matjaž, Mravljak, Janez, Gellini, Cristina, Lay, Luigi, Chiodo, Fabrizio, Anderluh, Marko, et al. Combining cross-coupling reaction and Knoevenagel condensation in the synthesis of glyco-BODIPY probes for DC-SIGN super-resolution bioimaging. *Bioorganic chemistry*. 2021, vol. 109, str. 1–10, ilustr. ISSN 0045-2068, doi: 10.1016/j.bioorg.2021.104730). Sodelovali smo tudi pri razvoju nove fluorescenčne probe za opazovanje imunskeih celic s superločljivo mikroskopijo STED.



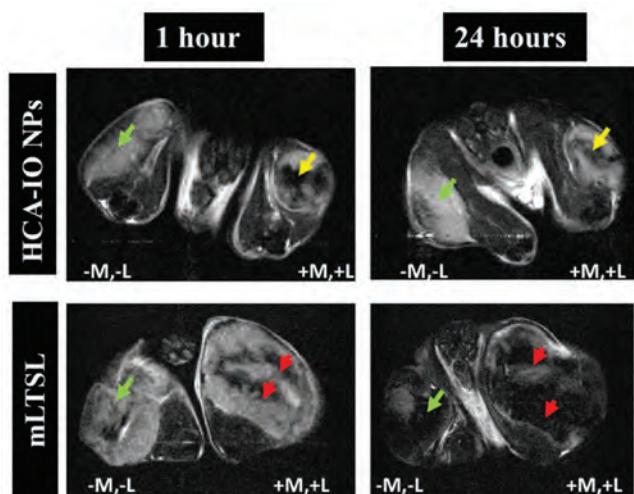
Slika 29: Primeri petih zgodnjih molekularnih dogodkov v živih epitelijskih celicah po izpostavljenosti nanomaterialu (nanocevki TiO<sub>2</sub> označene rdeče), detektiranih s konfokalno oz. STED fluorescenčno mikroskopijo. Drugi kanali so odtisni od primera do primera (zeleni).

### Študija o magnetoliposomih kot kontrastnih sredstvih za MRI in sistemih za dostavo zdravil

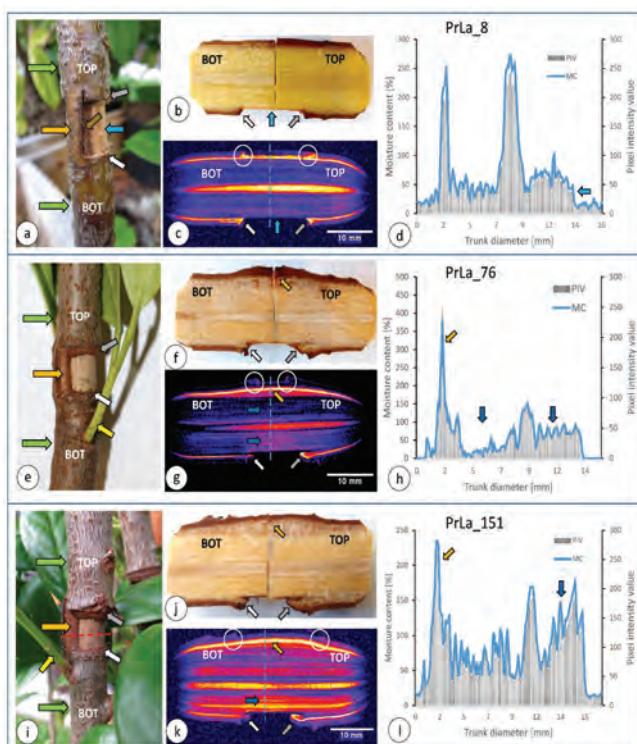
Laboratorij za slikanje z magnetno resonanco je s partnerji z Oddelka za nanostruktурne materiale (K7, JSI) in tujimi partnerji izvedel večjo študijo o vplivu blokade proteina programirane celične smrti (PD1) na terapevtsko učinkovitost novih temperaturno občutljivih liposomov, napolnjenih z doksorubicinom. Raziskani so bili nizko temperaturno občutljivi magnetoliposomi za učinkovito dostavo zdravil, ki jih je mogoče fototermično aktivirati. Ti magnetoliposomi delujejo tudi kot kontrastna sredstva za slikanje z magnetno resonanco. Magnetoliposomi so bili pripravljeni tako, da so imeli v lipidni dvošloj vgrajene prevlečene nanodelce železovega oksida (IO NP) in v njihovo notranjost vstavljeni še zdravilo proti raku doksorubicin. Naša vloga v študiji je bila karakterizacija NMR relaksacijskih lastnosti magnetoliposomov in slikanje kopičenja magnetoliposomov v tumorjih miši. Študija je pokazala, da so ti magnetoliposomi učinkovita  $T_2$  kontrastna sredstva z visoko transverzalno relaksivnostjo  $r_2 = 333$  mM<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>. Odlične lastnosti magnetoliposomov kot MRI kontrastnega sredstva omogočajo učinkovito vodenje doziranja zdravila in s tem učinkovitejše zdravljenje tumorja. Rezultati te študije so bili objavljeni v ugledni reviji v članku: Ma Guanglong, Kostevšek Nina, Markelc Boštjan, Hudoklin Samo, Erdani-Kreft Mateja, Serša Igor, Čemažar Maja, Marković Katarina, Ščančar Janez, et al. PD1 blockade potentiates the therapeutic efficacy of photothermally-activated and MRI-guided low temperature-sensitive magnetoliposomes. *Journal of controlled release*, ISSN 0168-3659, 2021, vol. 332, 45 str., str. 419-433, doi: 10.1016/j.jconrel.2021.03.002. Vključeni smo bili tudi v podobno študijo, kjer smo liposome zamenjali z membranami eritrocitov z vgrajenimi nanodelci železovega oksida. Ta študija je bila objavljena v članku: Kostevšek Nina, Miklavc Patricija, Kisovec Matic, Podobnik Marjetka, Al-Jamal Wafa, Serša Igor. Magneto-erythrocyte membrane vesicles' superior  $T_2$  MRI contrast agents to magneto-liposomes. *Magnetochemistry*, ISSN 2312-7481, 2021, vol. 7, no. 4, str. 51-1-51-14, doi: 10.3390/magnetochemistry7040051.

### Raziskave lesa z magnetno resonanco

Z merjenjem NMR relaksacijskih časov  $T_1$  in  $T_2$  v eni in dveh dimenzijah smo spremljali spremembe porazdelitve vlage v vzorcu bukve med sušenjem iz zelenega (svežega) v absolutno suho stanje. Ugotovili smo, da so rezultati



Slika 30: Nizko temperaturno občutljivi magnetoliposomi kot učinkovita  $T_2$  NMR kontrastna sredstva in vivo. Mišim s tumorji CT26 smo intravensko injicirali prevlečene nanodelce železovega oksida (HCA-IO NP) ali nizko temperaturno občutljive magnetoliposome z vgrajenimi prevlečenimi nanodelci železovega oksida (mLTS) pri odmerku 50 µg Fe na miš. Po injiciranju smo na en tumor za 50 minut zapeplili magnet in nato obsevali z laserjem (808 nm, 0,3 W/cm<sup>2</sup>) za 10 minut (+M, +L). Drugi tumor ni bil izpostavljen magnetu in ni bil obsevan (-M, -L).  $T_2$ -obtežene slike so bile posnete 1 ur in 24 ur po injiciranju. Rdeča in rumena puščica označujejo temnejši kontrast pri zdravljenih tumorjih (+M, +L), injiciranih z mLTS ozziroma s HCA-IO NP. Zelene puščice označujejo nezdravljeni tumorje (-M, -L).  $T_2$ -obtežene MR slike so bile posnete z uporabo zaporedij za MR slikanje s spinškim odmervom pri parametrih TE/TR = 40/3000 ms.



Slika 31: Poškodovanje stebla češnjevega lоворja (*Prunus laurocerasus*) 8., 76. in 151. dan po mehanski poškodbi: (a, e, i) stanje na dan vzorčenja; (b, f, j) prepolovljeni vzorci na spodnjem (BOT) in zgornjem (TOP) delu; (d, h, l) radialni profil vsebnosti vlage, izračunan iz vrednosti intenzivnosti slikovnih pik MRI; (c, g, k) magnetnoresonančne (MRI) slike poškodovanih stebel.

relaksometrije skladni z modelom homogenega praznjenja por v bioporoznem sistemu s povezanimi porami. To so potrdili tudi rezultati kartiranja NMR relaksacijskih časov, ki so razkrili transport vlage pri sušenju iz axialno usmerjenega zgodnjega in poznegra lesnega sistema do radialnih žarkov, skozi katere vlaga izhlapeva iz vej. V tej študiji se je slikanje z magnetno resonanco izkazalo kot učinkovito orodje za določanje stanja vode in njene porazdelitve ter za proučevanje poti transporta vode v lesu med sušenjem. Ta študija je bila objavljena v članku: Mikac Urška, Merela Maks, Oven Primož, Sepe Ana, Serša Igor. MR study of water distribution in a beech (*Fagus sylvatica*) branch using relaxometry methods. *Molecules*, ISSN 1420-3049, 2021, vol. 26, no. 14, str. 4305-1-4305-10, doi: 10.3390/molecules26144305. Poleg te študije smo sodelovali še v drugi študiji o lesu, kjer smo raziskali učinkovitost zatiranja tujerodnih drevesnih vrst s poškodovanjem steba z nepopolnim obročkanjem. Ta vrsta poškodbe povzroči, da rastlina izgubi vitalnost, po prvem letu postane šibkejša in nato v nekaj letih odmrte. Naša naloga je bila slikati porazdelitev vlage v mehansko poškodovanem steblu. Ta študija je bila objavljena v članku: Plavčak Denis, Mikac Urška, Merela Maks. Influence of mechanical wounding and compartmentalization mechanism on the suppression of invasive plant species using the example of Cherry Laurel (*Prunus laurocerasus*). *Forests*, ISSN 1999-4907, 2021, vol. 12, iss. 2, 1-15 str., ISSN 1999-4907, doi: doi.org/10.3390/f12121646.

### Korelacije med izidom zdravljenja bolnikov z ishemično možgansko kapjo z rentgenskimi lastnostmi njihovih trombov

Vsi bolniki s sumom na možgansko kap so napoteni na CT celotnih možganov, ki se uporablja predvsem za iskanje zgodnjih značilnosti ishemije in za lociranje okluzije in njene velikosti, medtem ko so vrednosti rentgenskih enot Hounsfield (HU) tromba, ki povzroča možgansko kap, običajno spregledane. V tej študiji smo pokazali, da je vrednost HU pomembna in lahko pomaga pri boljšem načrtovanju zdravljenja možganske kapi. V študiji so bili vključeni bolniki z diagnozo ishemične možganske kapi na območju srednje možganske arterije (MCA). Pri vseh bolnikih sistemski tromboliza ni bila uspešna in je bila potrebna mehanska rekanalizacija. Odvzete trombe smo histološko analizirali tudi za določitev deleža rdečih krvnih celic (RBC). CT proksimalnega segmenta MCA smo analizirali in določili povprečno vrednost HU in njeno variabilnost tako v okludiranem delu kot v simetričnem normalnem mestu. Ugotovljene so bile relevantne pozitivne korelacije med povprečno vrednostjo HU tromba in izidom zdravljenja, ovrednotenim z modificirano Rankinovo lestvico (mRS), začetnim mRS, številom prehodov z napravo za trombektomijo in deležem RBC. Ta študija je bila objavljena v članku: Viltušnik Rebeka, Vidmar Jernej, Fabjan Andrej, Jeromel Miran, Milošević Zoran, Kocijančič Igor, Serša Igor. Study of correlations between CT properties of retrieved cerebral thrombi with treatment outcome of stroke patients. *Radiology and oncology*, ISSN 1318-2099. 2021, vol. 55, iss. 4, 409-417 str., doi: 10.2478/raon-2021-0037.

### Slikanje z magnetno resonanco kot orodje za spremljanje odziva tkiv na obdelavo s pulzi električnega polja

Cilj te študije je bil raziskati permeabilizacijo celičnih membran v rastlinski in živalski hrani (krompir, jabolka, piščanec), ki je posledica obdelave s pulzi električnega polja. Študija je bila izvedena pri različnih amplitudah električnih pulzov, rezultati pa so bili izraženi s spremembami električnih lastnosti tkiv, ovrednotenih z električno impedančno spektroskopijo, tokovno-napetostnimi meritvami in s slikanjem z magnetno resonanco. Slikali smo spremembe v porazdelitvi vode in v  $T_2$  NMR

relaksacijskih časih. Ugotovitev naše raziskave bi lahko bilo v pomoč pri ustreznem izbiri metode ocenjevanja učinka elektroporacije glede na značilnosti živil. Ta študija je bila objavljena v članku: Genovese Jessica, Kranjc Matej, Serša Igor, Petracci Massimiliano, Rocculi Pietro, Miklavčič Damijan, Mahnič-Kalamiza Samo. PEF-treated plant and animal tissues: insights by approaching with different electroporation assessment methods. *Innovative food science & emerging technologies*, ISSN 1466-8564, 2021, vol. 74, 102872, str. 1–9, doi: 10.1016/j.ifset.2021.102872.

V letu 2021 je Odsek F5 sodeloval s 131 partnerji iz Slovenije in tujine. Sodelovanje je bistveno pripomoglo k uspešni izvedbi raziskav v letu 2021.

