

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



**KNJIGA SAŽETAKA**

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



Urednici: Davor Gracin, Krunoslav Juraić

Institut Ruđer Bošković  
Zagreb, 10. i 11. svibnja 2017.



## **Organizacijski odbor**

- Krunoslav Juraić, Institut Ruđer Bošković
- Daniel Meljanac, Institut Ruđer Bošković
- Davor Gracin, Institut Ruđer Bošković
- Nikša Krstulović, Institut za fiziku

## **Programski odbor**

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

# Uvodna riječ

Sekcija za primjenjenu i industrijsku fiziku Hrvatskog fizikalnog društva (PIF-HFD, [www.hfd.hr](http://www.hfd.hr)), organizira 7. radionicu 10. i 11. svibnja 2017. 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, led rasvjeta)
- medicina
- ekologija
- eksperimentalne metode korisne za industriju i malu privredu
- opće teme (uloga fizičara u industriji, financijski aspekti)

No, radionica je otvorena za sve vrste primjene fizike.

Dr. Davor Gracin, voditelj PIF-HFD-a

# Program skupa

10. i 11. svibnja 2017, predavaona I krila, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb

<b>Srijeda, 10. svibnja 2017</b>			
10:00			
–	Davor		Uvodna riječ
10:10	Gracin		
10:10	Davor	IRB	Organske fotonaponske ćelije – solarne ćelije koje rade kemičari
–	Gracin		
10:30			
10:30	Andreja	IRB	Nano-materijali za perovskitne fotonaponske ćelije
–	Gajovići		
11:00			
<b>11:00</b>			
–		<b>Kava</b>	
<b>11:15</b>			
11:15	Branko	IRB	Suvremeni izvori svjetla
–	Šantić		
11:45			
11:45	Daniel	IRB	Utjecaj termičkog tretmana na strukturna, optička i električna svojstva tankih filmova AZO pripremljenih magnetronskim rasprašenjem
–	Meljanac		
12:05			
<b>12:05 -</b>		<b>Kava</b>	
<b>12:20</b>			
12:20-	Vesna		Razlaganje metalnih čestica pomoću električnog polja i
12:50	Janicki		moгуće primjene
<b>12:50</b>			
–		<b>Ručak</b>	
<b>14:00</b>			
14:00	Jasmina	IRB	Razvoj metode za određivanje klora u sirovoj nafti
–	Obhodaš		upotrebom brzih neutrona
14:30			
14:30	Sanja		
–	Rendić-	MIN.	Povećanje razvoja proizvoda i usluga koji proizlaze iz
15:00	Miočević	GOSP.	aktivnosti istraživanja I razvoja (IRI)
–	Linda		
15:00	Kasalo-		
–	Malić		
15:00			
–		Okrugli stol	
15:30			

## Četvrtak, 11. svibanj 2017.

14:30	Tarzan	IRB	Koliko turista smije ući u zaštićeno područje prirode?
–	Legović		
15:00	Nikola	IRB	Materijali za pohranu vodika u čvrstom stanju - novosti i perspektive
15:00-15:30	Biliškov		
<b>15:30</b>			
–			<b>Kava</b>
<b>15:45</b>			
15:45	Vlasta	IRB	Ispitivanje površinski pojačanog Ramanovog raspršenja na slicijevim nanožicama
–	Mohaček		
16:05	Stevče	TŠ Sisak	Školski projekt-bionička ruka
–	Arsoski		
16:25			

# **Sažeci izlaganja**

# **Organske fotonaponske ćelije – solarne ćelije koje rade kemičari**

Gracin Davor

*Ruđer Bosković Institut, Bijenička c. 54, 10000, Zagreb*

Sa sadašnjim poznavanjem tehnologije izrade fotonaponskih ćelija, načina njihovog funkcioniranja i svojstava materijala, izgleda da će još niz godina dominantan udio u proizvodnji komercijalnih ćelija imati one koje se baziraju na kristalnom siliciju. Sa druge strane, u razvojnim istraživanjima dominiraju tankoslojne strukture a posebno intenzivno se ispituje mogućnost upotrebe organskih materijala uz korištenje kemijskih postupaka formiranja. Ideja koja pokreće ovakvo usmjerenje je nastojanje da se formiranje fotonaponskih ćelije učini jednostavnijim i jeftinijim t.j. da se izbjegnu složeni postupci vezani za klasičnu poluvodičku tehnologiju.

