

**Hrvatsko fizikalno društvo  
Sekcija za primijenjenu i industrijsku fiziku**



**KNJIGA SAŽETAKA**

**6. radionica Sekcije za  
primijenjenu i industrijsku fiziku  
Hrvatskog fizikalnog društva**



Urednici: Davor Gracin, Krunoslav Juraić

Institut Ruđer Bošković  
Zagreb, 27 i 28. siječnja 2016.



INSTITUT ZA FIZIKU



Europska Unija  
Ulaganje u budućnost

STRUKTURNI I INVESTICIJSKI  
**FONDOVI**  
[www.strukturalfondovi.hr](http://www.strukturalfondovi.hr)

ESF  
EUROPSKI SAVJET  
RASPREDJAVANJE EU PONUĐENIH  
POTPORE  
[www.esf.hr](http://www.esf.hr)

## **Organizacijski odbor**

- Krunoslav Juraić, Institut Ruđer Bošković
- Daniel Meljanac, Institut Ruđer Bošković
- Milivoj Plodinec, Institut Ruđer Bošković
- Mario Rakić, Institut za fiziku

## **Programski odbor**

- Andreja Gajović, Institut Ruđer Bošković
- Davor Gracin, Institut Ruđer Bošković
- Slobodan Milošević, Institut za fiziku
- Milko Jakšić, Institut Ruđer Bošković

## **Uvodna riječ**

Sekcija za primjenjenu i industrijsku fiziku Hrvatskog fizikalnog društva (PIF-HFD, [www.hfd.hr](http://www.hfd.hr)) i ESF projekt Nanostruktura titanijevog dioksida za foto-naponsku ćeliju, profesionalni razvoj mlađih istraživača/poslijedoktoranada, organiziraju 6. radionicu 27. i 28. siječnja 2016. na Institutu Ruđer Bošković, Bijenička 54. Svrha radionice je doprinos afirmaciji fizike u primjeni a očekuje se sudjelovanje kolega iz znanstvene, nastavne djelatnosti, predstavnika industrije i drugih organizacija u kojima rade fizičari ili su im poslovi tematski povezani sa fizikom. Naglasci su na temama:

- energetika (izvori bez emisije CO<sub>2</sub> - solarne ćelije, nuklearna energija)
- senzori
- medicina
- ekologija
- eksperimentalne metode korisne za industriju i malu privredu
- opće teme (uloga fizičara u industriji, finansijski aspekti)

No, radionica je otvorena za sve vrste primjene fizike.

Dr. Davor Gracin, voditelj PIF-HFD-a

## Program skupa

27 i 28. siječnja 2016., predavaona 1 krila, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54,  
Zagreb

### Srijeda, 27. siječnja 2016

10:00 –	Davor Gracin		Uvodna riječ
10:10 –	Ines Krajcar-Bronić	IRB	Određivanje udjela biokomponente u tekućim gorivima metodom $^{14}\text{C}$
10:30 –	Milko Jakšić	IRB	CERIC – Central European Research Infrastructure Consortium
10:50 –	Vida Čadež	IRB	Mikroskopija atomskih sila i njena primjena
11:10 –			Kava
11:25 –	Martina Skenderović Božičević	HNB	Primjena Ramanove spektroskopije i energetsko-disperzivne fluorescencije rendgenskih zraka u forenzičnoj analizi krivotvorenih novčanica
12:00 –	Nikša Krstulović	IF	Laserska sinteza nanočestica u tekućinama i primjena
12:20 –	Vedran Šantak	DZ-Zg	Primjena niskotemperaturne atmosferske plazme u dentalnoj medicine
12:40 –	Marijan Bišćan	IF	Određivanje porijekla uzorka na temelju optičkog spektra
13:00 –			Ručak
14:00 –	Luka Alujević	HEP	Nuklearne elektrane – tehnologija bez emisija CO <sub>2</sub>
14:30 –	Nikola Biliškov	IRB	Materijali za kemijsku pohranu vodika u čvrstom stanju
14:50 –	Stevče Arsovski	TŠ Sisak	3D tvornica budućnosti
15:10 –			Kava
15:25 –	Igor Klarić	KLEX	Iskustva u primjeni 3D aditivne tehnologije SLS (selektivno lasersko srašćivanja) u praksi
15:55 –			Predstavljanje ESF projekta "Nanostrukture titanijevog dioksida za fotonaponsku ćeliju, profesionalni razvoj mladih istraživača/ poslijedoktoranada"
16:15 –	Davor Gracin	IRB	Pozadina istraživačkog dijela projekta – „nano“ u fotonaponskim solarnim ćelijama
16:15 –	Irena Kereković	IRB	TiO <sub>2</sub> nanostrukture kao materijal za solarne ćelije
16:35 –	Krunoslav Juraić	IRB	Raspršenje x-zraka pod malim kutom
16:55 –	Andreja Gajović	IRB	Modifikacija TiO <sub>2</sub> nanocjevčica za primjenu u fotonaponskim ćelijama
17:15 –			