### ERC-projekti

1. H2020 - Cell-Lasers; Celični laserji: Sklopitev med optičnimi resonancami in biološkimi procesi  
European Commission  
doc. dr. Matjaž Humar
2. H2020 - LOGOS; Logična vezja iz fotonske mehke snovi  
European Commission  
prof. dr. Igor Muševič

### Najpomembnejše objave v letu 2021

1. Schymura, Stefan, Drev, Sandra, Podlipc, Rok, Rijavec, Tomaž, Lapanje, Aleš, Štrok, Marko, *et al.*, Dissolution-based uptake of CeO<sub>2</sub> nanoparticles by freshwater shrimp: a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms, *Environmental science, Nano*, 2021, 8, 7, 1934–1944
2. Everts, J. C., Ravnik, M., Ionically charged topological defects in nematic fluids, *Phys. Rev. X*, 2021, 11, 1, 011054
3. Papič, M., Mur, U., Zuhail, K. P., Ravnik, M., Muševič, I., Humar, M., Topological liquid crystal superstructures as structured light lasers, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2021, 118, 49, e2110839118
4. Peddireddy, K., Čopar, S., Le, V.K., Muševič, I., Bahr, C., Jampani, V.S.R., Self-shaping liquid crystal droplets by balancing bulk elasticity and interfacial tension, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2021, 118, 14, e2011174118
5. Pirker, L., Pogačnik Krajnc, A., Malec, J., Radulović, V., Gradišek, A., Jelen, A., Remškar, M., Mekjavić, I. B., Kovač, J., Mozetič, M., Snoj, L., Sterilization of polypropylene membranes of facepiece respirators by ionizing radiation, *J. Membr. Sci.*, 2021, 619, 118756
6. Del Pupo, S., Zupanič, E., *et al.*, Tuning graphene doping by carbon monoxide intercalation at the Ni(111) interface, *Carbon*, 2021, 176, 253–261
7. Nasour, B., Vilfan, A., Golestanian, R., Minimum dissipation theorem for microswimmers, *Phys. Rev. Lett.*, 2021, 126, 3, 034503
8. Hickey, D., Vilfan, A., Golestanian, R., Ciliary chemosensitivity is enhanced by cilium geometry and motility, *eLife*, 2021, 10, e66322
9. M. Klanjšek, Singlets singled out, *Nature Physics*, 2021, 17, 1081–1082
10. X. Chen, T. Yang, Q. Zhang, L. Q. Chen, V. Bobnar, C. Rahn, Q. M. Zhang, Topological structure enhanced nanostructure of high temperature polymer exhibiting more than ten times enhancement of dipolar response, *Nano Energy*, 2021, 88, 106225
11. Y. Tanama *et al.*, Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylenne rings, *Nanoscale*, 2021, 13, 47, 19946–19955

### Najpomembnejše objave v letu 2020

1. T. Arh, M. Gomilšek, P. Prelovšek, M. Pregelj, M. Klanjšek, A. Ozarowski, S. J. Clark, T. Lancaster, W. Sun, J.-X. Mi, A. Zorko, Origin of magnetic ordering in a structurally perfect quantum kagome antiferromagnet, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 125, 027203
2. P. Khuntia, M. Velazquez, Q. Barthélémy, F. Bert, E. Kermarrec, A. Legros, B. Bernu, L. Messio, A. Zorko, P. Mendels, Gapless ground state in the archetypal quantum kagome antiferromagnet ZnCu<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>, *Nat. Phys.*, 2020, 16, 469
3. A.J. Hess, G. Poy, Jung-Shen B. Tai, S. Žumer, I. I. Smalyukh, Control of light by topological solitons in soft chiral birefringent media, *Phys. Rev. X*, 2020, 10, 031042
4. G. Poy, A. J. Hess, I. I. Smalyukh, S. Žumer, Chirality-Enhanced Periodic Self-Focusing of Light in Soft Birefringent Media, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, 125, 077801
5. T. Strübing, A. Khosravanizadeh, A. Vilfan, E. Bodenschatz, R. Golestanian, I. Guido, Wrinkling Instability in 3D Active Nematics, *Nano Lett.*, 2020, 20, 6281–6288

6. J. Binysh, Ž. Kos, S. Čopar, M. Ravnik, G. P. Alexander, Three-Dimensional Active Defect Loops, *Phys. Rev. Lett.*, 2020, **124**, 088001
7. K. Pal, A. Si, G. S. El-Sayyad, M. A. Elkodous, R. Kumar, A. I. El-Batal, S. Kralj, S. Thomas, Cutting edge development on graphene derivatives modified by liquid crystal and CdS/TiO<sub>2</sub> hybrid matrix: optoelectronics and biotechnological aspects, *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 2020
8. H. Massana-Cid, A. Ortiz-Ambriz, A. Vilfan, P. Tierno, Emergent collective colloidal currents generated via exchange dynamics in a broken dimer state, *Sci. Adv.*, 2020, **6**, eaaz2257
9. D. Richter, M. Marinčič, M. Humar, Optical-resonance-assisted generation of super monodisperse microdroplets and microbeads with nanometer precision, *Lab Chip*, 2020, **20**, 734–74
10. P. Campinho, P. Lamperti, F. Boselli, A. Vilfan, J. Vermot, Blood Flow Limits Endothelial Cell Extrusion in the Zebrafish Dorsal Aorta, *Cell Reports*, 2020, **31**, 107505
11. L. Pirker, B. Višić, S. D. Škapin, G. Dražić, J. Kovača, M. Remškar, Multi-stoichiometric quasi-two-dimensional W<sub>n</sub>O<sub>3n-1</sub> tungsten oxides, *Nanoscale*, 2020, **12**, 15102–15114
12. A. Hassani, B. Zhou, A. Kobayashi, Spontaneous Antiferromagnetic Ordering in a Single Layer of (BETS)<sub>2</sub>GaCl<sub>4</sub> Organic Superconductor, *Advanced Electronic Materials*, 2020, **6**
13. H. Kokot, B. Kokot, A. Sebastijanović, R. Podlipec, A. Krišelj, P. Čotar, M. Pušnik, P. Umek, S. Pajk, I. Urbančič, T. Koklič, J. Štrancar, *et al.*, Prediction of chronic inflammation for inhaled particles: the impact of material cycling and quarantining in the lung epithelium, *Adv. Mater.*, 2020, **32**, 2003913
14. A. Barbotin, I. Urbančič, S. Galiani, C. Eggeling, M. J. Booth, Background reduction in sted-fcs using a bi-vortex phase mask, *ACS Photonics*, 2020, **7**, 1742–1753
15. A. Frawley, V. Wycisk, Y. Xiong, S. Galiani, E. Sezgin, I. Urbančič, A. Vargas Jentzsch, K. G. Leslie, C. Eggeling, H. L. Anderson, Super-resolution resolft microscopy of lipid bilayers using a fluorophore-switch dyad, *Chem. Sci.*, 2020, **11**, 8955–8960

### Najpomembnejše objave v letu 2019

1. M. Gomilšek, R. Žitko, M. Klanjšek, M. Pregelj, C. Baines, L. Yuesheng, Q. Zhang, A. Zorko, Kondo screening in a charge-insulating spinon metal, *Nature Physics*, 2019, **15**, 754
2. A. Matavž, A. Benčan, J. Kovač, C. C. Chung, J. L. Jones, S. Trolier-McKinstry, B. Malič, V. Bobnar, Additive manufacturing of ferroelectric-oxide thin-film multilayer devices, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2019, **11**, 45155
3. B. Senyuk, J. Aplinc, M. Ravnik, I. I. Smalyukh, High-order elastic multipoles as colloidal atoms, *Nature Communications*, 2019, **10**, 1825
4. S. Čopar, J. Aplinc, Ž. Kos, S. Žumer, M. Ravnik, Topology of three-dimensional active nematic turbulence confined to droplets, *Physical Review X*, 2019, **9**, 031051-1-031051-13
5. J. Pollard, G. Posnjak, S. Čopar, I. Muševič, G. P. Alexander, Point defects, topological chirality and singularity theory in cholesteric liquid-crystal droplets, *Physical Review X*, 2019, **9**, 021004-1-021004-19
6. A. P. Almeida, J. Canejo, U. Mur, S. Čopar, P. Almeida, S. Žumer, M. H. Godinho, Spotting plants' microfilament morphologies and nanostructures, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, **117**, 13188–13193
7. T. Emeršič, R. Zhang, Ž. Kos, S. Čopar, N. Osterman, J. J. de Pablo, U. Tkalec, Sculpting stable structures in pure liquids, *Science Advances*, 2019, **5**, eaav4283
8. E. Sezgin, F. Schneider, S. Galiani, I. Urbančič, D. Waithe, B. Lagerholm, B. Christoffer, Ch. Eggeling, Measuring nanoscale diffusion dynamics in cellular membranes with super-resolution STED-FCS, *Nature protocols*, 2019, **14**, 1054–1083
9. J. Steinkühler, E. Sezgin, I. Urbančič, Ch. Eggeling, R. Dimova, Mechanical properties of plasma membrane vesicles correlate with lipid order, viscosity and cell density, *Communications Biology*, 2019, **2**, 337–1–337–8

### Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. Alpine NMR Workshop, Bled, 16.–20. 9. 2021

### Patenti

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, A method of colouring titanium and titanium alloys, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021

2. Janez Štrancar, Rok Podlipec, Iztok Urbančič, Zoran Arsov, Andrej Vrečko, Image-processing apparatus and image-processing method for detection of irregularities in tissue, EP3755994 (B1), European Patent Office, 26. 5. 2021
3. Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, Metoda proizvajanja polimernih plasti z modificirano površino, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 3. 2021

## Nagrade in priznanja

1. dr. Luka Drinovec in prof. dr. Griša Močnik: Puhova nagrada za vrhunske dosežke za razvoj metod za merjenje absorpcije aerosolov Ljubljana, Vlada Republike Slovenije
2. doc. dr. Anton Gradišek: nagrada za najboljše predavanje na konferenci EcoBalt 2021 z naslovom Particle Removal Efficiency of Face Masks During the Covid-19 Pandemic, Riga, Latvija (virtualno)
3. doc. dr. Anton Gradišek: drugo mesto na XPRIZE Pandemic Response Challenge z ekipo JSI vs. COVID za sodelovanje na tekmovanju, kjer so analizirali ukrepe za boj proti pandemiji, Culver City, Kalifornija, ZDA, XPRIZE Foundation (virtualno)
4. prof. dr. Miha Ravnik: Blinčeva nagrada za fizike na začetku kariere, Ljubljana, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Institut "Jožef Stefan"
5. Aljaž Kavčič, mag. fiz.: Prešernova nagrada za magistrsko delo z naslovom Mikroskopija in senzorika skozi sipajoča tkiva z uporabo optičnih mikroresonatorjev (mentor doc. dr. Matjaž Humar), Ljubljana, Univerza v Ljubljani
6. prof. dr. Samo Kralj: nagrada Republike Slovenije za izjemne dosežke na področju visokega šolstva, Ljubljana, Odbor za podeljevanje nagrad Republike Slovenije na področju šolstva
7. doc. dr. Uroš Tkalec: Blinčeva nagrada za vrhunske enkratne dosežke na področju fizike (za raziskovalno delo na področju neravnovesnih kompleksnih tekočin, objavljeno v reviji *Nature Communications*), Ljubljana, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Institut "Jožef Stefan"

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. ERC H2020 - Cell-Lasers; Celični laserji: Sklopitev med optičnimi resonancami in biološkimi procesi  
European Commission  
doc. dr. Matjaž Humar
2. ERC H2020 - LOGOS; Logična vezja iz fotonske mehke snovi  
European Commission  
prof. dr. Igor Muševič
3. Meritev debeline kromovih nanosov na stekleni površini  
PAB Akrapovič, d. o. o.  
prof. dr. Miha Škarabot
4. COST CA16109; Sprotno določanje kemijske sestave in virov finih aerosolov  
COST Office  
prof. dr. Griša Močnik
5. COST CA16218; Koherentne hibridne naprave na nanoskali za superprevodne kvantne tehnologije  
COST Association AISBL  
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassanien
6. COST CA16221; Kvantine tehnologije z ultrahladnimi atomi  
COST Association AISBL  
dr. Peter Jeglič
7. COST CA17121; Korelirana multimodalna slikanja v znanostih o življenju  
COST Association AISBL  
prof. dr. Janez Štrancar
8. COST CA17139; Evropska interdisciplinarna topološka akcija  
COST Association AISBL  
prof. dr. Slobodan Žumer
9. COST CA16202; Mednarodna mreža za spodbujanje merjenja in napovedovanja peščenih dogodkov  
COST Association AISBL  
prof. dr. Griša Močnik
10. COST CA9108 - HiSCALE; Visokotemperaturna superprevodnost za pospešitev prehoda energije  
COST Association AISBL  
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassanien
11. BIO-OPT-COMM; Optična komunikacija v živi nevronski mreži  
HFSPO- International Human Frontier  
doc. dr. Matjaž Humar
12. H2020 - ENGINA; Inženiring nanostruktur z ogromno magneto-piezoelektrično in multikalorično funkcionalnostjo  
European Commission  
prof. dr. Zdravko Kutnjak
13. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi  
European Commission  
prof. dr. Maja Remškar
14. H2020 - FoodTraNet; Mreža za napredno raziskovanje in usposabljanje na področju kakovosti, varnosti in zaščite hrane  
European Commission  
doc. dr. Matjaž Humar
15. H2020 - QMatCh; Iskanje kvantnih stanj snovi s kemijo pod ekstremnimi pogoji  
European Commission  
prof. dr. Denis Arčon
16. Zaščita kulturne dediščine v prostorih - primer Leonardo da Vinci večerje  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Griša Močnik
17. Z lipidi oviti nanodelci in aktivnost faktorja Xa  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Tilen Koklič
18. Študija nanoporoznih materialov za shranjevanje vodika  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Janez Dolinšek
19. Magnetnoresonančna študija kandidatov spinskih tekočin  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Andrej Zorko
20. Napredni organski in anorganski tankoplastni kompoziti s povečanim dielektričnim in elektromehanskim odzivom  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Zdravko Kutnjak
21. Nova elektronska stanja izhajajoč iz sklopitve med magnetizmom in električno prevodnostjo in itinerantnih antiferomagnetih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Denis Arčon
22. Nano-spektralno slikanje hemoglobina na osnovi nelinerne optike za „label-free“ diagnostiko v medicini  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Rok Podlipec

23. Učinek ognjemetov na onesnaženost zraka v urbanem okolju  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Anton Gradišek
24. Raziskave onesnaženosti zraka z nanodelci povzročene z ognjemeti  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Maja Remškar
25. Pozicioniranje in prostorska kontrola magnetnih fulerenov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Denis Arčon
26. Prilagodljivo memristivno preklapljanje v mreži ogljikovih nanocevk za nevromorfno računanje  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Abdelrahim Ibrahim Hassanien
27. Optični mikroresonatorji sklopljeni s plazmoni za molekulsko senzoriko znotraj celič v realnem času  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Matjaž Humar
28. Koncept kritične točke v antiferoelektričnih materialih  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
dr. Nikola Novak
13. Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom  
prof. dr. Vid Bobnar
14. Signalna pot z neugodnim izidom, ki vodi do ateroskleroze  
dr. Tilen Koklč
15. Tekočekrיסטalni kapljčni laserji za senzoriko znotraj celič  
Zuhail Kottoli Poyil, PhD.
16. Stabilizacija in destabilizacija spinskih tekočin zaradi perturbacij  
prof. dr. Andrej Zorko
17. Fizika Majoranovih fermionov v magnetih Kitaeva  
dr. Martin Klanjšek
18. Nova eksperimentalna metoda določitve kvantnih spinskih tekočin  
prof. dr. Andrej Zorko
19. Topološka turbulensa v ograjenih kiralnih nematskih poljih  
prof. dr. Miha Ravnik
20. Aktivna preleka za zaščito pred elektromagnetnim sevanjem  
dr. Matej Pregelj
21. Pametna nanospektroskopija molekularnih dogodkov pri nevodegeneraciji zaradi nanodelcev  
doc. dr. Iztok Urbančič
22. Samooblikovane fotonike strukture iz tekočih kristalov  
Venkata Subba Rao Jampani, PhD.
23. Napredna optična magnetometrija vrtinčnih niti v nekonvencionalnih superprevodnikih  
prof. dr. Denis Arčon
24. Kvantno procesiranje fulerenskih kubitov z diamantnimi senzorji  
prof. dr. Denis Arčon
25. Coulombska stanja v energijski reži superprevodnih kvantnih naprav  
prof. dr. Denis Arčon
26. Prostorsko in časovno oblikovanje laserske svetlobe za minimalno invazivne oftalmološke posege  
prof. dr. Janez Štrancar
27. Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovnega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekrystalnih elastomerov  
dr. Andraž Rešetič
28. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Peter Jeglič
29. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Peter Jeglič
30. CROSSING - Prehajanje meja in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
prof. dr. Janez Štrancar
31. Mednarodna delavnica Alpine NMR  
prof. dr. Igor Serša

## PROGRAMI

1. Magnetna resonanca in dielektrična spektroskopija „pametnih“ novih materialov  
prof. dr. Denis Arčon
2. Fizika mehkih snovi, površin in nanostruktur  
prof. dr. Miha Ravnik
3. Eksperimentalna biofizika kompleksnih sistemov in slikanje v biomedicini  
prof. dr. Janez Štrancar

