

# **Doc. dr. sc. Emil Tafra – Životopis**

## ***osobni podaci:***

- 
- 
- 

## ***obrazovanje:***

- pohađao osnovnu školu „Duško Mrduljaš“ i III. gimnaziju u Splitu
- 2001. godine diplomirao studij fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu
- 2009. godine doktorirao na poslijediplomskom studiju prirodnih znanosti, polje fizika, smjer fizika čvrstog stanja, pri Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu s tezom: „Utjecaj promjene dimenzionalnosti na elektronska svojstva organskih i anorganskih materijala“

## ***izbori u zvanja:***

- Znanstveno zvanje znanstveni suradnik – studeni 2012. g.
- Znanstveno-nastavno zvanje docent – svibanj 2013. g.

## ***zaposlenje:***

- 2013. - : docent na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (FO-PMF)
- 2010. – 2011.: postdoktorski istraživač na institutu Paul Scherrer u Švicarskoj
- 2009. – 2013.: viši asistent na FO-PMF (na dopustu 2010. – 2011.)
- 2002. – 2009.: znanstveni novak FO-PMF

## ***znanstveno usavršavanje:***

- veljača 2014. - ožujak 2014. te rujan 2014. - listopad 2014. - : gostujući znanstvenik na 1. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Njemačka (ukupno 2 mjeseca)
- travanj 2010. – ožujak 2011.: postdoktorski istraživač na institutu Paul Scherrer u Švicarskoj (ukupno godinu dana)

**vođenje i koordinacija projekata:**

- 2018. – 2020.: su-koordinator infrastrukturnog projekta „Centar za Napredna Istraživanja Naprednih Materijala - CeNIKS“ FO-PMF, sufinanciranog od Europskog fonda za regionalni razvoj, u fazi provedbe projekta
- 2015. – 2017.: su-koordinator infrastrukturnog projekta „Centar za Napredna Istraživanja Naprednih Materijala - CeNIKS“ FO-PMF, u fazi pripreme za Ograničeni poziv „Ulaganje u organizacijsku reformu i infrastrukturu u sektoru istraživanja, razvoja i inovacija“

**sudjelovanje na projektima:**

- 2017. - 2021.: *Kolektivni učinci, tuneliranje i topološki transport u novim nanospojevima*; voditelj: Doc. dr. sc. Danko Radić, FO-PMF, istraživački projekt Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ IP-2016-06-2289)
- 2014. – 2018.: *Jako korelirani elektroni u slojevitim organicima i manganitima: nisko-frekventna pobuđenja i nelinearna dinamika*; voditelj: dr. sc. Silvia Tomić, Institut za fiziku, Zagreb; istraživački projekt Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ IP-2013-11-1011)
- 2013. – 2014.: *Potpis Diracovih elektrona u BEDT-TTF solima pod tlakom*; voditelji: dr. sc. Silvia Tomić, Institut za fiziku, Zagreb, prof. dr. Martin Dressel, 1. Physikalisches Institut Universität Stuttgart; MZOS-DAAD hrvatsko-njemački kolaboracijski projekt
- 2013. – 2014.: *Injection, détection et manipulation de spin dans un gaz bidimensionnel d'oxyde*; , CNRS/Thales, Palaiseau, Francuska; PHC-France-Croatia COGITO Program
- 2010. – 2011.: *SwissFEL project*, Nanoscale Spin Dynamics Group;
- 2009. – 2010.: *Hétérostructures d'Oxydes Multifonctionnels à Mobilité Elevée pour la Spintronique*; v Physique CNRS/Thales, Palaiseau, Francuska; PHC-France-Croatia COGITO Program
- 2007. - 2014: *Sustavi s prostornim i dimenzijskim ograničenjima: korelacije i spinski efekti*; voditelj: FO-PMF; projekt Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta (MZOS)

- 2005. – 2006.: *Renversement d'aimantation et excitations magnétiques dans de nouveaux dispositifs d'électronique de spin;*  
Unité Mixte de Physique CNRS/Thales, Palaiseau, Francuska; France-Croatia COGITO Program
- 2002. – 2006.: *Kolektivna svojstva kondenzata smanjene dimenzionalnosti;* FO-PMF; projekt MZOS-a