## Četvrtak, 28. siječnja 2016.

10:00 –	Tarzan Legović	IRB	Popovska gaovica: mala riba a veliki problem u Ombli
10:20 –	Jelena Macan	FKIT	Sol-gel postupak – fleksibilna metoda priprave keramičkih materijala
10:40 –	Nikola Brčić	DZIV	Zaštita izuma i pretraživanje patentnih informacija
11:00 –			<b>Kava</b>
11:15 –	Hrvoje Žnidar	RI	Proračunski okvir Europske unije za Hrvatsku 2014-2020
11:45– 12:45			<b>Ručak</b>

# **Sažeci izlaganja**

## **Određivanje udjela biokomponente u tekućim gorivima metodom $^{14}\text{C}$**

Ines Krajcar Bronić

*Institut Ruđer Bošković*

Povišenje koncentracije  $\text{CO}_2$  u atmosferi tijekom 20. stoljeća posljedica je intenzivnog korištenja fosilnih goriva. Smanjenje emisije  $\text{CO}_2$  nastalog izgaranjem fosilnih goriva proizvodnjom energije iz biogenih materijala (biogoriva) danas se stimulira i poreznom politikom. Prema EU direktivi 2009/28/EC, sva tekuća goriva trebaju sadržavati najmanje 10% biogene komponente do 2020. godine pa se javlja potreba kontrole proizvođača i distributera goriva primjenom pouzdane metode određivanja udjela biogene komponente u gorivima. Jedna od metoda za određivanje udjela biogene komponente u smjesi fosilnog i biogoriva je  $^{14}\text{C}$  metoda, koja se zasniva na različitoj koncentraciji izotopa  $^{14}\text{C}$  u pojedinim komponentama smjese: biogoriva odražavaju  $^{14}\text{C}$  aktivnost suvremene atmosfere, dok fosilna goriva ne sadrže  $^{14}\text{C}$ . Za tekuća goriva moguće je primijeniti tehniku direktnog mjerena u tekućinskom scintilacijskom brojaču (LSC) uz dodatak odgovarajućeg scintilatora. Prednosti direktnog mjerena su brza priprema uzorka i niska cijena analize, a nedostaci veća mjerna nesigurnost i problem boje, odnosno "gašenja zbog boje" (colour quenching), što smanjuje efikasnost brojanja. Naime, razne vrste (fosilne) matrice i biogenog aditiva zbog različitog intenziteta obojenja pokazuju različita svojstva gašenja (quenching). Na Institutu Ruđer Bošković razvijamo novu tehniku obrade podataka koja koristi upravo karakteristike gašenja zbog boje za kalibraciju brojača te se može primijeniti za bilo koju smjesu fosilne matrice i biogenog aditiva.

## CERIC – Central European Research Infrastructure Consortium

Milko Jakšić

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb*

CERIC-ERIC je distribuirana mreža znanstveno istraživačke instrumentacije smještene u zemljama centralne Evrope. Punopravne članice su Italija, Češka, Austrija, Rumunjska, Slovenija i Poljska, a formalni ulazak Hrvatske i Mađarske se očekuje uskoro. Od odluke EU iz srpnja 2014. o uspostavi CERIC-ERIC-a sa sjedištem na Elettra sinhrotronu u Trstu, konzorcij je s tehnikama baziranim na izvorima fotona, neutrona, elektrona i iona, otvoren za korisnike iz područja istraživanja materijala, biomaterijala i nanotehnologija. Nakon međunarodnog peer-reviewa, najbolje ocijenjeni projekti dobivaju besplatan pristup vrhunskoj instrumentaciji u partnerskim institucijama. Preporukom ISTAC-a (međunarodnog savjetodavnog odbora) CERIC-ERIC-a, Hrvatsku predstavlja IRB sa svojim akceleratorskim centrom. Ova distribuirana mreža znanstvene instrumentacije je otvorena ne samo znanstvenicima, već i korisnicima iz industrije.

## Mikroskopija atomskih sila i njena primjena

Vida Čadež, Suzana Šegota

*Institut Ruđer Bošković, ZIMO, Bijenička 54, Zagreb*

Mikroskopija atomskih sila i njena primjena Vida Čadež i Suzana Šegota Karakterizacija materijala na nanorazini je izrazito važna u gotovo svim aspektima industrije i znanosti, kako bazičnim tako i primijenjenim, posebice znanostima o materijalima, te biomedicinskim i okolišnim znanostima(1-3). Mikroskop atomskih sila (Atomic Force Microscope, AFM) je uređaj specijaliziran za istraživanje površinskih svojstava uzorka s nanometarskom rezolucijom. Za razliku od ostalih oblika mikroskopije, AFM ne zahtjeva posebnu pripremu uzorka, a samo oslikavanje se odvija u okolišnim uvjetima, ne samo na zraku, već i u tekućinama, što je posebno važno npr. za biološke uzorke (4-6). AFM kao nedestruktivna tehnika generira realne trodimenzionalne slike površine subnanometarske rezolucije raznih materijala, polimera, tekućih kristala, koloida, vezikula, makromolekula, stanica, i sličnog, vodeći računa da uzorak prilikom oslikavanja bude što manje modificiran (7-11). Osim oslikavajućeg, neoslikavajući režim rada mjeri inter- i intramolekularne sile, sile adhezije, elasticitet uzorka i tvrdoću površine. Time je moguće promatrati površinske procese i defekte na nanometarskoj skali, promjene konfiguracije molekula, te odrediti područja s različitim površinskim nabojem ili fazama. Primjena AFM mikroskopije ujedinjuje znanstvenike raznih disciplina, kako u akademskoj zajednici, tako i u industriji.