## PROJEKTI

1. Elektroporacijske terapije z novimi visokofrekvenčnimi elektroporacijskimi pulzi  
prof. dr. Igor Serša
2. Rekonstrukcija električne prevodnosti tkiv s tehnikami magnetne resonance  
prof. dr. Igor Serša
3. Fazni prehodi proti koordinaciji v večplastnih omrežjih  
dr. Urš Jagočić
4. Razvoj komponent za vzpostavitev nove evropske mreže za kvantno komunikacijo  
dr. Peter Jeglič
5. Razvoj visokozmogljivih piezoelektričnih premazov za samodejno napajanje netkanin tekstilij uporabnih v e-mobilnosti  
prof. dr. Vid Bobnar
6. Zaznavanje spinskih stanj v bližini površine kvantnih spinskih materialov  
prof. dr. Denis Arčon
7. Napredni mehki nematokalorični materiali  
doc. dr. Brigita Rožič
8. Multikalorično hlajenje  
prof. dr. Zdravko Kutnjak
9. Optimizacija tehnik magnetno resonančnega slikanja za napoved uspeha trombolize  
prof. dr. Igor Serša
10. Biointegrirani laserji za proučevanje živih organizmov  
doc. dr. Matjaž Humar
11. Študij sil znotraj celič s pomočjo deformacij fotonikih kapljic  
doc. dr. Matjaž Humar
12. Elektrokalorični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij  
prof. dr. Vid Bobnar

## OBISKI

1. dr. Andriy Nych, National Academy of Sciences of Ukraine, Kijev, Ukrajina, 28. 2.-13. 3. 2021
2. Arso Ivanović, Univerza v Črni gori, Podgorica, Črna gora, 1. 3.-20. 4. 2021
3. dr. Anna Ryzhkova, ASML B.V. Nederland, Amsterdam, Nizozemska, 30. 5.-19. 6. 2021
4. dr. Bojana Višić, Institut za fiziko v Beogradu, Beograd, Srbija, 31. 5.-1. 8. 2021
5. dr. Andriy Nych in dr. Uliana Ognysta, National Academy of Sciences of Ukraine, Kijev, Ukrajina, 18. 6.-1. 8. 2021
6. dr. Amina Kimouche, University of Potsdam, Potsdam, Nemčija, 25. 6.-27. 8. 2021
7. Pavla Šenjug, Naravoslovno-matematična fakulteta v Zagrebu, Zagreb, Hrvaška, 30. 8.-3. 9. 2021
8. dr. Pedro Sebastiao, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugalska, 11.-18. 9. 2021
9. dr. Ireneusz Buganski, Univerza AGH Krakow, Krakow, Poljska, 15. 9.-15. 11. 2021
10. Yuri Tanuma, CRNS, Nantes, Francija, 5.-13. 10. 2021
11. dr. Igor Lukyanchuk in dr. Anna Razumnyaya, Université de Picardie Jules Verne, LPMC, Amiens, Francija, 15. 10.-7. 11. 2021
12. Adam Wojciechowski, Univerza v Krakovu, Krakov, Poljska, 16.-20. 10. 2021

13. Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom  
prof. dr. Vid Bobnar
14. Signalna pot z neugodnim izidom, ki vodi do ateroskleroze  
dr. Tilen Koklč
15. Tekočekrיסטalni kapljčni laserji za senzoriko znotraj celič  
Zuhail Kottoli Poyil, PhD.
16. Stabilizacija in destabilizacija spinskih tekočin zaradi perturbacij  
prof. dr. Andrej Zorko
17. Fizika Majoranovih fermionov v magnetih Kitaeva  
dr. Martin Klanjšek
18. Nova eksperimentalna metoda določitve kvantnih spinskih tekočin  
prof. dr. Andrej Zorko
19. Topološka turbulensa v ograjenih kiralnih nematskih poljih  
prof. dr. Miha Ravnik
20. Aktivna preleka za zaščito pred elektromagnetnim sevanjem  
dr. Matej Pregelj
21. Pametna nanospektroskopija molekularnih dogodkov pri nevodegeneraciji zaradi nanodelcev  
doc. dr. Iztok Urbančič
22. Samooblikovane fotonike strukture iz tekočih kristalov  
Venkata Subba Rao Jampani, PhD.
23. Napredna optična magnetometrija vrtinčnih niti v nekonvencionalnih superprevodnikih  
prof. dr. Denis Arčon
24. Kvantno procesiranje fulerenskih kubitov z diamantnimi senzorji  
prof. dr. Denis Arčon
25. Coulombska stanja v energijski reži superprevodnih kvantnih naprav  
prof. dr. Denis Arčon
26. Prostorsko in časovno oblikovanje laserske svetlobe za minimalno invazivne oftalmološke posege  
prof. dr. Janez Štrancar
27. Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovnega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekrystalnih elastomerov  
dr. Andraž Rešetič
28. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Peter Jeglič
29. Kriptografsko varen generator naključnih števil  
dr. Peter Jeglič
30. CROSSING - Prehajanje meja in velikostnih redov - interdisciplinarni pristop  
prof. dr. Janez Štrancar
31. Mednarodna delavnica Alpine NMR  
prof. dr. Igor Serša

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Odkrivanje ne-antropogenega onesnaževanja zraka  
Aerosol, d. o. o.  
prof. dr. Grischa Močnik
2. L1-2607 Sofinanciranje L-projektov: Magnetno, električno in strižnonapetostno programiranje oblikovanega odziva v aktuatorjih na osnovi polimerno dispergiranih tekočekrystalnih elastomerov  
KMZ - Zalar Miran, s.p.  
dr. Andraž Rešetič
3. Raziskave in analiza novih molekularnih dogodkov in njihovih vzročno-posledičnih povezav in vitro  
Infinite, d. o. o.  
prof. dr. Janez Štrancar
13. dr. Valerii Vinokour, Consortium for Advanced Science and Engineering, Chicago, ZDA, 29. 10.-3. 11. 2021
14. Rajko Dragojević in Stefan Šćepanović, Univerza v Podgorici, Podgorica, Črna gora, 1. 11.-1. 12. 2021
15. Jannis Volkmann, Justus-Liebig University, Giessen, Nemčija, 14.-20. 11. 2021
16. dr. Emmanuil Anyfantakis, University of Luxembourg, Luxembourg, Luksemburg, 14.-20. 11. 2021
17. dr. Bojana Višić, Institut za fiziko v Beogradu, Beograd, Srbija, 6.-18. 12. 2021
18. prof. Mimoun El Marssi, Université de Picardie Jules Verne, LPMC, Amiens, Francija, 10.-12. 12. 2021

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. dr. Venkata Subba Rao Jampani: The role of interfacial tension in liquid crystal dispersions: self-shaping droplets, 15. 12. 2021
2. dr. Georgios Kordogiannis: Experimental studies of phase transitions in soft and bio matter, 2. 11. 2021

# UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. prof. dr. Tomaž Apih, Experimental Nuclear Magnetic Resonance Conference, 29.–31. 3. 2021 (virtualno)
2. prof. dr. Tomaž Apih, Rok Peklar, mag. fiz., Ana Sepe, inž. fiz., prof. dr. Igor Serša, Kaja Tušar in Rebeka Viltužnik, mag. inž. rad. tehnol., Bled, Slovenija, 16.–20. 9. 2021
3. prof. dr. Janez Dolinšek, Žiga Gosar, mag. fiz., doc. dr. Anton Gradišek, dr. Martin Klanjšek in prof. dr. Igor Serša, EUROMAR 2021, 5.–8. 7. 2021
4. prof. dr. Janez Dolinšek, Darja Gačnik, mag. fiz., dr. Andreja Jelen, dr. Stane Vrtnik in dr. Magdalena Wencka, EUROMAT 2021, 12.–16. 9. 2021 (2 predavanji, virtualno)
5. prof. dr. Janez Dolinšek, Darja Gačnik, mag. fiz., dr. Primož Koželj, dr. Jože Lizar, Peter Mihor, dr. Stanislav Vrtnik in dr. Magdalena Wencka, slovensko-francosko srečanje (IJS-CNRS), Goriška brda, Slovenija, 8.–11. 11. 2021
6. Žiga Gosar, mag. fiz., VCQ Summer School 2021, Dunaj, Avstrija, 6.–10. 9. 2021
7. doc. dr. Anton Gradišek, Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 26. 5.–8. 6. 2021 (seminar)
8. doc. dr. Anton Gradišek in prof. dr. Maja Remškar, EcoBalt 2021, Riga, Latvija, 21.–23. 10. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
9. dr. Ibrahim Hassanien Abdelrahim, The 7<sup>th</sup> International Conference on Superconductivity and Magnetism, 21.–27. 10. 2021, Bodrum, Turčija (virtualno predavanje)
10. Anton Hromov, Msc., 2021 European School on Magnetism, Cluj-Napoca, Romunija, 6.–17. 9. 2021
11. doc. dr. Matjaž Humar, International Conference on Advanced Materials, 1.–2. 7. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
12. doc. dr. Matjaž Humar, Cutting Edge 2021, 16. 9. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
13. doc. dr. Matjaž Humar, Noč raziskovalcev 2021, 24. 9. 2021 (virtualno predavanje)
14. doc. dr. Matjaž Humar, New ERA Presidency conference, Brdo pri Kranju, Slovenija, 26.–27. 10. 2021 (predavanje)
15. Jampani Venkata Subba Rao, PhD, Materials Info 2021, 27.–30. 9. 2021 (virtualno predavanje)
16. dr. Peter Jeglič in dr. Erik Zupanič, The 52<sup>nd</sup> Conference of the European Group on Atomic Systems, 6.–8. 7. 2021 (virtualno)
17. dr. Andreja Jelen in dr. Stanislav Vrtnik, ECMetAC on-line dedicated workshop on "High-Entropy Alloys: from basics to industrial applications", 18. 3. 2021 (virtualno, 2 predavanji)
18. dr. Tilen Koklič, Chemistry for Next-Gen Applications 2021, 24.–25. 9. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
19. prof. dr. Samo Kralj, The 1<sup>st</sup> International Seminar on Soft Matter and Food, Varšava, Poljska, 22.–23. 11. 2021 (plenarno predavanje)
20. prof. dr. Samo Kralj, ICMMAP 2021, 12.–14. 2. 2021, Kottayam, Kerala, Indija (plenarno virtualno predavanje)
21. prof. dr. Zdravko Kutnjak in doc. dr. Brigita Rožič, THERMAG IX 2021, 7.–11. 6. 2021 (virtualno predavanje)
22. dr. Nikola Novak, IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics, 16.–21. 5. 2021 (virtualno)
23. prof. dr. Igor Muševič, The 11<sup>th</sup> Liquid Matter Conference 2020/2021, 19.–23. 7. 2021 (virtualno)
24. prof. dr. Igor Muševič, SKM 2021, 27. 9.–1. 10. 2021 (virtualno vabljeno predavanje)
25. prof. dr. Igor Muševič, Recent Perspectives on Liquid Crystalline Materials: Chemistry, Physics and Biological applications, 4. 10. 2021 (virtualno predavanje)
26. dr. Luka Pirker, European Aerosol Conference 2021, 30. 8.–3. 9. 2021 (virtualno)

27. Gregor Pirnat, mag. fiz., EMBO Workshop: Physics of living systems: From molecules to tissues, 7.–10. 6. 2021 (virtualno, poster)
28. dr. Rok Podliper, PHOTONICA 2021, 23.–27. 8. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
29. dr. Rok Podliper, HEMMAGINERO workshop 2021, 25. 8. 2021 (virtualno predavanje)
30. doc. dr. Rožič Brigita, The 7<sup>th</sup> NANO Boston Conference, Maryland, ZDA, 18.–20. 10. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
31. doc. dr. Rožič Brigita, The 18<sup>th</sup> International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals, 6.–10. 9. 2021, Ljubljana, Slovenija (virtualno)
32. Aleksandar Sebastianović, mag. mikrobiol., prof. dr. Janez Štrancar in dr. Iztok Urbančič, EBSA 2021, Dunaj, Avstrija, 24.–28. 7. 2021 (poster, 2 predavanji)
33. doc. dr. Uroš Tkalec, SIAM Conference on Mathematical Aspects of Materials Science, 24. 5. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
34. doc. dr. Uroš Tkalec, Simpozij Znanstveno popoldne Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija, 11. 1. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
35. dr. Marion Van Midden, Virtual DPG Spring Meeting 2021 of the Surface Science Division, 1.–4. 3. 2021 (virtualno)
36. dr. Marion Van Midden, 2021 International Conference on Nanoscience and Technology, 12.–15. 7. 2021 (virtualno)
37. dr. Marion Van Midden, The 25<sup>th</sup> Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography, 14.–22. 8. 2021 (virtualno)
38. prof. dr. Aleksander Zidanšek, International Conference and Expo on Laser Optics, 13.–14. 9. 2021 (virtualno predavanje)
39. prof. dr. Andrej Zorko, Hyperfine 2021, 5.–10. 9. 2021 (vabljeno virtualno predavanje)
40. dr. Magdalena Wencka, International Webinar on Magnetism and Magnetic Materials, 26.–27. 7. 2021 (virtualno predavanje)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. prof. dr. Denis Arčon: Institut des Materiaux Jean Rouxel (IMN) CNRS, Nantes, Francija, 27.–30. 9. 2021 (sodelovanje v okviru bilateralnega projekta na fulerenih sistemih)
2. Tina Arh, mag. fiz. in prof. dr. Andrej Zorko: Paul Scherrer Institute, Villigen, Švica, 2.–6. 8. 2021, 31. 8.–12. 9. 2021 in 22.–30. 9. 2021 (merite mionske spektroskopije)
3. doc. dr. Anton Gradišek: Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 26. 5.–8. 6. 2021 (delo na članku s področja tekočih kristalov)
4. doc. dr. Anton Gradišek: Nuklearni institut Vinča, Beograd, Srbija, 3.–9. 9. 2021 (delovni obisk v okviru bilateralnega projekta s Srbijo)
5. doc. dr. Anton Gradišek: Instituto Superior Tecnico, Lizbona, Portugalska, 19.–27. 11. 2021 (delo na znanstvenem članku)
6. dr. Georgios Kordogiannis: Czech Technical University, Praga, Česka, 6.–10. 1. 2021 (delo na bilateralnem projektu CEUS-2021)
7. dr. Georgios Kordogiannis: Faculty of Science, Leuven, Nizozemska, 10. 1.–20. 2. 2021 (delovni obisk)
8. prof. dr. Samo Kralj: Institute of High Pressure Physics, Polish Academy of Sciences, Varšava, Poljska, 14.–24. 11. 2021 (priprava članka)
9. dr. Nikola Novak: TU Darmstadt, Darmstadt, Nemčija, 20.–24. 7. 2021 (obisk pri partnerski instituciji v okviru bilateralnega projekta PR-10429)
10. dr. Nikola Novak in dr. Georgios Kordogiannis: Univerza Leuven, Leuven, Francija, 9.–23. 10. 2021 (delovni obisk)
11. dr. Nikola Novak in dr. Georgios Kordogiannis: Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, Francija, 13. 10. 2021 (delovni obisk)
12. dr. Nikola Novak in dr. Georgios Kordogiannis: Université libre de Bruxelles, Bruselj, Belgija, 20. 10. 2021 (dogovor o sodelovanju)
13. dr. Polona Umek: Univerza v Monsu, Mons, Belgija, 24. 8.–7. 9. 2021 (dokončanje članka in pogovori o nadaljnjem sodelovanju z dr. Carlo Bittencourt)