U predavanju će se dati osnovni princip rada organske ćelije i osnovni zahtjevi kod njenog dizajniranja. Navest će se nekoliko karakterističnih modela organskih solarnih ćelija, pokazati trenutni doseg i probleme koji se pojavljuju u dizajniranju te neke ideje o načinu na koji se pokušavaju ti problemi riješiti. Navest će se i nekoliko ideja na koji način bi se organske ćelije mogle u bliskoj budućnosti komercijalizirati.

# **Nano-materijali za perovskitne fotonaponske ćelije**

Andreja Gajović

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000, Zagreb*

U uvodnom dijelu će se govoriti općenito o fotonaponskim ćelijama, te će biti opisani osnovni principima rada perovskitne fotonaponske ćelije. Objasnit će se i motivacija za istraživanje nano-struktura za perovskitne fotonaponske ćelije. U drugom dijelu predavanja biti će naglasak na nano-strukturirane materijale za perovskitne fotonaponske ćelije koje razvijamo u našem laboratoriju. Biti će riječi o metodama sinteze te instrumentaciji za strukturnu karakterizaciju na nano-skali, te mjerenje optičkih i električkih svojstava. Opisat će se dobiveni slojevi u perovskitnoj fotonaponskoj ćeliji te postupak i rezultati na dobivenim konačnim fotonaponskim ćelijama. Povezat će se optička i električna svojstva pripremljenih nano-materijala (i konačne ćelije) sa strukturom na mikro i nano-skali.



# Suvremeni izvori svjetla

Branko Šantić

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000, Zagreb*

Svijetlost smo tisućama godina dobivali pomoću vrućih izvora, kao što su plamen ili žarna nit. Početkom 20.stoljeća pojavljuju se fluorescentni izvori (tzv. 'cijevi') kao prvi hladni izvori svjetla. Pedesetak godina kasnije, pojavljuju se i svjetleće diode (LED), prvo crvene, a nedugo potom i žute i zelene. Potom se još nekoliko desetljeća čekalo na plave i bijele LED diode. Kao rezultat dugotrajnog razvoja, dobivene su bijele LED diode koje svjetlosnim intenzitetom i energetsom efikasnošću nadmašuju do sada poznate izvore svjetla. Danas LED izvore svjetla susrećemo posvuda oko nas, npr. u zaslonima mobitela i elektroničkih uređaja. Koristimo ih kao tzv. LED 'žarulje' za rasvjetu u automobilima te u radnim i stambenim prostorima. U dodatku, na fenomenološki način će biti objašnjena razlika između laserskih i 'običnih' svjetlećih dioda, odnosno između koherentnih i nekoherentnih izvora svjetla.

# **Utjecaj termičkog tretmana na strukturna, optička i električna svojstva tankih filmova AZO pripremljenih magnetronskim rasprašenjem**

Daniel Meljanac

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Hrvatska*

Istraživan je utjecaj termičkog tretmana u vodikovoj atmosferi na strukturna, optička i električna svojstva tankih filmova Al-dopiranog ZnO (AZO), pripremljenih DC magnetronskim rasprašenjem. Nakon depozicije na podlozi od kvarca, uzorci su zagrijavani tijekom jednog sata u vodikovoj atmosferi na temperaturama od 200, 300 i 400 °C. Utjecaj takvog tretmana na strukturna svojstva analiziran je GIXRD-om i koreliran sa mjerenjem UV-Vis, fotoluminiscencijom i impedancijskom spektroskopijom. Proučavano je poboljšanje vodljivosti i uloga točkastih defekata u vodljivosti AZO filmova. Strukturna ispitivanja su pokazala da ovakvim tretmanom dolazi do smanjenja naprezanja u materijalu, da se volumen kristalne rešetke smanjuje i da veličina kristala raste. Mjerenjem optičkih svojstava, pokazano je da se grijanjem povećava optički procijep i anuliraju defekti vezani za intersticijske atome. Povećanje optičkog provijepa u skladu je sa povećanjem vodljivosti, ako dominantni doprinos dolazi od povećanja koncentracije slobodnih nosilaca naboja, budući da ovi elektroni zauzimaju najniže energijske nivoe u vodljivoj vrpici. Ovakav termički tretman smanjuje broj točkastih defekata i može promijeniti vodljivost sloja za gotovo 9 redova veličine. Povećanje vodljivosti je posljedica povećanja mobilnosti i koncentracije slobodnih nosilaca naboja zbog smanjenja broja defekata i aktivacije dopanada koji djeluju kao plitki donori. Pri tome su najvjerojatniji proces difuzije intersticijskih atoma, uz anihilaciju vakancija i pasivizacija defekata na granicama zrna.