Reference:

- 1) A. Noy, Springer, 2008.
- 2) S. Amelinckx, D. van Dyck, J. van Landuyt, G. van Tendeloo, VCH, Weinheim, 1997.
- 3) P. C. Braga, D. Ricci, Humana Press, 2004.
- 4) S. Šegota, D. Vojta, G. Pletikapić, G. Baranović, Chemistry and Physics of Lipids 186 (2015)17-29.

- 5) A. Štimac, S. Šegota, M. Dutour Sikirić, R. Ribić, L. Frkanec, V. Svetličić, S. Tomić, B. Vranešić, R. Frkanec. *Biochimica et biophysica acta. Biomembranes* 1818 (2012) 2252-2259.
- 6) I. Sondi, B. Salopek-Sondi, S. Škapin, D. Srećo, S. Šegota, I. Jurina, B. Vukelić.. *Journal of Colloid and Interface Science* 354 (2011) 181-189.
- 7) S. Šegota, L. Ćurković, D. Ljubas, V. Svetličić, I. Fiamengo Houra, N. Tomaši,. *Ceramics International* 37 (2011) 1153-1160.
- 8) L. Ćurković, D. Ljubas, S. Šegota, I. Bačić. *Journal of alloys and compounds* 604 (2014) 309-316.
- 9) K. Mehulić, V. Svetličić, S. Šegota, D. Vojvodić, I. Kovačić, D. Katanec, N. Petričević, D. Glavina, A. Čelebić. *Collegium antropologicum* 34 (2010) 235-238.
- 10) S. Ercegović Ražić, R. Čunko, V. Svetličić, S. Šegota. *Material Technology* 26 (2011) 146-152.
- 11) Z. Hajdaria, H. Otmačić Ćurković, V. Čadež, Suzana Šegota. *Journal of Electrochemical Society*. 163 (2016), 5, C145-C155.

## Primjena Ramanove spektroskopije i EDXRF metode u forenzičnoj analizi krivotvorenih novčanica

Martina Skenderović Božičević

*Hrvatska narodna banka, Trg hrvatskih velikana 3, Zagreb*

U postupku analize krivotvorenih novčanica kao osnovne metode vještačenja danas se koriste vizualne metode analize. Takva vizualna analiza u pojedinim slučajevima dovodi do zaključka da krivotvoreni primjeri potječu iz istog 'izvora' što zapravo podrazumijeva da ih je izradio isti krivotvoritelj ili povezana skupina krivotvoritelja. Međutim, postoje slučajevi u kojima navedene vizualne metode nisu dosta te je stoga u postupak analize krivotvorenih novčanica nužno implementirati znanstveno potkrijepljene i dokazano primjenjive metode za analizu papira i primijenjenih tehnika reprodukcije te njihovu usporedbu. Svrha ovog istraživanja jest istražiti potencijal primjene mikro-Ramanove spektroskopije i energetsko disperzivne fluorescencije rendgenskih zraka (engl. Energy Dispersive X-Ray Fluorescence; EDXRF) kao nedestruktivnih metoda analize krivotvorenih novčanica izrađenih na papirnim podlogama ispisom tonerom, inkjet tintom ili offset-tiskom. Cilj istraživanja jest dokazati da su mikro-Ramanova spektroskopija i EDXRF metoda uspješno primjenjive u analizi krivotvorenih novčanica. Svrha ovog istraživanja jest unapređenje postupka vještačenja krivotvorenih novčanica implementacijom znanstveno utemeljenih metoda analize. Sukladno tome izabrani su uzorci koji odgovaraju najčešćim stvarnim uvjetima analize krivotvorenih novčanica neovisno o valuti i imitiranoj nominalnoj vrijednosti. Snimanja svih uzoraka provedena su na način da je obavljena izdvojena analiza elemenata reprodukcije u plavozelenoj, purpurnoj, žutoj i crnoj boji. Zaključeno je da pojedini papiri posjeduju karakterističan ramanski spektar čije vrpce se opažaju u ramanskim spektrima inkjet tinte, tonera ili offsetnog tiskarskog bojila, snimljenim direktno na papiru bez prethodne pripreme. Ovom metodom moguće je zasebno analizirati ramanski spektar tonera, inkjet tinte ili offsetnog tiskarskog bojila te ih uspoređivati s ramanskim spektrima drugih tonera, inkjet tinti i offsetnih tiskarskih bojila koji su obrađeni na isti način, bez obzira na karakteristike papira na kojima su ispisani. Pobudno zračenje od

---

## 6. radionica sekcije za primijenjenu i industrijsku fiziku HFD-a

---

784.3 nm učinkovitije je u svrhu diskriminacije uzoraka kako ofsetnih tako i uredskih papira, od pobudnog zračenja od 514.5 nm. Pobudnim zračenjem od 514.5 nm moguća je međusobna diskriminacija tonera, inkjet tinta i ofsetnih tiskarskih bojila. EDXRF metodom mjereni su kemijski elementi u uzorcima različitih papira i procesnih boja te je moguća analiza i diskriminacija različitih vrsta papira. Ključne riječi: krivotvorina, toner, tinta, tiskarsko bojilo, papir, Ramanova spektroskopija, EDXRF