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. prof. dr. Tomaž Apih
2. prof. dr. Denis Arčon\*, znanstveni svetnik - pomočnik vodja odseka
3. prof. dr. Vid Bobnar, znanstveni svetnik
4. prof. dr. Janez Dolinšek\*, znanstveni svetnik - vodja raziskovalne skupine
5. dr. Gregor Filipič
6. doc. dr. Anton Gradišek
7. dr. Alan Gregorovič
8. Abdelrahim Ibrahim Hassanien, doktor znanosti
9. doc. dr. Matjaž Humar
10. Venkata Subba Rao Jampani, PhD.
11. dr. Peter Jeglič
12. dr. Andreja Jelen
13. dr. Marjan Ješelnik\*
14. dr. Martin Klanjšek
15. dr. Tilen Koklič
16. Georgios Kordogiannis, PhD., Grčija
17. prof. dr. Samo Kralj\*, znanstveni svetnik
18. prof. dr. Zdravko Kutnjak, znanstveni svetnik
19. dr. Mojca Urška Mikac

20. prof. dr. Griša Močnik\*
21. doc. dr. Aleš Mohorič\*
- 22. prof. dr. Igor Muševič\*, znanstveni svetnik - vodja odseka**
23. dr. Nikola Novak
24. dr. Andriy Nych
25. doc. dr. Dušan Ponikvar\*
26. dr. Matej Pregelj
27. Amid Ranjkesh Siahkal, PhD.
28. prof. dr. Miha Ravnik\*
29. prof. dr. Maja Remškar, znanstveni svetnik
30. doc. dr. Brigita Rožič
31. prof. dr. Igor Serša, znanstveni svetnik
32. prof. dr. Miha Škarabot
33. prof. dr. Janez Štrancar, vodja raziskovalne skupine
34. doc. dr. Uroš Tkalec\*
35. dr. Polona Umek
36. dr. Iztok Urbančič
37. dr. Herman Josef Petrus Van Midden
38. Mahendran Vellaichamy, PhD., Indija
39. doc. dr. Andrej Vilfan
40. dr. Stanislav Vrtnik
41. prof. dr. Aleksander Zidanšek
42. prof. dr. Andrej Zorko

43. dr. Erik Zupanič  
 44. prof. dr. Slobodan Žumer, znanstveni svetnik

#### **Podoktorski sodelavci**

45. dr. Matej Bobnar
46. dr. Maja Garvas
47. dr. Matjaž Gomilšek
48. dr. Urška Gradišar Centa, odšla 15. 10. 2021
49. dr. Uroš Jagodič\*
50. Zuhail Kottoli Poyil, PhD., Indija, začasna prekinitev 1. 4. 2021
51. dr. Primož Koželj
52. dr. Mitja Krel, začasna prekinitev 7. 4. 2021
53. dr. Marta Lavrič
54. dr. Jože Luzar
55. Deepshika Malkar, PhD., Indija
56. dr. Maruša Mur
57. dr. Luka Pirker
58. dr. Rok Podipec
59. dr. Gregor Posnjak, začasna prekinitev 1. 8. 2019
60. dr. Andraž Rešetič
61. dr. Anna Ryzhкова
62. Saide Umerova, PhD., odšla 28. 8. 2021
63. dr. Jernej Vidmar\*
64. dr. Bojana Višić

#### **Mlajši raziskovalci**

65. Tina Arh, mag. fiz.
66. Dejan Črešnar, mag. fiz.
67. Nikita Derets, Bakalvr, Ruska federacija
68. Daria Gačnik, mag. fiz.
69. Žiga Gosar, mag. fiz.
70. Katja Gosar, mag. fiz.
71. dr. Saša Harkai, odšel 1. 12. 2021
72. Anton Hromov, Msc.
73. Nejc Janša, M.Sc. (Physik), Nemčija, odšel 1. 11. 2021
74. Vida Jurečič, mag. prof. pouč. fiz. in mat.
75. Aljaž Kavčič, mag. fiz.
76. Hana Kokot, mag. fiz.
77. Boštjan Kokot, mag. fiz.
78. Matjaž Malok, mag. inž. meh.
79. mag. Bojan Marin\*
80. Matevž Marinčič, mag. fiz.
81. dr. Aleksander Matačič, začasna prekinitev 19. 1. 2020
82. Tadej Mežnaršič, mag. fiz.
83. Matic Morgan, mag. prof. pouč. fiz. in mat.
84. Arkalekha Neogi, Msc., Indija
85. Rok Peklar, mag. fiz.
86. Gregor Pirnat, mag. fiz.
87. Jaka Pišljar, mag. fiz.
88. Anja Pogačnik Krajnc, mag. fiz.
89. Aleksandar Sebastianovič, mag. mikrobiol.
90. Linsky Jane Selvin Robert, Msc
91. dr. Marion Antonia Van Midden, začasna prekinitev 1. 9. 2021
92. Rebeka Viltužnik, mag. inž. rad. tehnol.

#### **Strokovni sodelavci**

93. Petra Čotar, dipl. fiz. (UN)
94. dr. Luka Drinovec\*
95. Maša Kavčič, mag. medk. menedž.
96. Ana Krišelj, mag. biokem.
97. Ivan Kvasic, univ. dipl. inž. el.
98. Blaž Mencinger, MSc, Nizozemska
99. Jaka Močivnik, dipl. inž. meh. (VS)

#### **Tehniški in administrativni sodelavci**

100. Dražen Ivanov
101. Janez Jelenc, dipl. inž. fiz.
102. Davorin Kotnik
103. Vesna Lopatič, mag. angl.
104. Silvano Mendizza
105. Peter Mihor
106. Janja Milivojević
107. Ana Sepe, inž. fiz.
108. Marjetka Tršinar

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. A.F. Ioffe Physico-Technical Institute, Sankt Peterburg, Ruska federacija
2. AEROSOL razvoj in proizvodnja znanstvenih instrumentov, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
3. AMES, d. o. o., Brezovica pri Ljubljani, Slovenija

4. ART REBEL 9, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
5. Balder, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
6. BASF, Heidelberg, Nemčija
7. Ben Gurion University, Beersheba, Izrael
8. BIA SEPARATIONS, d. o. o., Ajdovščina, Slovenija
9. BITT TEKSTIL, d. o. o., Zgornja Kungota, Slovenija
10. Centre national de la recherche scientifique, Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, Thiais, Francija
11. Centre national de la recherche scientifique, Laboratory de Marseille, Marseille, Francija
12. Chalmers University of Technology, Physics Department, Göteborg, Švedska
13. Clarendon Laboratory, Oxford, Velika Britanija
14. CosyLab, d. d., Ljubljana, Slovenija
15. Department of Chemistry, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Tokio, Japonska
16. Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg, Nemčija
17. Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg, Nemčija
18. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lozana, Švica
19. Eidgenössische Technische Hochschule – ETH, Zürich, Švica
20. Elettra (Synchrotron Light Laboratory), Basovica, Italija
21. European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija
22. Facultad de Ciencia y Technologia, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Leioa, Španija
23. Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University, Poznanj, Poljska
24. Florida State University, Florida, ZDA
25. Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Dresden, Nemčija
26. Gunma National College of Technology, Maebashi, Japonska
27. Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
28. High Magnetic Field Laboratory, Nijmegen, Nizozemska
29. High Magnetic Field Laboratory, Tallahassee, Florida, ZDA
30. High-Magnetic-Field Laboratory, Grenoble, Francija
31. Humboldt Universität Berlin, Institut für Biologie/Biophysik, Berlin, Nemčija
32. Ilie Murgescu Institute of Physical Chemistry of the Romanian Academy, Bukarešta, Romunija
33. Infineon Technologies Austria AG, Dunaj, Avstrija
34. Infinite d. o. o., Limbuš, Slovenija
35. Institut für Biophysik und nanosystemforschung OAW, Gradec, Avstrija
36. Institut für Experimentalphysik der Universität Wien, Dunaj, Avstrija
37. Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška
38. Institut za biofiziko, Medicinska fakulteta, Ljubljana, Slovenija
39. Institut za kristalografijo Ruske akademije znanosti, Moskva, Rusija
40. Institut za Teoretičnu fiziko univerze v Göttingenu, Göttingen, Nemčija
41. Institute of Electronic Materials Technology, Varšava, Poljska
42. Institute of Molecular Physics, Polisch Academy of Sciences, Poznanj, Poljska
43. Instituto Superior Tecnico, Departamento de Fisica, Lizbona, Portugalska
44. Instrumentation Technologies, d. d., Solkan, Slovenija
45. International Center for Theoretical Physics, Trst, Italija
46. International Human Frontier Science Program Organisation, Strasbourg, Francija
47. ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, Velika Britanija
48. Kavli Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara, ZDA
49. Kimberly Clark, Atlanta, ZDA
50. King's College, London, Velika Britanija
51. Klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija
52. KMZ Zalar Miran s.p., CNC obdelava kovin in drugih materialov, Ljubljana, Slovenija
53. Korea Basic Science Institute, Daejeon, Južna Koreja
54. Krka, tovarna zdravil, d. d., Novo mesto, Slovenija
55. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Svedska
56. Kyung Hee University of Suwon, Impedance Imaging Research Center, Seul, Južna Koreja
57. L'Oréal, Pariz, Francija
58. Lek farmacevtska družba, d. d., Ljubljana, Slovenija
59. Liquid Crystal Institute, Kent, Ohio, ZDA
60. Lotrič Certificiranje, d. o. o., Železniki, Slovenija
61. LPKF LASER & ELECTRONICS, d. o. o., Naklo, Slovenija
62. LVL livarstvo in orodjarstvo, d. o. o., Kranj, Slovenija
63. Max Planck Institut, Dresden, Nemčija
64. Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, ZDA
65. Melamin kemična tovarna, d. d., Kočevje, Slovenija
66. Merck KGaA, Darmstadt, Nemčija
67. Metalurško-kemična industrija Celje, d. d., Celje, Slovenija
68. MH Hannover, Hannover, Nemčija
69. Ministrstvo za obrambo, Ljubljana, Slovenija
70. Nanotul, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
71. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Physics, Kijev, Ukrajina
72. National Center for Scientific Research Demokritos, Aghia Paraskevi Attikis, Grčija
73. National Institute for Research in Inorganic materials, Tsukuba, Japonska
74. Nuklearni Institut Vinča, Beograd, Srbija
75. Optotek, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
76. Oxford University, Department of Physics, Department of Materials, Oxford, Velika Britanija
77. PAB Akrapovič, Buzet, Hrvaška
78. Paul Scherrer Institut, Villigen, Švica
79. Politecnico di Torino, Dipartimento di Fisica, Torino, Italija
80. Radbound University Nijmegen, Research Institute for Materials, Nijmegen, Nizozemska

81. RLS Merilna tehnika, d. o. o., Žeja pri Komendi, Slovenija  
 82. RWTH Aachen University, Aachen, Nemčija  
 83. School of Physics, Hyderabad, Andhra Pradesh, Indija  
 84. SISSA, Trieste, Italija  
 85. SRC sistemske integracije, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
 86. State College, Pensilvanija, ZDA  
 87. Stelar, Mede, Italija  
 88. Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, Reka, Hrvatska  
 89. Sveučilište u Zagrebu, Institut za fiziku, Zagreb, Hrvatska  
 90. TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija  
 91. Technical University of Catalonia, Barcelona, Španija  
 92. Tehnična univerza Dunaj, Dunaj, Avstrija  
 93. TELA merilni sistemi, d. o. o., Ljubljana, Slovenija  
 94. The Geisel School of Medicine at Dartmouth, Hanover, ZDA  
 95. The Max Delbrück Center for Molecular Medicine in Berlin, Berlin, Nemčija  
 96. Tohoku University, Sendai, Japonska  
 97. Tokyo University, Bunkyo, Tokio, Japonska  
 98. UNCOSS, Bruselj, Belgija  
 99. Università di Pisa, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Pisa, Italija  
 100. Universität Freiburg, Institut für Makromolekulare Chemie, Freiburg, Nemčija  
 101. Universität Mainz, Geowissenschaften, Mainz, Nemčija  
 102. Universität Regensburg, Regensburg, Nemčija  
 103. Université de la Méditerranée, Marseille, Francija  
 104. Université de Nice, Nica, Francija  
 105. Université de Picardie Jules Verne, Amiens, Francija  
 106. Université Paris Sud, Pariz, Francija  
 107. University of Aveiro, Aveiro, Portugalska  
 108. University of Bristol, Bristol, Velika Britanija  
 109. University of California at Irvine, Beckman Laser Institute and Medical Clinic, Irvine, Kalifornija, ZDA  
 110. University of Duisburg, Duisburg, Nemčija  
 111. University of Durham, Durham, Velika Britanija  
 112. University of Innsbruck, Innsbruck, Avstrija  
 113. University of Leeds, Leeds, Velika Britanija  
 114. University of Linz, Institute of Chemistry, Department of Physical Chemistry & Linz Institute of Organic Solar Cells, Linz, Avstrija  
 115. University of Loughborough, Loughborough, Velika Britanija  
 116. University of Provence, Marseille, Francija  
 117. University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japonska  
 118. University of Utah, Department of Physics, Salt Lake City, Utah, ZDA  
 119. University of Waterloo, Department of Physics, Waterloo, Ontario, Kanada  
 120. University of Zürich, Zürich, Švica  
 121. Univerza v Mariboru, Maribor, Slovenija  
 122. Univerza v Monsu, Mons, Belgija  
 123. Univerza v Münchenu in MPQ, München, Nemčija  
 124. Univerza v Pavii, Pavia, Italija  
 125. Univerza v Severni Karolini, Chapel Hill, ZDA  
 126. Univerza v Sisconsinu, Madison, ZDA  
 127. Wageningen University, Laboratory of Biophysics, Wageningen, Nizozemska  
 128. Weizmann Institute, Rehovot, Izrael  
 129. Yonsei University, Seul, Južna Koreja  
 130. Zavod RS za transfuzijsko medicino, Ljubljana, Slovenija  
 131. Železarna Ravne, Ravne na Koroškem, Slovenija