# **Razlaganje metalnih čestica pomoću električnog polja i moguće primjene**

Vesna Janicki

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Hrvatska*

Proces razlaganja pomoću električnog polja (EFAD) je relativno jednostavna metoda kojom se može postići preslikavanje strukture s vodljive elektrode na površinski sloj metalnih čestica u dielektriku. U predavanju će biti opisano što je potrebno za EFAD, kako ga se može koristiti za strukturiranje, dopiranje i dobivanje poroznih podloga i slojeva.

# Razvoj metode za određivanje klora u sirovoj nafti upotrebom brzih neutrona

Jasmina Obhodaš<sup>1</sup>, Davorin Sudac<sup>1</sup>, Meric Ilker<sup>1,3</sup>, Hao Ping Chang<sup>1,2</sup>,  
Karlo Nađ<sup>1</sup>, Robin P. Gardner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ruđer Bosković Institut, Bijenička c. 54, 10000, Zagreb*

<sup>2</sup>*Center for Engineering Applications of Radioisotopes (CEAR), North Carolina State  
University, Raleigh, NC 27695-7909, United States*

<sup>3</sup>*Department of Electrical Engineering, Western Norway University of Applied Sciences,*

Jedan od glavnih problema naftne industrije je reduciranje sadržaja soli u sirovoj nafti na prihvatljivu razinu. Monitoriranje sadržaja soli u sirovoj nafti važno je za cijeli proizvodni sustav naftne industrije, od prijevoza do prerade. Međutim, razvoj sigurnih i pouzdanih metoda za linijsko, sustavno praćenje količine soli u sirovoj nafti koje bi zamijenile dugotrajne laboratorijske analize još uvijek predstavlja izazov. Ovdje prikazujemo metodu za praćenje koncentracije klora u sirovoj nafti baziranoj na neutronske aktivaciji koju smo razvili na Institutu Ruđer Bošković unutar Newfelpro programa. Korišten je pulsni generator neutrona koji pomoću deuterium-tritium (DT) nuklearne reakcije proizvodi 14 MeV neutrone. Eksperimentalni postav prethodno je optimiziran pomoću Monte Carlo simulacija za što su korišteni „Monte Carlo N-Particle Transport“ kod (MCNP) u kombinaciji s kodom „Center for Engineering Application of Radioisotopes Detector Response Function“ (CEARDRF), i „Center for Engineering Application of Radioisotopes Coincidence Prompt Gamma-Ray“ kod (CEARCPG). Minimalna granica detekcije klora dobivenog ovim istraživanjem bila je 71 mg/l za vrijeme integracije od 30 minuta. To pokazuje da je moguće koristiti prijenosni 14 MeV pulsni generator neutrona za linijsko sustavno praćenje klora u sirovoj nafti. Predložena su poboljšanja za smanjenje minimalne granice detekcije klora.

# **Koliko turista smije ući u zaštićeno područje prirode?**

Tarzan Legović

*Institut R. Bošković, Bijenička c. 54, 10000, Zagreb*

Nacionalni parkovi, parkovi prirode i druga zaštićena područja prirode, osim svoje primarne funkcije zaštite prirode, otvoreni su i za posjet turista. Međutim turisti svojom pojavom ugrožavaju zaštitu. Stoga je Wagar 1964 g. predložio izračunavanje kapaciteta zaštićenog područja za prihvata turista. 1978 g. je u SAD donešen prvi zakon kojim izračun kapaciteta postaje obvezatan za sva zaštićena područja prirode. Od tada je objavljeno na tisuće znanstvenih radova o tome što bi trebalo uzeti u obzir prilikom toga izračuna, međutim nije nađena ni jedna formula, odnosno kvantitativna metoda, kojom bi se to učinilo. Prvi pokušaj nalaženja metode i izračuna je napravljen za park prirode Telašćica (Legović, 2008). Nacionalni park Krka je prvi nacionalni park za koji je napravljen početni izračun (Legović, 2012). Očekuje se da će izračun iznjedriti nove načine upravljanja zaštićenim područjima prirode.