## Laserska sinteza nanočestica u tekućinama i primjene

Nikša Krstulović

*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46, Zagreb*

Laserska sinteza nanočestica u tekućinama (metalnih, core-shell, sa funkcionalnim slojevima) nameće se kao alternativna i kompetitivna tehnika dobro razvijenim kemijskim tehnikama. Za razliku od većine kemijskih tehniki, laserska sinteza nanočestica omogućuje dobivanje nanočestica vrlo velike čistoće što je vrlo često zahtjev u mnogim biološkim primjenama i primjenama u sintezi materijala. Naime, konvencionalne kemijske tehniki sinteze nanočestica često daju nanočestice s površinskim nečistoćama kao posljedicom kemijskih reakcija pa je nužno njihovo daljnje pročišćavanje što može biti vrlo složen proces. U laserskoj sintezi nanočestica sudjeluju samo fotoni laserskog pulsa i materijal mete pa je ova tehniku poznata i kao 'green synthesis' tehniku (nema kemijskih nusprodukata). Laserski sintetizirane nanočestice raspršene u tekućem mediju (koloidne otopine) karakteriziraju se spektrofotometrijom, a iz tih rezultata može se zaključiti o veličini, obliku i raspodjeli nanočestica po veličinama, te o stupnju agregiranja. Ovi rezultati potpomognuti su raznim mikroskopijama (AFM, TEM, SEM) što nadalje omogućuje i određivanje mase i koncentracije dobivenih nanočestica u absolutnim jedinicama. S laserski sintetiziranim nanočesticama razvija se jedna od najosjetljivijih tehniki za detekciju molekula o otopinama – površinski potpomognuta Raman spektroskopija (Surface Enhanced Raman Spectroscopy, SERS).

## **Primjena nisko temperaturne atmosferske plazme u dentalnoj medicini**

Vedran Šantak

*Dom zdravlja Zagreb – Centar, Runjaninova 4, 10000 Zagreb, Hrvatska*

Kao dio usne šupljine, zubi predstavljaju jedno od glavnih staništa za preko 700 različitih vrsta mikroorganizma koji žive u simbiozi s ljudskim organizmom. Tvrda zubna tkiva (caklina, dentin i cement) predstavljaju osnovni građevni element zubi te su pod neprestanim utjecajem raznih biokemijskih procesa. Nisko temperaturna atmosferska plazma (NTAP) kao kemijski aktiviran djelomično ionizirani plin od nedavno privlači velik interes u području dentalne medicine. Usprkos sve većem broju istraživanja i dalje postoje otvorena pitanja kako zapravo NTAP utječe na tvrda zubna tkiva, osobito što se tiče osnovnih fizikalnih i kemijskih procesa.

## **Određivanje podrijetla uzorka na temelju optičkog spektra**

Marijan Bišćan

*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46, 10000 Zagreb*

U predavanje će biti riječ o metodi određivanja porijekla starih rimskih novčića upotrebom laserske ablacije. Metoda jest jedna od manje invazivnih, ali ipak ostavlja mikrometarska oštećenja na površini promatranog uzorka. Naime, laserskom ablacijom buši se površina uzorka (novčića) te se stvara plazma čiji optički spektar sadrži informacije o uvjetima proizvodnje. Iz usporedbe spektara (ili njihovih dijelova) može se odrediti dolaze li uzorci iz iste kovnice i istog vremenskog perioda. Također, moguće je pratiti udjele pojedinih plemenitih metala (npr. srebro) kroz povijesna razdoblja.

## Nuklearne elektrane – tehnologija bez emisija CO<sub>2</sub>

Luka Alujević

*HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37*

Nakon što su se prvi nuklearni reaktori upotrebljavali za proizvodnju nuklearnog materijala za oružje, početkom 1950-tih započinje razvoj civilne primjene nuklearne energije. Danas im je primjena puno šira te se, osim za proizvodnju električne i toplinske energije, koriste za pokretanje brodova i podmornica, proizvodnju radioaktivnih izotopa (primjena u medicini, industriji i znanstvenim istraživanjima), desalinizaciju vode, itd. Trenutno je u 30 zemalja svijeta u pogonu 441 komercijalnih nuklearnih reaktora, ukupne instalirane snage preko 382.000 MWe. Što se proizvodnje električne energije tiče, nuklearna je elektrana slična termoelektrani na fosilna goriva. Razlika je, naravno, u proizvodnji toplinske energije koja se u nuklearnoj elektrani dobiva fisijom nuklearnog goriva u reaktoru, a u termoelektrani izgaranjem fosilnog goriva. Postoje različiti tipovi nuklearnih elektrana, od kojih je najčešći lakovodni tlačni reaktor (pressurized water reactor – PWR). Tog tipa je i reaktor u Nuklearnoj elektrani Krško (NEK), čiji je suvlasnik Republika Hrvatska. Trenutno su u razvoju mnogi inovativni projekti nuklearnih elektrana, jedan od kojih su i mali modularni reaktori. Takvi, mali modularni reaktori bi mogli biti veoma zanimljivi za Hrvatsku zbog manje kapitalne investicije, kraćeg vremena gradnje i boljeg uklapanja u postojeći elektroenergetski sustav.