# BIBLIOGRAFIJA

## IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Neelakandan Marath Santhosh, Kush K. Upadhyay, Petra Stražar, Gregor Filipič, Janez Zavašnik, André Mão de Ferro, Rui Pedro Silva, Elena Tatarova, Maria de Fátima Montemor, Uroš Cvelbar, "Advanced carbon-nickel sulfide hybrid nanostructures: extending the limits of battery-type electrodes for redox-based supercapacitor applications", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 17, 20559–20572. [COBISS.SI-ID 60986371]
- Juan Casanova-Chafer, Polona Umek, Selene Acosta, Carla Bittencourt, Eduard Llobet, "Graphene loading with polypyrrole nanoparticles for trace-level detection of ammonia at room temperature", *ACS applied materials & interfaces*, 2021, **13**, 34, 40909–40921. [COBISS.SI-ID 73603843]
- Petra Draksler, Urška Mikac, Peter Laggner, Amrit Paudel, Biljana Janković, "Polyethylene oxide matrix tablet swelling evolution: the impact of molecular weight and tablet composition", *Acta pharmaceutica*, 2021, **71**, 2, 215–243. [COBISS.SI-ID 43744003]
- Andraž Bradeško, Lovro Fulanović, Marko Vrabelj, Aleksander Matačić, Mojca Otoničar, Jurij Koruza, Barbara Malič, Tadej Rojac, "Multifunctional cantilevers as working elements in solid-state cooling devices", *Actuators*, 2021, **10**, 3, 58. [COBISS.SI-ID 55105027]
- Gregor Pirnat, Matjaž Humar, "Whispering gallery-mode microdroplet tensiometry", *Advanced photonics research*, 2021, **2**, 11, 2100129. [COBISS.SI-ID 78059523]
- Lukas Link, Manisha Pathak, Franziska Jach, Primož Koželj, Alim H. Ormeci, Peter Höhn, Rainer Niewa, "The reduced nitridogermanates(III)  $\text{Ca}_6[\text{Ge}_2\text{N}_6]$  and  $\text{Sr}_6[\text{Ge}_2\text{N}_6]$  with Ge-Ge bonds", *Angewandte Chemie*, 2021, **60**, 14, 7691–7696. [COBISS.SI-ID 56931075]
- Franziska Jach et al. (12 avtorjev), "Tricyanidoferates(-IV) and ruthenates(-IV) with non-innocent cyano ligands", *Angewandte Chemie*, 2021, **60**, 29, 15879–15885. [COBISS.SI-ID 94636803]
- Mao-Hua Zhang, Changhao Zhao, Lovro Fulanović, Jürgen Rödel, Nikola Novak, Alexander Schökel, Jurij Koruza, "Revealing the mechanism of electric-field-induced phase transition in antiferroelectric  $\text{NaNbO}_3$  by in situ high-energy x-ray diffraction", *Applied physics letters*, 2021, **118**, 13, 132903. [COBISS.SI-ID 94840835]
- Alexander Dubtsov, Sergey V. Pasechnik, Dina V. Shmeliova, Boris A. Umanskiy, Samo Kralj, "Dual-frequency electrically driven nematic microstructures confined to biaxial porous polymer membranes", *Applied physics letters*, 2021, **119**, 22, 221903. [COBISS.SI-ID 88021763]
- Oleg B. Baranov, Martin Košiček, Gregor Filipič, Uroš Cvelbar, "A deterministic approach to the thermal synthesis and growth of 1D metal oxide nanostructures", *Applied Surface Science*, 2021, **566**, 150619. [COBISS.SI-ID 71370243]
- Maria Kezoudi et al. (25 avtorjev), "The Unmanned Systems Research Laboratory (USRRL): a new facility for UAV-based atmospheric observations", *Atmosphere*, 2021, **12**, 8, 1042. [COBISS.SI-ID 73054467]
- Jesús Yus-Díez, Marina Ealo, Marco Pandolfi, Noemí Perez, Gloria Titos, Griša Močnik, Xavier Querol, Andrés Alastuey, "Aircraft vertical profiles during summertime regional and Saharan dust scenarios over the north-western Mediterranean basin: aerosol optical and physical properties", *Atmospheric chemistry and physics*, 2021, **21**, 1, 431–455. [COBISS.SI-ID 47053571]
- Luca Ferrero, Asta Gregorič, Griša Močnik, Martin Rigler, Sergio Cogliati, Francesca Barnaba, Luca Di Liberto, Gian Paolo Gobbi, Niccolò Losi, Ezio Bolzacchini, "The impact of cloudiness and cloud type on the atmospheric heating rate of black and brown carbon in the Po Valley", *Atmospheric chemistry and physics*, 2021, **21**, 6, 4869–4897. [COBISS.SI-ID 57618947]
- Anna Tobler et al. (15 avtorjev), "Characterization of non-refractory (NR)  $\text{PM}_{1}$  and source apportionment of organic aerosol in Kraków, Poland", *Atmospheric chemistry and physics*, 2021, **21**, 19, 14893–14906. [COBISS.SI-ID 79708163]
- Vera Bernardoni et al. (14 avtorjev), "Determination of Aethalometer multiple-scattering enhancement parameters and impact on source apportionment during the winter 2017/18 EMEP/ACTRIS/COLOSSAL campaign in Milan", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 4, 2919–2940. [COBISS.SI-ID 60095235]
- Andrea Cuesta-Mosquera et al. (29 avtorjev), "Intercomparison and characterization of 23 Aethalometers under laboratory and ambient air conditions: procedures and unit-to-unit variabilities", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 4, 3195–3216. [COBISS.SI-ID 61521411]
- Jesús Yus-Díez et al. (13 avtorjev), "Determination of the multiple-scattering correction factor and its cross-sensitivity to scattering and wavelength dependence for different AE33 Aethalometer filter tapes: a multi-instrumental approach", *Atmospheric measurement techniques*, 2021, **14**, 10, 6335–6355. [COBISS.SI-ID 78803715]
- Rok Podlipc, Jaka Mur, Jaka Petelin, Janez Štrancar, Rok Petkovšek, "Method for controlled theranostics using a single tunable laser source", *Biomedical optics express*, 2021, **12**, 9, 5881–5893. [COBISS.SI-ID 75069699]

19. Giacomo Biagiotti *et al.* (12 avtorjev), "Combining cross-coupling reaction and Knoevenagel condensation in the synthesis of glyco-BODIPY probes for DC-SIGN super-resolution bioimaging", *Bioorganic chemistry*, 2021, **109**, 104730. [COBISS.SI-ID 52587523]
20. Tanusree Sengupta, Tilen Koklič, Barry R. Lentz, Rinku Majumder, "Phosphatidylserine and phosphatidylethanolamine regulate the structure and function of FVIIa and its interaction with soluble tissue factor", *Bioscience reports*, 2021, **41**, 2, BSR20204077. [COBISS.SI-ID 48405507]
21. Simone Del Pupo *et al.* (17 avtorjev), "Tuning graphene doping by carbon monoxide intercalation at the Ni(111) interface", *Carbon*, 2021, **176**, 253-261. [COBISS.SI-ID 50589187]
22. Yasir Beeram Pottathara, Vid Bobnar, Yves Grohens, Sabu Thomas, Rupert Kargl, Vanja Kokol, "High dielectric thin films based on UV-reduced graphene oxide and TEMPO-oxidized cellulose nanofibres", *Cellulose*, 2021, **28**, 3069-3080. [COBISS.SI-ID 49721859]
23. Damjan Vengust, Boštjan Jančar, Tilen Sever, Andreja Šestan, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Nina Daneu, Danilo Suvorov, Matjaž Spreitzer, "Improved environmental stability of thermoelectric ceramics based on intergrowths of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9 - \text{Na}_{0.75}\text{CoO}_2$ ", *Ceramics international*, 2021, **47**, 8, 11687-11693. [COBISS.SI-ID 47814403]
24. Manal Benyoussef, Moneim Zannen, Jamal Belhadi, Bouchaib Manoun, Zdravko Kutnjak, Damjan Vengust, Matjaž Spreitzer, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Structural, dielectric, and ferroelectric properties of  $\text{Na}_{0.5}(\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x)_{0.5}\text{TiO}_3$  ceramics for energy storage and electrocaloric application", *Ceramics international*, 2021, **47**, 18, 26539-26551. [COBISS.SI-ID 67928579]
25. Mohamed A. Aissa, Moneim Zannen, Manal Benyoussef, Jamal Belhadi, Matjaž Spreitzer, Zdravko Kutnjak, Mimoun El Marssi, Abdelilah Lahmar, "Large direct and inverse electrocaloric effects in lead-free Dy doped 0.975KNN-0.025NBT ceramics", *Ceramics international*, 2021, **47**, 22, 31286-31293. [COBISS.SI-ID 72210179]
26. Gabriel Salierno, Anton Gradišek, Mauricio Maestri, Julia Picabea, Miryan C. Cassanello, Cataldo De Blasio, Maria A. Cardona, Daniel Hojman, Héctor Somacal, "Comparison of the fluidized state stability from radioactive particle tracking results", *ChemEngineering*, 2021, **5**, 4, 65. [COBISS.SI-ID 78846723]
27. Andrew Frawley, Virginia Wycisk, Yaoyao Xiong, Silvia Galiani, Erdinc Sezgin, Iztok Urbančič, Andreas Vargas Jentzsch, Kathryn G. Leslie, Christian Eggeling, Harry L. Anderson, "Super-resolution RESOLFT microscopy of lipid bilayers using a fluorophore-switch dyad", *Chemical science*, 2021, **11**, 33, 8955-8960. [COBISS.SI-ID 25958659]
28. Anže Abram, Anamarja Zore, Urban Lipovž, Anita Košak, Maja Garvas, Žan Boltežar, Klemen Bohinc, "Bacterial adhesion on prosthetic and orthotic material surfaces", *Coatings*, 2021, **11**, 12, 1469. [COBISS.SI-ID 87028227]
29. Luka Pirker, Metod Čebašek, Matej Serdinšek, Maja Remškar, "Size- and time-dependent aerosol removal from a protective box during simulated intubation and extubation procedures", *COVID*, 2021, **1**, 1, 315-324. [COBISS.SI-ID 93028355]
30. Luka Mesarec, Aleš Iglič, Veronika Kralj-Iglič, Wojciech Góźdż, Epifanio Giovanni Virga, Samo Kralj, "Curvature potential unveiled topological defect attractors", *Crystals*, 2021, **11**, 5, 539. [COBISS.SI-ID 63076611]
31. Hana Uršič, Marko Ravelj, Mojca Otoničar, Lovro Fulanović, Brigita Rožič, Zdravko Kutnjak, Vid Bobnar, Barbara Malič, "Influence of synthesis-related microstructural features on the electrocaloric effect for  $0.9\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.1\text{PbTiO}_3$  ceramics", *Crystals*, 2021, **11**, 372. [COBISS.SI-ID 58273795]
32. Zouhair Hanani *et al.* (14 avtorjev), "Morphogenesis mechanisms in the hydrothermal growth of lead-free BCZT nanostructured multipods", *CrystEngComm*, 2021, **23**, 30, 5249-5256. [COBISS.SI-ID 71371267]
33. Walter Jung *et al.* (12 avtorjev), "The impact of boron atoms on clathrate-I silicides: composition range of the borosilicide  $\text{K}_{8-x}\text{BySi}_{46-y}$ ", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 4, 1274-1282. [COBISS.SI-ID 57711619]
34. Rana R. Haikal, Amrit Kumar, Daniel O'Nolan, Naveen Kumar, Stavros G. Karakalos, Abdou Hassani, Michael J. Zaworotko, Mohamed H. Alkordi, "Mixed-metal hybrid ultramicroporous material (HUM) to graphene-supported tetrataenite as highly active and durable NPG catalyst for OER", *Dalton transactions*, 2021, **50**, 15, 5311-5317. [COBISS.SI-ID 57711619]
35. David Hickey, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, "Ciliary chemosensitivity is enhanced by cilium geometry and motility", *eLife*, 2021, **10**, e66322. [COBISS.SI-ID 74126595]
36. Nicolas Bukowiecki, Benjamin Brem, Günther Wehrle, Griša Močnik, Stéphane Affolter, Markus Christian Leuenberger, Martine Collaud Coen, Maxime Hervo, Urs Baltensperger, Martin Gysel-Beer, "Elucidating local pollution and site representativeness at the Jungfraujoch, Switzerland through parallel aerosol measurements at an adjacent mountain ridge", *Environmental research communications*, 2021, **3**, 2, 021001. [COBISS.SI-ID 55142403]
37. Stefan Schymura *et al.* (11 avtorjev), "Dissolution-based uptake of  $\text{CeO}_2$  nanoparticles by freshwater shrimp - a dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms", *Environmental science: Nano*, 2021, **8**, 7, 1934-1944. [COBISS.SI-ID 68083203]
38. Iztok Urbančič *et al.* (11 avtorjev), "Aggregation and mobility of membrane proteins interplay with local lipid order in the plasma membrane of T cells", *FEBS Letters*, 2021, **595**, 16, 2127-2146. [COBISS.SI-ID 69772547]
39. Denis Plavčak, Urška Mikac, Maks Merela, "Influence of mechanical wounding and compartmentalization mechanism on the suppression of invasive plant species using the example of Cherry Laurel (*Prunus laurocerasus*)", *Forests*, 2021, **12**, 12, 1646. [COBISS.SI-ID 86858243]
40. Surya Krishnamurthy, K. S. Kapeleshsh, Erik Dovgan, Mitja Luštrek, Barbara Gradišek Piletič, Kathiravan Srinivasan, Yu-Chuan (Jack) Li, Anton Gradišek, Shabbir Syed-Abdul, "Machine learning prediction models for chronic kidney disease using national health insurance claim data in Taiwan", *Healthcare*, 2021, **9**, 5, 546. [COBISS.SI-ID 62383107]
41. Aanchal Alagh, Fatima Ezahra Annanouch, Polona Umek, Carla Bittencourt, Jean François Colomer, Eduard Llobet, "An ultrasensitive room-temperature  $\text{H}_2\text{S}$  gas sensor based on 3D assembly of  $\text{Cu}_2\text{O}$  decorated  $\text{WS}_2$  nanomaterial", *IEEE sensors journal*, 2021, **21**, 19, 21212-21220. [COBISS.SI-ID 73609987]
42. Jessica Genovese, Matej Kranjc, Igor Serša, Massimiliano Petracci, Pietro Rocculi, Damijan Miklavčič, Samo Mahnič-Kalamiza, "PEF-treated plant and animal tissues: insights by approaching with different electroporation assessment methods", *Innovative food science & emerging technologies*, 2021, **74**, 102872. [COBISS.SI-ID 86015747]
43. Julia-Maria Hüber, Walter Jung, Marcus Schmidt, Matej Bobnar, Primož Koželj, Bodo Böhme, Michael Baiblinger, Martin Etter, Yuri Grin, Urlich Schwarz, "Cage adaption by high-pressure synthesis: the clathrate-I borosilicide  $\text{Rb}_8\text{B}_8\text{Si}_{38}$ ", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 4, 2160-2167. [COBISS.SI-ID 48700419]
44. Pascal Boulet, Marie-Cécile de Weerd, Mitja Krnel, Stanislav Vrtnik, Zvonko Jagličić, Janez Dolinšek, "Structural model and spin-glass magnetism of the  $\text{Ce}_3\text{Au}_{13}\text{Ge}_4$  quasicrystalline approximant", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 4, 2526-2532. [COBISS.SI-ID 50601219]
45. Sivaprasad Ghanta, Anustoop Das, Partha Pratim Jana, Stanislav Vrtnik, Darja Gačnik, Jože Luzar, Andreja Jelen, Primož Koželj, Magdalena Wencka, Janez Dolinšek, "Structure and spin-glass magnetism of the  $\text{Mn}_x\text{Ni}_{11-x}$  pseudobinary  $\gamma$ -brasses at low Mn content", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 16, 12226-12236. [COBISS.SI-ID 72296707]
46. Laura Agnarelli, Urry Prots, Ulrich Burkhardt, Marcus Schmidt, Primož Koželj, Andreas Leithe-Jasper, Yuri Grin, " $\text{Mg}_3\text{Pt}_2$ : anionic chains in a  $\text{Eu}_3\text{Ga}_2$ -type structure", *Inorganic chemistry*, 2021, **60**, 17, 13681-13690. [COBISS.SI-ID 73978627]
47. Katja Berginc, Aleksandar Aleksovski, Helena Vrbanac, Kaja Gantar, Igor Serša, Urška Mikac, "Understanding the *in vivo* performance of Immediate release tablet formulations with atypical disintegration by using non-conventional disintegration and dissolution methods", *International journal of drug development and research*, 2021, **13**, 5, 349. [COBISS.SI-ID 96688643]
48. Marija Dragojlović, Igor Milanović, Anton Gradišek, Sandra V. Kurko, Miodrag Mitić, Anja Umičević, Jana Radaković, Katarina Batalović, "Mechanochemical modification of  $\text{LiAlH}_4$  with  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : a combined DFT and experimental study", *International journal of hydrogen energy*, 2021, **46**, 24, 13070-13081. [COBISS.SI-ID 51522819]
49. Markéta Havrdová, Iztok Urbančič, Kateřina Bartoň Tománková, Lukáš Malina, Janez Štrancar, Athanasios B. Bourlinos, "Self-targeting of carbon dots into the cell nucleus: diverse mechanisms of toxicity in NIH/3T3 and L929 cells", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 11, 5608. [COBISS.SI-ID 64593667]
50. Melani Potrč, Nerea Sebastián, Miha Škarabot, Irena Drevenšek-Olenik, Lea Spindler, "Supramolecular polymorphism of  $(\text{G}_4\text{C}_2)_n$  repeats associated with ALS and FTD", *International journal of molecular sciences*, 2021, **22**, 9, 4532. [COBISS.SI-ID 61441027]
51. Anton Gradišek, Mario Cifelli, Donatella Ancora, Ana Sepe, Boštjan Zalar, Tomaž Apih, Valentina Domenici, "Analysis of extra virgin olive oils from two Italian regions by means of proton nuclear magnetic resonance relaxation and relaxometry measurements", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 41, 12073-12080. [COBISS.SI-ID 59503363]
52. Donatella Ancora, Jerneja Milavec, Anton Gradišek, Mario Cifelli, Ana Sepe, Tomaž Apih, Boštjan Zalar, Valentina Domenici, "Sensitivity of proton NMR relaxation and proton NMR diffusion measurements to