# **Materijali za pohranu vodika u čvrstom stanju - novosti i perspektive**

Nikola Biliškov

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000, Zagreb*

Vodik se kroz zadnjih nekoliko desetljeća razmatra kao efikasan nosilac energije, koji bi unaprijedio efikasnost obnovljivih izvora energije. No, konvencionalnom pohranom vodika u plinskoj i tekućoj fazi osigurava se samo vrlo ograničeni sadržaj energije. Zato se razvija koncept kemisorpcijske pohrane u kondenziranoj materiji kao najefikasniji način pohrane vodika. Iz tehnološkog kuta, efikasan materijal za pohranu vodika treba zadovoljiti cijeli niz zahtjeva: velik kapacitet vodika, brzu kinetiku otpuštanja i primanja vodika, laku aktivaciju, minimalno propadanje tijekom cikličke sorpcije, dostupnost sirovina, sigurnost i nisku cijenu. Poteškoće povezane s razvojem tih sustava učinile su tu problematiku jednom od ključnih suvremenih znanstvenih i tehnoloških izazova pri realizaciji široke upotrebe vodika kao nosača energije u bezugljičnoj „vodikovojoj ekonomiji“. Iako je taj problem uglavnom kemijske naravi, pronalazak efikasnih sustava, koji zadovoljavaju sve zacrtane tehnološke potrebe, zahtijeva interdisciplinarni pristup. Sigurno je da bi takav proboj imao dalekosežan utjecaj na industriju, a posredno i na društvo u cjelini. Predavač će dati pregled dosadašnjih istraživanja na tom polju, koja se provode u Laboratoriju za kemiju čvrstog stanja i kompleksnih spojeva Instituta Ruđer Bošković u kontekstu međunarodnih trendova na tom polju, uz naročit naglasak na najnovije rezultate i perspektive.

# **Ispitivanje površinski pojačanog Ramanovog raspršenja na silicijevim nanožicama**

Vlasta Mohaček Grošev, Hrvoje Gebavi

*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb*

Suvremene metode dijagnostike obuhvaćaju korištenje izuzetno malih količina uzoraka, u kojima se pak žele detektirati sve niže koncentracije analita. Površinski pojačano Ramanovo raspršenje je metoda kojom se detektiraju koncentracije poput  $10^{-5}$  mola/L i niže tako da se zabilježe Ramanovi spektri molekula vezanih uz supstrat. Njihove vibracije bivaju pojačane električnim poljem koje laserski snop proizvodi u podlozi ukoliko je zadovoljeno nekoliko uvjeta među kojima je i zahtjev da karakteristična udaljenost istaknutih metalnih oblika bude približno 50 nm. Pokazat ćemo uspješnost pripremljenih supstrata na primjeru  $10^{-5}$  molarnih koncentracija adenina, te  $10^{-4}$  i  $10^{-5}$  molarnih koncentracija merkaptobenzojeve kiseline na silicijevim nanožicama naparenih srebrom.

# Školski projekt-bionička ruka

Stevče Arsoški

*Tehnička škola Sisak*

Školski projekt - bionička ruka zamišljen je kao mali istraživački projekt u kojem učenici trebaju steći osnovna znanja i sposobnosti iz područja 3D projektiranja, 3D printanja, projektiranja i programiranje elektroničkih sklopova. Projekt će ići u dva smjera jedan je razvoj bioničke ruke za hendikepirane osobe, a drugi za razvoj humanoidnih robota. U prvoj godini planirana je priprema i izrada svih elemenata na 3D printeru, a u drugoj fazi ugradnja elektronike i programiranje samo jedne funkcije "uhvatiti čašu". Projekt će se razvijati 2 godine, a planirani kompletni završetak je u lipnju 2018.



## **Popis predavača**

Andreja Gajović, 8  
Branko Šantić, 9  
Daniel Meljanac, 10  
Gracin Davor, 7  
Jasmina Obhodaš, 12

Nikola Biliškov, 14  
Stevče Arsoški, 16  
Tarzan Legović, 13  
Vesna Janicki, 11  
Vlasta Mohaček Grošev, 15