## Materijali za kemijsku pohranu vodika u čvrstom stanju

Nikola Biliškov

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, Zagreb*

Tehnologije temeljene na vodiku razmatraju se kao jedan od najefikasnijih načina pohrane energije. Pritom bi na vodiku temeljeni sustavi za pohranu energije mogli poslužiti kao potpora obnovljivim izvorima. Međutim, konvencionalne metode skladištenja vodika iz niza razloga nisu najbolje rješenje, tako da se kao solucija razvijaju materijali koji mogu kemijski pohraniti vodik u čvrstom stanju. Danas se u tu svrhu razmatraju mnogi kemijski sustavi, koji se ugrubo mogu podijeliti na intersticijske hidride, metalne i kemijske hidride. Poteškoće vezane uz razvoj takvih sustava učinile su tu problematiku jednom od ključnih znanstvenih izazova pri realizaciji široke upotrebe vodika kao nosača energije u bezugljičnoj vodikovoj ekonomiji. Iako je taj problem uglavnom kemijske naravi, pronalazak efikasnih sustava koji zadovoljavaju tehnološke potrebe, zahtijeva interdisciplinarni pristup. Svrha ovog predavanja je predstaviti naše aktivnosti na polju sinteze i karakterizacije novih kemijskih sustava za pohranu vodika u čvrstom stanju.

## 3D tvornica budućnosti

Stevče Arsovski

*Tehnička škola Sisak, Marijana Cvetkovića 2, 44010 Sisak*

Projekt "3D tvornica budućnosti" namjenjen je za edukaciju i stjecanje novih znanja iz područja 3D tehnologije, 3D printerja, robotike i holograma za 22 nastavnika i 30 učenika iz 5 srednjih škola partnera u projektu: Srednja strukovna škola Velika Gorica, Tehnička škola Kutina, Elektrotehnička i prometna škola Osijek, Strukovna škola Vice Vlatkovića Zadar i Tehnička škola Sisak kao nositelj projekta. Glavni rezultat projekta je izrada 5 rovera-robotiziranih vozila po uzoru na program istraživanja svemira. Svaka škola parrner izrađuje svoju verziju rovera ali od istih zadanih elemenata i svaki mora imati različitu namjenu. Školske ekipe trebaju projektirati rover u programu za 3D modeliranje i minimalno 30% dijelova izraditi na 3D printeru. Na ovaj način 5 srednjih škola polako i vrlo malim koracima ulaze u područje svemirskih tehnologija, nove gospodarske grane koja je na samom početku. Projekt u potpunosti financira Europska unija putem Europskog socijalnog fonda sa cca 2.000 000,00 kuna.

## **Iskustva u primjeni 3D aditivne tehnologije SLS (selektivno lasersko srašćivanje) u praksi**

Igor Klarić

*KLEX d.o.o.*

Suvremeni prohtjevi tržišta postavljaju sve oštire zahtjeve na procese razvoja i proizvodnje tvorevina. Osim zahtjeva za povišenjem kvalitete istih kao i razine fleksibilnosti pri razvoju i proizvodnji, istodobno se nameću zahtjevi za sniženjem troškova, a posebice za skraćenjem vremena razvoja i proizvodnje. Dodatni trend, koji je sve uočljiviji na pojedinim segmentima tržišta je napuštanje masovne proizvodnje u korist maloserijske, a vrlo često i pojedinačne(personalizirane) proizvodnje. U cilju udovoljavanja takvim zahtjevima na tržištu, od druge polovice 80-tih godina prošlog stoljeća počeli su se razvijati i primjenjivati suvremeni aditivni postupci proizvodnje tvorevina. Temeljna značajka tih postupaka je dodavanje materijala, najčešće sloj-po-sloj, do izrade čitave tvorevine. Takvo načelo omogućuje pravljenje vrlo komplikirane geometrije koje bi drugim, klasičnim postupcima proizvodnje bilo vrlo teško ili nemoguće načiniti. Dodatna značajka aditivnih postupaka je, da se u načelu tvorevine proizvode izravno na opremi za aditivne postupke na temelju 3D računalnog modela bez potrebe za dodatnim alatima. Danas postoje više aditivnih tehnologija tzv. 3D printa. Prva podjela da imamo printere za nemetale i metale. Za nemetale se u procesu koriste razne tehnologije (laser, male brizgalice, male otapalice) kojima nanosimo materijal sloj po sloj i na taj način gradimo geometriju: SLS (selective laser sintering), FDM, SLA. Za metale su u primjeni za sada dvije tehnologije: laser (SLM – selective laser melting) i elektronski snop (EBM – electronic beam melting). Energija i temperature su ovdje puno više. Ekološki je aditivna tehnologija vrlo prihvatljiva jer se proizvod stvara prema potrebi i u trenutku kada treba. To znači da ne postoji potreba za skladištem i eventualnim viškovima proizvoda koje opet treba reciklirati ako se ne prodaju. Isto tako je energetska bilanca za faktor 5-10 puta povoljnija po jedinici volumena. Sve više govorimo o aditivnoj tehnologiji kojom se 3D print ne koristi samo u svrhu razvoja i izrade prototipa nego se koristi za direktnu proizvodnju u seriji. Za konstruktora se odjednom otvaraju neslućene mogućnosti u oblikovanju