- olive oil adulterations with vegetable oils", *Journal of agricultural and food chemistry*, 2021, **69**, 41, 12081-12088. [COBISS.SI-ID 64098563]
53. Andreja Jelen, Primož Koželj, Darja Gačnik, Stanislav Vrtnik, Mitja Krnel, Goran Dražić, Magdalena Wencka, Zvonko Jagličić, Michael Feuerbacher, Janez Dolinšek, "Collective magnetism of a single-crystalline nanocomposite FeCoCrMnAl high-entropy alloy", *Journal of alloys and compounds*, 2021, **864**, 158115. [COBISS.SI-ID 47327747]
54. Jan Thoen, George Cordoyiannis, Christ Glorieux, "Adiabatic scanning calorimetry investigation of the melting and order-disorder phase transitions in the linear alkanes heptadecane and nonadecane and some of their binary mixtures", *Journal of Chemical Thermodynamics*, 2021, **163**, 106596. [COBISS.SI-ID 75550467]
55. Guanglong Ma *et al.* (20 avtorjev), "PD1 blockade potentiates the therapeutic efficacy of photothermally-activated and MRI-guided low temperature-sensitive magnetoliposomes", *Journal of controlled release*, 2021, **332**, 419-433. [COBISS.SI-ID 54376707]
56. Abdallah Daddi-Moussa-Ider, Babak Nasouri, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, "Optimal swimmers can be pullers, pushers or neutral depending on the shape", *Journal of Fluid Mechanics*, 2021, **992**, R5. [COBISS.SI-ID 70736131]
57. Janez Stepišnik, Ioan Ardelean, Aleš Mohorič, "Molecular self-diffusion in internal magnetic fields of porous medium investigated by NMR MGSE method", *Journal of magnetic resonance*, 2021, **328**, 106981. [COBISS.SI-ID 62304515]
58. Primož Koželj *et al.* (13 avtorjev), "Spin-glass magnetism of the non-equiautomic CoCrFeMnNi high-entropy alloy", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **523**, 167579. [COBISS.SI-ID 41301507]
59. Zerrin Altıntaş, Sina Khoshshima, Marcus P. Schmidt, Matej Bobnar, Ulrich Burkhardt, Mehmet Somer, Özge Balci, "Evolution of magnetic properties of crystalline cobalt-iron boride nanoparticles via optimization of synthesis conditions using hydrous metal chlorides", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2021, **523**, 167634. [COBISS.SI-ID 54560515]
60. Rana Zibaei, Mohammad Sadegh Zakerhamidi, Soroush Korram, Amid Ranjkesh Siahkal, "Effects of polarized light on the optical and self-oscillation behaviors of liquid crystal network polymers", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2021, **9**, 41, 14908-14915. [COBISS.SI-ID 80578051]
61. Ahmed Kreta, Miran Gaberšček, Igor Muševič, "Time-resolved in situ electrochemical atomic force microscopy imaging of the corrosion dynamics of AA2024-T3 using a new design of cell", *Journal of materials research*, 2021, **36**, 1, 79-93. [COBISS.SI-ID 38009603]
62. Satyanarayan Patel, Nikola Novak, "The pyroelectric energy harvesting and storage performance around the ferroelectric/antiferroelectric transition in PNZST", *Journal of Materials Science*, 2021, **56**, 2, 1133-1146. [COBISS.SI-ID 46990083]
63. Luka Pirker *et al.* (11 avtorjev), "Sterilization of polypropylene membranes of facemask respirators by ionizing radiation", *Journal of membrane science*, 2021, **619**, 118756. [COBISS.SI-ID 32105219]
64. Amid Ranjkesh Siahkal, Tae-Hoon Yoon, "Ultrathin, transparent, thermally-insulated, and energy-efficient flexible window using coatable chiral-nematic liquid crystal polymer", *Journal of molecular liquids*, 2021, **339**, 116804. [COBISS.SI-ID 74722307]
65. Jan Thoen, George Cordoyiannis, Patricia Losada-Pérez, Christ Glorieux, "High-resolution investigation by Peltier-element-based adiabatic scanning calorimetry of binary liquid crystal mixtures with enhanced nematic ranges", *Journal of molecular liquids*, 2021, **340**, 117204. [COBISS.SI-ID 75549187]
66. Milan Ambrožič, Kaushik Pal, Samo Kralj, Arbresha Hölbl, "Nanoparticle controlled nematic macroscopic properties", *Journal of molecular structure*, 2021, **1230**, 129878. [COBISS.SI-ID 47621891]
67. Saša Harkai, Kaushik Pal, Samo Kralj, "Manipulation of m = 1 topological disclination line core structure", *Journal of molecular structure*, 2021, **1234**, 30162. [COBISS.SI-ID 55881475]
68. Apparao Gundamalla, Sabu Thomas, Aleksander Zidanšek, "Phase behaviour of n-CB liquid crystals confined to controlled pore glasses", *Journal of molecular structure*, 2021, **1235**, 130217. [COBISS.SI-ID 66828547]
69. Aleš Fajmut, Kaushik Pal, Saša Harkai, Dejvid Črešnar, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "The core structure of a laboratory-made dust devil-like vortex and its condensed matter analogs", *Journal of molecular structure*, 2021, **1237**, 30335. [COBISS.SI-ID 58279171]
70. Kaushik Pal, George Z. Kyzas, Samo Kralj, Fernando Gomes de Souza, "Sunlight sterilized, recyclable and super hydrophobic anti-COVID laser-induced graphene mask formulation for indelible usability", *Journal of molecular structure*, 2021, **1233**, 130100. [COBISS.SI-ID 55917827]
71. Anton Gradišek, Mathias S. Jørgensen, Mark Paskevicius, Bjarne R. S. Hansen, Torben R. Jensen, "Molecular dynamics in  $\text{Ag}_2\text{B}_{12}\text{H}_{12}$  studied by nuclear magnetic resonance", *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2021, **125**, 10, 5534-5541. [COBISS.SI-ID 54016003]
72. Esteban Zuñiga-Puelles, Raul Cardoso-Gil, Matej Bobnar, Igor Veremchuk, Gerhard Heide, Roman Gumieniuk, "Electrical and thermal transport properties of natural and synthetic  $\text{FeAs}_x\text{S}_{2-x}$  ( $x \leq 0.01$ )", *The journal of physics and chemistry of solids*, 2021, **150**, 109809. [COBISS.SI-ID 73478915]
73. Paweł Wyżga, Igor Veremchuk, Primož Koželj, Andreas Leithe-Jasper, Roman Gumieniuk, "Mn-for-Fe substitution in  $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{In}_2\text{S}_4$  thiospinel - crystal structure and thermoelectric properties", *The journal of physics and chemistry of solids*, 2021, **152**, 109984. [COBISS.SI-ID 56933635]
74. Nikola Novak, Florian Weyland, George A. Rossetti Jr., "Electrocaloric properties and caloric figure of merit in the ferroelectric solid solution  $\text{BaZrO}_3 - \text{BaTiO}_3$  (BZT)", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 2, 1280-1287. [COBISS.SI-ID 69770499]
75. E. Venkata Ramana, Nuno M. Ferreira, Anubha Mahajan, David Maria Tobaldi, Igor Bdikin, Brigitta Rožič, Zdravko Kutnjak, Manuel Almeida Valente, "Processing mediated enhancement of ferroelectric and electrocaloric properties in  $\text{Ba}(\text{Ti}_{0.8}\text{Zr}_{0.2})\text{O}_3 - (\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$  lead-free piezoelectric", *Journal of the European ceramic society*, 2021, **41**, 13, 6424-6440. [COBISS.SI-ID 69770499]
76. Vahid Nasirimekani, Tobias Strübing, Andrej Vilfan, Isabella Guido, "Tuning the properties of active microtubule networks by depletion forces", *Langmuir*, 2021, **37**, 26, 7919-7927. [COBISS.SI-ID 69387267]
77. Miha Škarabot, Marjeta Maček Kržmanc, Lina Rupnik, Gojmir Lahajnar, Danilo Suvorov, Igor Muševič, "Electric-field-induced reorientation of ferroelectric micro- and nano-platelets in the nematic liquid crystal", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 385-394. [COBISS.SI-ID 46413059]
78. Marta Lavrič *et al.* (12 avtorjev), "Tunability of the elastocaloric response in main-chain liquid crystalline elastomers", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 405-411. [COBISS.SI-ID 22334211]
79. Jeffrey Christopher Everts, Miha Ravnik, "Charge-, salt- and flexoelectricity-driven anchoring effects in nematics", *Liquid crystals*, 2021, **48**, 3, 423-435. [COBISS.SI-ID 21920003]
80. Pengfei Zhang, Andraž Rešetič, Marc Behl, Andreas Lendlein, "Multifunctionality in polymer networks by dynamic of coordination bonds", *Macromolecular chemistry and physics*, 2021, **222**, 3, 200394. [COBISS.SI-ID 47308035]
81. Nina Kostevšek, Patricija Miklavc, Matic Kisovec, Marjetka Podobnik, Wafa Al-Jamal, Igor Serša, "Magneto-erythrocyte membrane vesicles' superior  $T_2$  MRI contrast agents to magneto-liposomes", *Magnetochemistry*, 2021, **7**, 4, 51. [COBISS.SI-ID 59744259]
82. Saide Umerova, Danjela Kuščer, Matej Bobnar, Nikita Derets, Boštjan Zalar, Andraž Rešetič, "Shear flow-controlled shape memory of polymer resin dispersed liquid crystal elastomer microparticles", *Materials & design*, 2021, **207**, 109836. [COBISS.SI-ID 64302851]
83. Andreja Jelen, Jae Hyuck Jang, Junhyup Oh, Hae Jin Kim, Anton Meden, Stanislav Vrtnik, Michael Feuerbacher, Janez Dolinšek, "Nanostructure and local polymorphism in "ideal-like" rare-earths-based high-entropy alloys", *Materials characterization*, 2021, **172**, 110837. [COBISS.SI-ID 44582403]
84. Rok Podlipšec, Esther Punzón Quijorna, Luka Pirker, Mitja Kelemen, Primož Vavpetič, Rajko Kavalari, Gregor Hlawacek, Janez Štrancar, Primož Pelicon, Samo K. Fokter, "Revealing inflammatory indications induced by titanium alloy wear debris in periprosthetic tby label-free correlative high-resolution ion, electron and optical microscopy", *Materials*, 2021, **14**, 11, 3048. [COBISS.SI-ID 66427395]
85. Darja Gačnik *et al.* (13 avtorjev), "Structure and superconductivity of tin-containing  $\text{HfTiZrSnM}$  ( $M = \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Nb}, \text{Ni}$ ) medium-entropy and high-entropy alloys", *Materials*, 2021, **14**, 14, 3953. [COBISS.SI-ID 71210755]
86. Brigitka Kmet, Danjela Kuščer, Soma Dutta, Hana Uršič, Aleksander Matavž, Franck Levassort, Vid Bobnar, Barbara Malič, Andreja Benčan, "Screen printed copper and tantalum modified potassium sodium niobate thick films on platinized alumina substrates", *Materials*, 2021, **14**, 23, 7137. [COBISS.SI-ID 86280707]
87. Ekaterina Gongadze, Luka Mesarec, Samo Kralj, Veronika Kralj-Iglič, Aleš Iglič, "On the role of electrostatic repulsion in topological defect-driven membrane fission", *Membranes*, 2021, **11**, 11, 812. [COBISS.SI-ID 82459139]
88. Suzana Uran, Matjaž Malok, Božidar Bratina, Riko Šafarič, "A pot-like vibrational microfluidic rotational motor", *Micromachines*, 2021, **12**, 2, 177. [COBISS.SI-ID 51563779]