---

## 6. radionica sekcije za primijenjenu i industrijsku fiziku HFD-a

---

proizvoda. Proizvod dobiva na atraktivnosti i konkurentnosti, a isto tako se vrlo lako i brzo može prilagođavati individualno potrebama tržišta, u mnogim slučajevima i pojedinih kupaca. Fa. KLEX d.o.o. od 2009 godine posjeduje svoj vlastiti SLS uređaj. U vremenu do danas uspostavljena je suradnja s preko 200 različitih firmi, inovatora, dizajnera kojima smo nudili print iz usluge, a i sami smo u svojim razvojnim projektima aktivno koristili prednosti te tehnologije. Izrađeno je između 60 i 65 tisuća različitih uzoraka. U svom izlaganju prezentirati će neke od interesantnih projekata kao i praktična iskustva vezana uz SLS tehnologiju: prednosti ali i mane, isplativost investicije, mogućnosti za poboljšanja, buduće trendove.

## "Nano" u fotonaponskim solarnim čelijama

Davor Gracin

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb*

Nanostrukturirani materijali su prisutni u svim djelovima solarne čelije. Za aktivni materijal, kristali nano metarskih dimenzija nude mogućnost modifikacije električnih, optičkih i vibracionih svojstava mijenjanjem geometrijskih dimenzija. U slučaju dimenzija bliskih Bohrovom radiusu, moguće je u radu solarne čelije koristiti višefotonsku generaciju a vrijeme života fotogeneriranih nosioca naboja se može višestruko povećati. Slaganjem više slojeva različitih materijala moguće je realizirati solarne čelije efikasnosti 40- 50% a mogućnost realizacije aktivnog sloja slaganjem nanokristala različitih dimenzija, formiranih kemijskim taloženjem može znatno pojednostaviti masovnu produkciju solarnih čelija. Na predavanju će se ove mogućnosti ilustrirati sa nekoliko karakterističnih primjera. Za čitav niz materijala je difuziona dužina fotogeneriranih nosilaca nanometarskih dimenzija pa je nužno za efikasnu fotonaponsku pretvorbu da je debljina aktivnog sloja nanometarska. Da bi se za takve materijale realizirala zadovoljavajuća apsorpcija, realna površina mora biti znatno veća od nominalne. U tu svrhu se koriste razni nanostrukturirani vodljivi materijali koji osiguravanju veliku površinu na koju se mogu rasporediti čestice aktivnog materijala u vrlo tankom sloju. Jedna od takvih formi su nanocjevčice koje su light motiv aktualnog projekta. Za slučaj da se radi o aktivnom sloju od organskih materijala, fotogenerirani nosioci su ekskitonii koje treba razdvojiti na granci omski kontakt/aktivni sloj. U tom slučaju, materijal kontakta mora imati posebno dizajniran optički procijep koji mora biti veći od onog kod aktivnog materijala da bi se takav proces osigurao. U novije vrijeme se koriste omski kontakti od dva materijala. Jedan osigurava razdvajanje ekscitona a drugi je proziran i dobro vodljiv te sakuplja foto generirani naboj. Na predavanju će se pokazati pojednostavljena šema procesa sa nekoliko karakterističnih primjera. Istraživanja u ovom području zahtjevaju primjene tehnika koje omogućuju analizu nanostruktura kao što su mikroskopija visoke rezolucije, raspršenje x-zraka pod malim upadnim a malim i velikim kutom raspršenja. U električnoj i foto-električnoj karakterizaciji, nužna je kvalitetna analiza

---

## 6. radionica sekcije za primijenjenu i industrijsku fiziku HFD-a

---

procesa generacije i rekombinacije za što se koriste različite tehnike od kojih je posebno zanimljiva impedancijska spektroskopija.

## **TiO<sub>2</sub> nanostrukture kao materijal za solarne čelije**

Irena Kereković

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, HR-10000 Zagreb, Croatia*

TiO<sub>2</sub> kao materijal pokazuje svojstva koja omogućavaju njegovu primjenu u različitim područjima kao što su fotokataliza, solarne čelije, senzori plina, biomedicinske aplikacije i dr. Tipične organske solarne čelije proizvode se na prozirnim supstratima prekrivenim nanostrukturiranim TiO<sub>2</sub>. Hrapavost površine jedan je od ključnih parametara za visoku učinkovitost pa iz tog razloga TiO<sub>2</sub> nanocjevčice nude mnoge prednosti. Titanski filmovi naparavanjem su naneseni na staklene supstrate. Promjenama uvjeta naparavanja dobiveni su filmovi s različitim veličinama kristala. TiO<sub>2</sub> nanostrukture pripremljene su anodnom oksidacijom na Ti podlogama u organskom elektrolitu. Parametri anodizacije (vrijeme, napon, količina dodane vode i amonijevog fluorida), mijenjane su tijekom pripreme TiO<sub>2</sub> nanostruktura. Pripremljeni TiO<sub>2</sub> filmovi bili su amorfni, a kristalizirali su aniliranjem u anatas fazu. Kristaliničnost titanske podloge i veličina kristalita odredene su rendgenskom difrakcijom, a struktura pripremljenog TiO<sub>2</sub> ispitana je Ramanovom spektroskopijom. Skenirajućim elektronskim mikroskopom određena je morfologija dobivenih TiO<sub>2</sub> filmova. Rezultati pokazuju da geometrijski karakteristike i morfologija pripremljenog TiO<sub>2</sub> ovisi o veličini kristalita Ti filma i uvjetima anodizacije.

## Raspršenje X-zraka pod malim kutom

Krunoslav Juraić

*Institut Ruđer Bošković*

Raspršenje X-zraka pod malim kutom (eng. Small Angle X-ray scattering – SAXS) nedestruktivna je analitička metoda osjetljiva na nehomogenosti elektronskoj gustoći materijala. Daje strukturne informacije (veličina, oblik, uređenje) u području veličina od 1nm do nekoliko stotina nanometara usrednjene preko velike površine uzorka. SAXS je prije 20 godina prvi put primjenio Guinier za istraživanje metalnih slitina. Danas se SAXS koristi za strukturnu analizu različitih materijala u sva tri agregatna stanja: bioloških materijala, polimera, koloidnih sustava, metala, nanokompozitni materijala, poroznih materijala, nanočestica, aerosoli, hrane i lijekova. SAXS se standardno koristi u transmisijskom modu, no u situacijama kada transmisijska geometrija nije prihvatljiva (npr. tanki film na neprozirnoj podlozi ili kada je potrebno izolirati informaciju o strukturi površinskog sloja uzorka), tada se SAXS koristi u tzv. "grazing incidence" geometriji (gleda se raspšenje X-zraka sa površine uzorka uz vrlo mali upadni kut). U ovom izlaganju bit će predstavljena SAXS/GISAXS metoda kao i moguće primjene.

## Modifikacija TiO<sub>2</sub> nanocjevčica za primjenu u fotonaponskim čelijama

Milivoj Plodinec<sup>1</sup>, Andreja Gajović<sup>1</sup>, Damir Ivezović<sup>2</sup>, Marc Wilinger<sup>3</sup>, Miran Čeh<sup>4</sup>

*1 Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, HR-1002 Zagreb, Hrvatska*

*2 Prehrambeno biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottieva 2, Zagreb, Hrvatska*

*3 Fritz Haber Institute of Max Planck Society, Faradayweg 4-6, Berlin, Njemačka*

*4 Institute Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana, Slovenija*

TiO<sub>2</sub> nanostrukture su vrlo istraživan materijal tijekom posljednja dva desetljeća i to zbog obećavajućih fizikalnih i kemijskih svojstava, kao što su velika specifična površina, velika foto - aktivnost, strukturalna stabilnost i niski troškovi sinteze. Zbog tih svojstava, TiO<sub>2</sub> nanostrukture mogu se koristiti za fotokatalizatore, u solarnim čelijama, kao senzori, te kao UV zaštitna sredstva u kozmetičkoj industriji i ambalaži. TiO<sub>2</sub> ima relativno velik energijski procjep od 3,2 eV za anatas i 3 eV za rutil, zbog čega apsorbira samo UV spektar Sunčevog zračenje i koristi se kao dio fotoapsorbera u fotonaponskim čelijama na bazi boje i u perovskitnim solarnim čelijama. Kako bi se foto-aktivnost TiO<sub>2</sub> nanostruktura proširila na vidljivo i blisko IR područje ključni parametar je optimizacija energijskog procjepa. Optimizacija energijskog procjepa se može postići modifikacijom površine nanostruktura. Ovo istraživanje je usmjereni na modifikaciju površine TiO<sub>2</sub> nanocjevčica grijanjem u reduktivnoj atmosferi, te Ag i Cu nanočesticama. Nizovi TiO<sub>2</sub> nanocjevčica („TiO<sub>2</sub> nanotubes array“) su dobiveni anodizacijom titanskih folija, a funkcionalizacija se odvijala primjenom različitih metoda kao što je foto-redukcija pod UV svjetлом, hidroermalno procesiranje i sl, te termičkom obradom na visokoj temperaturi u atmosferi vodika. Za struktturnu karakterizaciju titanatnih nanocjevčica koristila se mikro-Ramanova spektroskopija, skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM), transmisijska elektronska mikroskopija (TEM), skenirajuća transmisijska elektronska mikroskopija tamnog polja pod velikim kutovima HAADF STEM. UV-Vis-NIR spektroskopijom se proučavala fotoapsorpcija za pojedine uzorke. Biti će pokazani različiti načini modifikacije TiO<sub>2</sub> nanocjevčica bilo žarenjem u reduktivnoj atmosferi, bilo funkcionalizacijom sa Ag,

---

## 6. radionica sekcije za primijenjenu i industrijsku fiziku HFD-a

---

Cu ili BaTiO<sub>3</sub> nanočesticama te utjecaj na njihovu strukturu, morfologiju, a u pojedinim slučajevima i na UV-VIS-NIR apsorpciju.