89. Aleksandra Drozd-Rzoska, Szymon Starzonek, Sylwester J. Rzoska, Joanna M. Łoś, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "Pretransitional effects of the isotropic liquid-plastic crystal transition", *Molecules*, 2021, **26**, 2, 429. [COBISS.SI-ID 47374595]
90. Tilen Koklič *et al.* (12 avtorjev), "Electron paramagnetic resonance gives evidence for the presence of type 1 gonadotropin-releasing hormone receptor (GnRH-R) in subdomains of lipid rafts", *Molecules*, 2021, **26**, 4, 973. [COBISS.SI-ID 51410947]
91. Urška Mikac, Maks Merela, Primož Oven, Ana Sepe, Igor Serša, "MR study of water distribution in a beech (*Fagus sylvatica*) branch using relaxometry methods", *Molecules*, 2021, **26**, 14, 4305. [COBISS.SI-ID 71037699]
92. Zouhair Hanani *et al.* (12 avtorjev), "Lead-free nanocomposite piezoelectric nanogenerator film for biomechanical energy harvesting", *Nano energy*, 2021, **81**, 105661. [COBISS.SI-ID 42422787]
93. Xin Chen, Yang Tiannan, Qiyang Zhang, L. Q. Chen, Vid Bobnar, C. Rahn, Qiming M. Zhang, "Topological structure enhanced nanostructure of high temperature polymer exhibiting more than ten times enhancement of dipolar response", *Nano energy*, 2021, **88**, 106225. [COBISS.SI-ID 66896131]
94. Maja Garvas, Selene Acosta, Iztok Urbančič, Tilen Koklič, Janez Štrancar, Luiz A. O. Nunes, Peter Guttmann, Polona Umek, Carla Bittencourt, "Single cell temperature probed by Eu<sup>3+</sup> doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles luminescence", *Nano select*, 2021, **2**, 6, 1208-1217. [COBISS.SI-ID 47651843]
95. Niko Carstens, Alexander Vahl, Ole Gronenberg, Thomas Strunkus, Lorenz Kienle, Franz Faupel, Abdou Hassani, "Enhancing reliability of studies on single filament memristive switching via an unconventional cAFM approach", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 2, 265. [COBISS.SI-ID 48065539]
96. Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Gregor Primc, Luka Pirker, Miran Mozetič, "One-step plasma synthesis of nitrogen-doped carbon nanomesh", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 4, 837. [COBISS.SI-ID 57205763]
97. Laure Bar, George Cordoyiannis, Shova Neupane, Jonathan Goole, Patrick Grosfils, Patricia Losada-Pérez, "Asymmetric lipid transfer between zwitterionic vesicles by nanoviscosity measurements", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 5, 1087. [COBISS.SI-ID 75548675]
98. Luka Pirker, Bojana Višić, Janez Kovač, Srečo D. Škapin, Maja Remškar, "Synthesis and characterization of tungsten suboxide W<sub>n</sub>O<sub>3n-1</sub> nanotiles", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 8, 1985. [COBISS.SI-ID 72209411]
99. Yuri Tanuma *et al.* (10 avtorjev), "Robust coherent spin centers from stable azafullerene radicals entrapped in cycloparaphenylen rings", *Nanoscale*, 2021, **13**, 47, 19946-19955. [COBISS.SI-ID 86989315]
100. Boštjan Kokot, Hana Kokot, Polona Umek, Katarina Petra van Midden, Stane Pajk, Maja Garvas, Christian Eggeling, Tilen Koklič, Iztok Urbančič, Janez Štrancar, "How to control fluorescent labeling of metal oxide nanoparticles for artefact-free live cell microscopy", *Nanotoxicology*, 2021, **15**, 8, 1102-1123. [COBISS.SI-ID 79746819]
101. Martin Klanjšek, "Singlets singled out", *Nature physics*, 2021, **17**, 1081-1082. [COBISS.SI-ID 79855363]
102. Deshui Yu, Matjaž Humar, Krista Meserve, Ryan C. Bailey, Sile Nic Chormaic, Frank Vollmer, "Whispering-gallery-mode sensors for biological and physical sensing", *Nature reviews methods primers*, 2021, **1**, 83. [COBISS.SI-ID 88994563]
103. Mahsa Khadem Sadigh, Pouriya Naziri, Amid Ranjkesh Siahkal, Mohammad Sadegh Zakerhamidi, "Relationship of pitch length of cholesteric liquid crystals with order parameter and normalized polarizability", *Optical Materials*, 2021, **119**, 111373. [COBISS.SI-ID 74723331]
104. Mahsa Khadem Sadigh, Pouriya Naziri, Mohammad Sadegh Zakerhamidi, Amid Ranjkesh Siahkal, Tae-Hoon Yoon, "Temperature dependent features of polymer stabilized cholesteric liquid crystals based on selected liquid crystal characteristics", *Optik*, 2021, **230**, 166354. [COBISS.SI-ID 65002499]
105. Mitja Pohlen, Luka Pirker, Rok Dreu, "The potential of macroporous silica-nanocrystalline cellulose combination for formulating dry emulsion systems with improved flow properties: a DoE study", *Pharmaceutics*, 2021, **13**, 8, 1177. [COBISS.SI-ID 72824835]
106. Hanane Mezzourh, Saad Belkhadir, Daoud Mezzane, M'barek Amjoud, Elhassan Choukri, Abdelilah Lahmar, Yaovi Gagou, Zdravko Kutnjak, Mimoun El Marssi, "Enhancing the dielectric, electrocaloric and energy storage properties of lead-free Ba<sub>0.85</sub>Ca<sub>0.15</sub>Zr<sub>0.1</sub>Ti<sub>0.9</sub>O<sub>3</sub> ceramics prepared via sol-gel process", *Physica B. Condensed matter*, 2021, **603**, 412760. [COBISS.SI-ID 45033219]
107. Babak Nasouri, Andrej Vilfan, Ramin Golestanian, "Minimum dissipation theorem for microswimmers", *Physical review letters*, 2021, **126**, 3, 034503. [COBISS.SI-ID 48389635]
108. W. Sun, Tina Arh, Matjaž Gomilšek, Primož Koželj, Stanislav Vrtnik, Marko Herak, J.-X. Mi, Andrej Zorko, "Magnetic ordering of the distorted kagome antiferromagnet Y<sub>3</sub>Cu<sub>9</sub>(OH)<sub>18</sub>[Cl<sub>8</sub>(OH)] prepared via optimal synthesis", *Physical review materials*, 2021, **5**, 6, 064401-1-064401-11. [COBISS.SI-ID 65456899]
109. Katja Gosar *et al.* (11 avtorjev), "Single-shot Stern-Gerlach magnetic gradiometer with an expanding cloud of cold cesium atoms", *Physical review A*, 2021, **103**, 2, 022611. [COBISS.SI-ID 52681987]
110. Peter Prelovšek, Matjaž Gomilšek, Tina Arh, Andrej Zorko, "Dynamical spin correlations of the kagome antiferromagnet", *Physical review B*, 2021, **103**, 1, 014431. [COBISS.SI-ID 47744259]
111. T. J. Hicken *et al.* (13 avtorjev), "Megahertz dynamics in skyrmion systems probed with muon-spin relaxation", *Physical review B*, 2021, **103**, 2, 024428. [COBISS.SI-ID 47746819]
112. Silvie Maskova-Cerna *et al.* (15 avtorjev), "Insight into the physics of the 5f-band antiferromagnet U<sub>2</sub>Ni<sub>2</sub>Sn from the pressure dependence of crystal structure and electrical resistivity", *Physical review B*, 2021, **103**, 3, 035104. [COBISS.SI-ID 48693507]
113. Benjamin Huddart, Matjaž Gomilšek, T. J. Hicken, F. L. Pratt, Stephen Blundell, P. A. Goddard, S. J. Kaech, J. L. Manson, T. Lancaster, "Magnetic order and ballistic spin transport in a sine-Gordon spin chain", *Physical review B*, 2021, **103**, 6, L060405. [COBISS.SI-ID 51948547]
114. Nejc Janša, Kim-Khuong Huynh, Takuma Ogasawara, Martin Klanjšek, Peter Jeglič, Pietro Carretta, Katsumi Tanigaki, Denis Arčon, "Electron correlations and charge segregation in layered manganese pnictide antiferromagnets showing anomalously large magnetoresistance", *Physical review B*, 2021, **103**, 6, 064422. [COBISS.SI-ID 51806723]
115. Takuma Ogasawara, Kim-Khuong Huynh, Time Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Denis Arčon, Motoi Kimata, Stephane Yu Matsushita, Kazumasa Nagata, Katsumi Tanigaki, "Large negative magnetoresistance in the antiferromagnet BaMn<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub>", *Physical review B*, 2021, **103**, 12, 125108. [COBISS.SI-ID 53990659]
116. Sever Flipo, Helge Rosner, Matej Bobnar, Kristina O. Kvashnina, Andreas Leithe-Jasper, Roman Gumenniuk, "Thermoelectricity and electronic properties of Y<sub>1-x</sub>Ce<sub>x</sub>CrB<sub>4</sub>", *Physical review B*, 2021, **103**, 19, 195121. [COBISS.SI-ID 67442691]
117. K. Somesh, Y. Furukawa, G. Simutis, Fabrice Bert, M. Prinz-Zwick, N. Büttgen, Andrej Zorko, A. A. Tsirlin, Philippe Mendels, R. Nath, "Universal fluctuating regime in triangular chromate antiferromagnets", *Physical review B*, 2021, **104**, 10, 104422. [COBISS.SI-ID 77870851]
118. Martina Dragičević *et al.* (11 avtorjev), "Control of a polar order via magnetic field in a vector-chiral magnet", *Physical review B*, 2021, **104**, 12, L121107. [COBISS.SI-ID 77279491]
119. M. N. Wilson, T. J. Hicken, Matjaž Gomilšek, Aleš Štefančič, G. Balakrishnan, J. C. Loudon, A. C. Twitchett-Harrison, F. L. Pratt, M. Telling, T. Lancaster, "Spin dynamics in bulk MnNiGa and Mn<sub>1.4</sub>Pt<sub>0.9</sub>Pd<sub>0.1</sub>Sn investigated by muon spin relaxation", *Physical review B*, 2021, **104**, 13, 134414. [COBISS.SI-ID 81690627]
120. Jeffrey Christopher Everts, Miha Ravnik, "Ionically charged topological defects in nematic fluids", *Physical review X*, 2021, **11**, 1, 011054. [COBISS.SI-ID 55545603]
121. Lea Gazvoda, Bojana Višić, Matjaž Spreitzer, Marija Vukomanović, "Hydrophilicity affecting the enzyme-driven degradation of piezoelectric poly-L-lactic films", *Polymers*, 2021, **13**, 11, 1719. [COBISS.SI-ID 64428035]
122. Karthik Peddireddy, Simon Čopar, Khoa V. Le, Igor Muševič, Christian Bahr, Venkata Subba R. Jampani, "Self-shaping liquid crystal droplets by balancing bulk elasticity and interfacial tension", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, **118**, 14, e2011174118. [COBISS.SI-ID 58120707]
123. Miha Papič, Urban Mur, Kottoli Poyil Zuhail, Miha Ravnik, Igor Muševič, Matjaž Humar, "Topological liquid crystal superstructures as structured light lasers", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2021, **118**, 49, e2110839118. [COBISS.SI-ID 88125955]
124. Rebeka Viltužnik, Jernej Vidmar, Andrej Fabjan, Miran Jeromel, Zoran Miloševič, Igor Kocijančič, Igor Serša, "Study of correlations between CT properties of retrieved cerebral thrombi with treatment outcome of stroke patients", *Radiology and oncology*, 2021, **55**, 4, 409-417. [COBISS.SI-ID 79857923]
125. Žiga Snoj, Igor Serša, Urša Matičič, Erika Cvetko, Gregor Omejec, "Nerve fascicle depiction at MR microscopy and high-frequency US with anatomic verification", *Radiology*, 2021, **297**, 3, 672-674. [COBISS.SI-ID 32560131]
126. Marija Bervida, Samo Stanič, Griša Močnik, Longlong Wang, Klemen Bergant, Xiaoquan Song, "Bora flow characteristics in a complex valley

- environment", *Remote sensing*, 2021, **13**, 21, 4363. [COBISS.SI-ID 83704835]
127. Soukaine Merselmiz, Zouhair Hanani, Daoud Mezzane, Anna G. Razumnaya, M'Barek Amjoud, Lahoucine Hajji, Svitlana Terenchuk, Brigit Rožič, Igor A. Luk'yanchuk, Zdravko Kutnjak, "Thermal-stability of the enhanced piezoelectric, energy storage and electrocaloric properties of a lead-free BCZT ceramic", *RSC advances*, 2021, **11**, 16, 9459-9468. [COBISS.SI-ID 54513923]
128. Jeffrey Christopher Everts, Bohdan Senyuk, Haridas Mundoor, Miha Ravnik, Ivan I. Smalyukh, "Anisotropic electrostatic screening of charged colloids in nematic solvents", *Science advances*, 2021, **7**, 5, eabd0662. [COBISS.SI-ID 49147651]
129. Xu Yang, Adil M. Rather, Yuxing Yao, Jen-Chun Fang, Rajdeep S. Mamta, Robert K. A. Bennett, Richard G. Atta, Solomon Adera, Uroš Tkalec, Xiaoguang Wang, "Liquid crystal-based open surface microfluidics manipulate liquid mobility and chemical composition on demand", *Science advances*, 2021, **7**, 40, eabi7607. [COBISS.SI-ID 79203075]
130. Vipul Lalchandani et al. (16 avtorjev), "Real-time characterization and source apportionment of fine particulate matter in the Delhi megacity area during late winter", *Science of the total environment*, 2021, **770**, 145324. [COBISS.SI-ID 48555267]
131. Luca Ferrero et al. (16 avtorjev), "Consistent determination of the heating rate of light-absorbing aerosol using wavelength- and time-dependent Aethalometer multiple-scattering correction", *Science of the total environment*, 2021, **791**, 148277. [COBISS.SI-ID 66309379]
132. Drago Kuzman, Marko Bunc, Miha Ravnik, Fritz Reiter, Lan Žagar, Matjaž Bončina, "Long-term stability predictions of therapeutic monoclonal antibodies in solution using Arrhenius-based kinetics", *Scientific reports*, 2021, **11**, 20534. [COBISS.SI-ID 81164035]
133. Igor Serša, "Magnetic resonance microscopy of samples with translational symmetry with FOVs smaller than sample size", *Scientific reports*, 2021, **11**, 541. [COBISS.SI-ID 46632451]
134. Jugaratna Khatua, Tina Arh, Shashi B. Mishra, Hubertus Luetkens, Andrej Zorko, Barindra Sana, M. S. Ramachandra Rao, Birabar R. K. Nanda, Panchanan Khuntia, "Development of short and long-range magnetic order in the double perovskite based frustrated triangular lattice antiferromagnet  $\text{Ba}_2\text{MnTeO}_6$ ", *Scientific reports*, 2021, **11**, 6959. [COBISS.SI-ID 57484803]
135. Primož Koželj, Martin Juckel, Alfred Amon, Yurii Prots, Alim H. Ormeci, Ulrich Burkhardt, Manuel Brando, Andreas Leithe-Jasper, Yuri Grin, Eteri Svanidze, "Non-centrosymmetric superconductor  $\text{Th}_4\text{Be}_{33}\text{Pt}_{16}$  and heavy-fermion  $\text{U}_4\text{Be}_{33}\text{Pt}_{16}$  cage compounds", *Scientific reports*, 2021, **11**, 22352. [COBISS.SI-ID 85710595]
136. Aanchal Alagh, Fatima Ezahra Annanouch, Polona Umek, Carla Bittencourt, Ayrtón Sierra-Castillo, Emile Haye, Jean François Colomer, Eduard Llobet, "CVD growth of self-assembled 2D and 1D WS<sub>2</sub> nanomaterials for the ultrasensitive detection of NO<sub>2</sub>", *Sensors and actuators. B, Chemical*, 2021, **326**, 128813. [COBISS.SI-ID 28155907]
137. Akhil Chandran M. K., Branimir Bajac, Gregor Filipič, Željka Cvejić, Vladimir V. Srđić, Milan Radovanović, Mitar Simić, Sohail Sarang, Goran M. Stojanović, "Synthesis and characterization of tin oxide nanopowder and its application to sensing different pathogens", *Sensors and materials*, 2021, **33**, 2, 513-527. [COBISS.SI-ID 55285507]
138. Anja Pogačnik Krajnc, Luka Pirker, Urška Gradišar Centa, Anton Gradišek, Igor B. Mekjavić, Matej Godnič, Metod Čebašek, Tina Bregant, Maja Remškar, "Size- and time-dependent particle removal efficiency of face masks and improvised respiratory protection equipment used during the COVID-19 pandemic", *Sensors*, 2021, **5**, **21**, 1567. [COBISS.SI-ID 52915715]
139. Selene Acosta, L. J. Borrero-González, Polona Umek, Luiz A. O. Nunes, Peter Guttmann, Carla Bittencourt, "Nd<sup>3+</sup>-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles as nanothermometer: high sensitivity in temperature evaluation inside biological windows", *Sensors*, 2021, **21**, 16, 5306. [COBISS.SI-ID 73607171]
140. Neelakandan Marath Santhosh, Vasyl Shvalya, Martina Modic, Nataša Hojnik, Janez Zavašnik, Jaka Olenik, Martin Košiček, Gregor Filipič, Ibrahim Abdulhalim, Uroš Cvelbar, "Label-free mycotoxin Raman identification by high-performing plasmonic vertical carbon nanostructures", *Small*, 2021, **17**, 49, 2103677. [COBISS.SI-ID 80208131]
141. Adam Susser, Samo Kralj, Charles Rosenblatt, "Co-revolving topological defects in a nematic liquid crystal", *Soft matter*, 2021, **17**, 42, 9616-9623. [COBISS.SI-ID 80444163]
142. Amid Ranjkesh Siahkal, Yeongyu Choi, Jae-Won Huh, Seung-Won Oh, Tae-Hoon Hwang, "Flexible, broadband, super-reflective infrared reflector based on cholesteric liquid crystal polymer", *Solar energy materials and solar cells*, 2021, **230**, 111137. [COBISS.SI-ID 65000195]
143. Urška Gradišar Centa, Meta Sterniša, Bojana Višić, Žiga Federl, Sonja Smole Možina, Maja Remškar, "Novel nanostructured and antimicrobial PVDF – HFP/PVP/MoO<sub>3</sub> composite", *Surface innovations*, 2021, **9**, 5, 256-266. [COBISS.SI-ID 45504003]
144. Aleksander Matavž, Primož Koželj, Maximilian Winkler, Korbinian Geirhos, Peter Lunkenheimer, Vid Bobnar, "Nanostructured multiferroic Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub> – NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> thin-film composites", *Thin solid films*, 2021, **732**, 138740. [COBISS.SI-ID 66889219]
145. Elif Gokcen Ates, Valentina Domenici, Małgorzata Florek-Wojciechowska, Anton Gradišek, Danuta Kruck, Nadica Maltar-Stremčki, Mecit Oztop, Emin Burcin Ozvural, Anne-Laure Rollet, "Field-dependent NMR relaxometry for food science: applications and perspectives", *Trends in food science & technology*, 2021, **110**, 513-525. [COBISS.SI-ID 52526595]
146. Tjaša Parkelj Potočnik, Erik Zupanič, Janez Kovač, Matjaž Spreitzer, "Prenos vzorcev v ultravisokem vakuumu s pomočjo vakuumskega kovčka", *Vakuumist*, 2021, **41**, 1/2, 14-18. [COBISS.SI-ID 97033219]
147. Julia-Maria Hübler, Walter Jung, Primož Koželj, Matej Bobnar, Raul Cardoso-Gil, Ulrich Burkhardt, Bodo Böhme, Michael Baitinger, Ulrich Schwarz, Yuri Grin, "Mastering extreme size constraints in the clathrate-I borosilicide Cs<sub>8</sub>B<sub>8</sub>Si<sub>38</sub>", *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 2021, **647**, 2-3, 119-125. [COBISS.SI-ID 73483779]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANKI

- Kaushik Pal, Alaa AA Aljabali, Samo Kralj, Sabu Thomas, Fernando Gomes de Souza, "Graphene-assembly liquid crystalline and nanopolymer hybridization: a review on switchable device implementations", *Chemosphere*, 2021, **263**, 128104. [COBISS.SI-ID 29585923]
- Kaushik Pal, Si Asiya, Gharieb S. El-Sayyad, M. Abd Elkodous, Rajesh Kumar, Ahmed I. El-Batal, Samo Kralj, Sabu Thomas, "Cutting edge development on graphene derivatives modified by liquid crystal and CdS/TiO<sub>2</sub> hybrid matrix: optoelectronics and biotechnological aspects", *Critical reviews in solid state and materials sciences*, 2021, **46**, 5, 385-449. [COBISS.SI-ID 32388099]
- Simon Čopar, Miha Ravnik, Slobodan Žumer, "Introduction to colloidal and microfluidic nematic microstructures", *Crystals*, 2021, **11**, 956. [COBISS.SI-ID 73231619]
- George Cordoyannis, Marta Lavrič, Vasileios Tzitzios, Maja Trček, Ioannis Lelidis, George Nounesis, Samo Kralj, Jan Thoen, Zdravko Kutnjak, "Experimental advances in nanoparticle-driven stabilization of liquid-crystalline blue phases and twist-grain boundary phases", *Nanomaterials*, 2021, **11**, 11, 2968. [COBISS.SI-ID 83680771]
- Xian Chen, Irene Fonseca, Miha Ravnik, Valeriy Slastikov, Claudio Zannoni, Arghir Zarnescu, "Topics in the mathematical design of materials", *Philosophical transactions. Mathematical, physical and engineering sciences*, 2021, **379**, 20200108. [COBISS.SI-ID 64636675]
- Mita Kralj, Marko Kralj, Samo Kralj, "Topological defects in nematic liquid crystals: laboratory of fundamental physics", *Physica status solidi. A, Applications and materials science*, 2021, **218**, 17, 2000752. [COBISS.SI-ID 52854019]

## STROKOVNI ČLANKI

- Anton Gradišek, Luka Pirker, "How masks protects us", *Alternator: misliți znanost*, 1. 3. 2021. [COBISS.SI-ID 53767171]
- Urška Gradišar Centa, "Protimikrobne nanokompozitne prevleke: ključ do zmanjšanega prenosa okužb", *Alternator: misliți znanost*, 30. sep. 2021. [COBISS.SI-ID 78905347]
- Aleš Mohorič, "Razklon na stekleni prizmi", *Presek*, 2020/2021, **48**, 5, 13-15, 18-19. [COBISS.SI-ID 62397955]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI (VABLJENO PREDAVANJE)

- Peter Ropač, Urban Mur, Miha Ravnik, "Design of two-dimensional photonic crystals using geometry and self-similarity", V: *Emerging Liquid Crystal Technologies XVI*, 6-12 March 2021, CA, USA, (Proceeding of SPIE **11707**), SPIE, 2021, 117070i. [COBISS.SI-ID 54549251]
- Guilhem Poy, Slobodan Žumer, "Chirality-enhanced nonlinear optical response of frustrated liquid crystals", V: *Liquid Crystals XXV*, 1-5 August 2021, San Diego, CA, USA, (Proceedings of SPIE **11807**), SPIE, 2021, 1180708. [COBISS.SI-ID 73224451]
- Luka Mesarec, Wojciech Góźdż, Aleš Iglič, Veronika Kralj-Iglič, Epifanio Giovanni Virga, Samo Kralj, "Stability of normal red blood cells

explained by membrane's in-plane ordering", V: *Sokratska predavanja: 4. mednarodni minisimpozij, Ljubljana, 11.-12. december 2020*, zbornik recenziranih prispevkov, Zdravstvena fakulteta Ljubljana, 2021, 21-27. [COBISS.SI-ID 52934147]

4. Samo Kralj, "Tekoči kristali: poligon osnovne fizike", V: *Znanstveno popoldne in 74. občni zbor DMFA Slovenije: 19. november 2021*, DMFA - Založništvo, 2021, 9. [COBISS.SI-ID 88506627]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVKI NA KONFERENCI

1. Bojan Cestnik, Andreja Abina, Rebeka Kovačič Lukman, Aleksander Zidanšek, "Expert system for systematic monitoring of sustainability-related competences in higher education", V: *16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES), 10-15 October 2021, Dubrovnik, Croatia*, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, 2021. [COBISS.SI-ID 88904451]
2. Mitja Luštrek, Nina Reščič, Vito Janko, David Susič, Carlo De Masi, Aljoša Vodopija, Matej Marinko, Tea Tušar, Erik Dovgan, Matej Cigale, Anton Gradišek, Matjaž Gams, "Napovedovanje trendov in optimiziranje ukrepov v boju proti pandemiji COVID-19: Tekmovanje XPRIZE in naslednji koraki", V: *IS 2021, Delavnica projekta Insieme, 5. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek D, Institut "Jožef Stefan", 2021, 52-55. [COBISS.SI-ID 86439683]
3. Zdenko Vuk, Jane Bizjak, Erik Dovgan, Matjaž Gams, Anton Gradišek, "An overview of the BATMAN platform", V: *IS 2021, Delavnica projekta BATMAN, 4. oktober 2021, Ljubljana, Slovenija*, Zbornik 24. mednarodne multikonference Informacijska družba, zvezek J, Institut "Jožef Stefan", 2021, 19-22. [COBISS.SI-ID 87098371]
4. Igor Muševič, Karthik Peddireddy, Maruša Mur, Khoa V. Le, Simon Čopar, Christian Bahri, Venkata Subba R Jampani, "Self-shaping of liquid crystals into superstructures for photonic applications", V: *Emerging Liquid Crystal Technologies XVI, 6-12 March 2021, CA, USA*, (Proceeding of SPIE **11707**), SPIE, 2021, 117070f. [COBISS.SI-ID 74797571]
5. Igor Serša, "Electric current detection by  $T_2^*$  relaxivity change: A Feasibility Study", V: *EMBEC 2020, 8th European Medical and Biological Engineering Conference, 29 November-3 December 2020, Portorož, Slovenia*, Proceedings, Springer, 2021, 470-477. [COBISS.SI-ID 40492851]
6. Eva Klemenčič, Maja Trček, Zdravko Kutnjak, Samo Kralj, "Elektrokalorični pojav v smektičnih tekočih kristalih", V: *RII6, Razvoj industrijskega inženiringa: priložnosti, potenciali, izzivi, Novo mesto, april 2021*, zbornik recenziranih prispevkov, Fakulteta za industrijski inženiring, 2021, 52-58. [COBISS.SI-ID 72069635]
7. Lara Anja Lešnik Zupan, Jernej Vidmar, Peter Popović, "A-V malformacija trebušne slinavke-predstavitev primera", V: *Slikovna diagnostika trebušne slinavke, marec 2021, Ljubljana, Slovenija*, zbornik znanstvenih prispevkov, Katedra za radiologijo Ljubljana, Inštitut ERA, 2021, 30-36. [COBISS.SI-ID 59599107]
8. Nina Reščič et al. (12 avtorjev), "Finding efficient intervention plans against Covid-19: second place at the XPRIZE Pandemic Response Challenge", V: *ETAI 2021, XV International Conference, September 23-24 2021*, Proceedings, (ETAI Megunarodna Konferencija **1** 2), 2021, 139-143. [COBISS.SI-ID 83629571]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVKI ALI POGLAVJA V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. George Cordoyiannis, Laure Bar, Patricia Losada-Pérez, "Recent advances in quartz crystal microbalance with dissipation monitoring: phase transitions as descriptors for specific lipid membrane studies", V: *Advances in biomembranes and lipid self-assembly* **34**, Elsevier, 2021, 107-128. [COBISS.SI-ID 94637571]
2. Nina Kostevšek, Igor Serša, "Characterization of metal-based nanoparticles as contrast agents for magnetic resonance imaging", V: *Analysis and characterisation of metal-based nanomaterials*, (Comprehensive analytical chemistry **93**), Elsevier, 2021, 303-343. [COBISS.SI-ID 65094659]
3. Apparao Gudimalla, Brigitta Rožič, Samo Kralj, "Behavior of nanoparticles within liquid crystal phases", V: *Fundamentals and properties of multifunctional nanomaterials*, (Micro and nano technologies series), Elsevier, 2021, 65-96. [COBISS.SI-ID 74524163]

4. Iztok Urbančič, B. Christoffer Lagerholm, Falk Schneider, "Fluorescence correlation spectroscopy", V: *Imaging modalities for biological and preclinical research. Volume 1, Ex vivo biological imaging*, (IPREM-IOP series in physics and engineering in medicine and biology), IOP Publishing, 2021, i.8.b. [COBISS.SI-ID 64942851]

5. Serhii Ivanchenko, Saide Umerova, D. I. Baranovskyi, Aleksandr Nikolaevyč Kovalenko, Andrey Ragulya, "BaTiO<sub>3</sub> films for multilayer devices by tape casting/perovskites and other framework structure materials", V: *Perovskites and other framework structure crystalline materials*, (Artificially created materials and applications **1**), Independently Published, 2021, 437-466. [COBISS.SI-ID 57115907]

## SREDNJEŠOLSKA, OSNOVNOŠOLSKA ALI DRUGA UČBENIKA Z RECENZIJO

1. Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fisika 2: libro di testo di fisica per la seconda classe del ginnasio e per gli istituti professionali*, Mladinska knjiga, 2021. [COBISS.SI-ID 74301699]
2. Aleš Mohorič, Vito Babič, *Fizika 3: učbenik za fiziko v 3. letniku gimnazij in štirletnih strokovnih šol*, Mladinska knjiga, 2021. [COBISS.SI-ID 70021123]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Andrej Zorko, *Video predavanja iz Moderne fizike*, 2021. [COBISS.SI-ID 60715011]
2. Stanislav Vrtnik, *Zbirka fizikalnih nalog: fizika II: fizikalna merilna tehnika*, 2021. [COBISS.SI-ID 52409603]

## PATENTNA PRIJAVA

1. Martin Rigler, Viktor Pilko, Luka Drinovec, Griša Močnik, *A heating chamber for measuring carbonaceous aerosol, and a device comprising said chamber*, EP3832302 (A1), European Patent Office, 09. 06. 2021. [COBISS.SI-ID 88039939]

## PATENTI

1. Gregor Filipič, Kristina Eleršič, Darij Kreuh, Janez Kovač, Uroš Cvelbar, Miran Mozetič, *A method of colouring titanium and titanium alloys*, GB2530805 (B), Intellectual Property Office, 24. 11. 2021. [COBISS.SI-ID 29504807]
2. Janez Štrancar, Rok Podlipec, Iztok Urbančič, Zoran Arsov, Andrej Vrečko, *Image-processing apparatus and image-processing method for detection of irregularities in tissue*, EP3755994 (B1), European Patent Office, 26. 05. 2021. [COBISS.SI-ID 31223079]
3. Vid Bobnar, Barbara Malič, Aleksander Matavž, *Metoda proizvajanja polimernih plasti z modificirano površino*, SI25887 (A), Urad RS za intelektualno lastnino, 31. 03. 2021. [COBISS.SI-ID 32699175]

## DOKTORATI IN MENTORSTVO

1. Urška Gradišar Centa, *Polimerni nanokompoziti na osnovi biološko ustreznih polimerov in nanožič molibdenovih oksidov*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Maja Remškar). [COBISS.SI-ID 68720899]
2. Apparao Gudimalla, *Stabilizacija topoloških defektov v tekočih kristalih s pomočjo kiralnosti in nanodelcev*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Samo Kralj; somentorja Sabu Thomas, Brigita Rožič). [COBISS.SI-ID 97852931]
3. Saša Harkai, *Rekonfigurable mreže nematskih topoloških defektov*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Samo Kralj). [COBISS.SI-ID 87958531]
4. Neelakandan Marath Santhosh, *Plazemsko omogočeno oblikovanje hibridnih ogljikovih nanostruktur za shranjevanje energije*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Uroš Cvelbar; somentor Gregor Filipič). [COBISS.SI-ID 92485635]
5. Urban Mur, *Fotonki načini v anizotropni topološki mehki snovi*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Miha Ravnik). [COBISS.SI-ID 85091075]
6. Marion Antonia van Midden, *Vrstična tunelska mikroskopija koreliranih elektronskih materialov in molekulskih struktur*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2021 (mentor Miha Škarabot; somentor Erik Zupančič). [COBISS.SI-ID 72761603]