## **Popovska gaovica: mala riba a veliki problem u Omble**

Tarzan Legović

*IRB, Zavod za istraživanje mora i okoliša*

U ušću rijeke Omble kraj Dubrovnika, HEP već 30 godina planira graditi podzemnu hidroelektranu. Nedavno je u ušću nađena populacija Popovske gaovice a državna Uprava za zaštitu prirode je zaštitila tu populaciju u ušću Omble. Uprava je također odbila Glavnu ocjenu za zaštitu prirode HEP-u za gradnju hidroelektrane i dala zadatak HEP-u odrediti dotok Popovske gaovice u ušće. Dotok vode se odvija preko nepoznatog broja podzemnih otvora, pa je dotok gaovica nemoguće odrediti iz mjerjenja. U predavanju ćemo odgovoriti na slijedeća pitanja:

- 1) Koliki je dotok gaovica u ušće?
- 2) Da li je ušće stanište gaovice?
- 3) Da li će hidroelektrana povećati ili smanjiti populaciju gaovica u ušću?

## Sol-gel postupak – fleksibilna metoda priprave keramičkih materijala

Jelena Macan

*Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije*

Sol-gel postupak omogućava nastajanje vrlo čiste i homogene anorganske faze (metalnih oksida) pri niskim temperaturama, u pravilu ispod 100°C. Prvi korak je priprava stabilnog sola, tj. koloidne suspenzije anorganskih čestica, hidrolizom odgovarajućih organometalnih spojeva (alkoksida) ili soli. Daljim reakcijama hidrolize i kondenzacije koloidne čestice rastu i spajaju se u trodimenzijsku mrežu, pri čemu nastaje dvofazni gel, koji sadrži otapalo zarobljeno u čvrstoj matici. Sušenjem gela nastaje kserogel, amorfni prašak koji žarenjem na višim temperaturama prelazi u čisti metalni oksid i kristalizira na temperaturama i po nekoliko stotina stupnjeva nižim od klasičnih postupaka priprave keramike. Kako se polazni spojevi za sol-gel postupak mogu pročistiti uhodanim postupcima kemijske industrije, pripravljena keramika je vrlo čista, bez dodatnih primjesa elemenata prisutnih u rudama. Sol je pogodan za nanošenje tankih keramičkih prevlaka na sve vrste podloga, a uz podešavanje viskoznosti mogu se izvlačiti i keramička vlakna. Sušenjem u nadkritičnim uvjetima iz gela se može dobiti aerogel, materijal vrlo visoke poroznosti (do 99 %). U izlaganju će se predstaviti vlastita iskustva u pripremi guste i porozne keramike te tankih prevlaka na osnovi  $ZrTiO_4$  i  $ZrO_2\text{-}Y_2O_3$ , te sadašnja istraživanja priprave nanostrukturiranog  $ZnO$ .

## Zaštita izuma i pretraživanje patentnih informacija

Nikola Brčić

*Državni zavod za intelektualno vlasništvo*

Izlaganjem se nastoje objasniti:

1. osnovni pojmovi intelektualnog vlasništva
2. proces zaštite izuma
3. prava i obveze patentne zaštite
4. upoznavanje sa bazama podataka i alatima za pretragu stanja tehnike

## **Proračunski okvir Europske unije za Hrvatsku 2014-2020**

Hrvoje Žnidar

*Ruđer Inovacije d.o.o. Bijenička cesta 54, Zagreb*

Partnerski sporazum za Hrvatsku 2014.-2020. donosi načela Europskog Strateškog Programa za razdoblje do 2020. godine na nacionalni teritorij (definirajući teritorijalne, ekološke, socijalne i ekonomske razvojne politike koje će potaknuti rast i otvaranje novih radnih mesta u Hrvatskoj tijekom sljedećih godina). Partnerski sporazum definira intervencije i investicije, te prioritete financiranja koji su potrebni za postizanje pametnog, održivog i uključivog rasta, strateškog cilja Europa 2020 programa. Hrvatska je podijeljena na dvije regije (kontinentalna i Jadranska) te se obje smatraju slabije razvijenim s obzirom da je njihov GDP manji od 75% GDP preostalih 27 država članica. Imajući to na umu, najmanje 50% investicija je usmjereni na potporu inovacijama i istraživanju, informacijskome programu, malim i srednjim velikim tvrtkama te će najmanje 12% sredstava biti usmjereni na potporu ekonomiji sa niskom razinom ugljika. Pet je glavnih Fondova koji zajedno podržavaju gospodarski razvoj u svim zemljama Europske unije u skladu s ciljevima strategije Europa 2020. Sve regije Europske Unije mogu koristiti sredstva dostupna iz Europskog fonda za regionalni razvoj i Europskog socijalnog fonda. Međutim, samo slabije razvijene regije mogu dobiti podršku iz Kohezijskog fonda, što je slučaj Hrvatske.

## Abecedni popis predavača

Andreja Gajović.....	25
Hrvoje Žnidar.....	30
Igor Klarić.....	19
Ines Krajcar Bronić.....	7
Irena Kereković.....	23
Jelena Macan.....	28
Krunoslav Juraić.....	24
Luka Alujević.....	16
Marijan Bišćan.....	15
Martina Skenderović Božičević.....	11
Milivoj Plodinec.....	25
Milko Jakšić.....	8
Nikola Biliškov.....	17
Nikola Brčić.....	29
Nikša Krstulović.....	13
Suzana Šegota.....	9
Tarzan Legović.....	27
Vedran Šantak.....	14
Vida Čadež.....	9