***znanstvena postignuća:***

- koautor 26 članaka u znanstvenim časopisima (ukupno citata  $\geq 759$ , ukupan IF: 75.615, h-indeks: 11), 8 od izbora u znanstveno-nastavno zvanje docent, 2 od reizbora u znanstveno-nastavno zvanje docent 2018. g.
- koautor 52 sažetaka u zbornicima radova, sudjelovao na znanstvenim skupovima: 7 puta s posterom i 4 puta s predavanjem (2 pozvana predavanje), od toga 5 međunarodnih znanstvenih skupova (br. 1., 3., 4., 7. i 9. s popisa sudjelovanja na konferencijama) i 6 domaćih znanstvenih skupova (br. 2., 5., 6., 8., 10. i 11. s popisa sudjelovanja na konferencijama)
- održao 3 seminara na institucijama
- recenzirao znanstvene članke za časopise *New Journal of Physics*, *Journal of Physics: Condensed Matter* i *Journal of Physics D: Applied Physics* (svi IOP Publishing, Ujedinjeno Kraljevstvo), *Journal of Alloys and Compounds* (Elsevier, Nizozemska)
- kratki opis znanstvenih postignuća:
  - Istraživanja magnetotransportnih svojstava (otpornosti, magnetootpora i Hallovog efekta) slojevitih organika, kvazi-jednodimenzionalnih kuprata, heterostruktura baziranih na  $\text{SrTiO}_3$  substratu, supravodiča  $\text{RuSr}_2\text{GdCu}_2\text{O}_8$ , Hf-Fe i Hf-Cu metalnih stakala, polumetalnih Heuslerovih slitina  $\text{Co}_2\text{Ti}_x\text{V}_{1-x}\text{Sn}$ , te manganita:
  - U slučaju kvazi-jednodimenzionalnih organika  $(\text{TMTSF})_2\text{ReO}_4$ ,  $(\text{TMTTF})_2\text{AsF}_6$ , dobiveni rezultati magnetotransportnih mjerjenja analizirani su u okviru teorija Fermijeve i Luttingerove tekućine, te su pokazali su da postoji  $2D \rightarrow 1D$  prijelaz unutar unificiranog faznog dijagrama, pri prijelazu iz  $(\text{TMTSF})_2X$  serije u  $(\text{TMTTF})_2X$  seriju (radovi 20. i 25). Kod spoja TTF-TCNQ sva tri fazna

- prijelaza su identificirana iz temperaturne ovisnosti Hallovog efekta, te je pokazana važnost izbora geometrije za precizna transportna mjerjenja kod jako anizotropnih sustava (rad 9.).
- Za kvazi-1D kuprate sastava  $\text{Sr}_{14-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_{24}\text{O}_{41}$  je utvrđeno da je vrlo mala promjena u broju nosioca naboja na ljestvicama odgovorna za značajnu promjenu u otpornosti (od izolatorske do metalne) kako se povećava udio Ca. Uz to se za sastav  $x = 11.5$  opaža kvalitativna sličnost s dvodimenzionalnim supravodljivim kupratima, unatoč tome što je unutar ravnina ljestvica prisutna značajna anizotropija za razliku od gotovo izotropnih  $\text{CuO}_2$  ravnina (radovi 12. i 15.).
  - U slučaju heterostruktura baziranih na  $\text{SrTiO}_3$  substratu ( $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{Co-(La,Sr)TiO}_3/\text{SrTiO}_3$  i  $\text{SrTiO}_3$  bombardiran ionima) pokazano je da se sloj s velikom pokretljivošću elektrona proteže duboko u  $\text{SrTiO}_3$  substrat, dokazano da je taj sloj trodimenzionalan i utvrđeno je da prilikom rasta tankog filma  $\text{LaAlO}_3$  nastaju kisikove vakancije, koje djeluju kao donor vrlo pokretljivih elektrona i procesom difuzije dospijevaju duboko u substrat (radovi 13, 17. i 21.). Kod  $\text{SrTiO}_3$  bombardiranog ionima pokazano je da bombardiranje površine  $\text{SrTiO}_3$  ionima argona stvara plin visoko pokretljivih elektrona, koji nije ograničen samo uz površinu, već se proteže dublje u  $\text{SrTiO}_3$  (radovi 10. i 11.).
  - Za visokotemperaturni supravodič  $\text{RuSr}_2\text{GdCu}_2\text{O}_8$  komplementarnim mjernjima mikrovalnih i magnetotransportnih svojstava pokazana je koegzistencija supravodljivosti i magnetizma na međusobno odvojenim  $\text{CuO}_2$  i  $\text{RuO}_2$  ravninama, te utjecaj dopiranosti kositrom i lantanom na magnetska i supravodljiva svojstva (radovi 16., 18., 26.).
  - Na Hf-Fe i Hf-Cu metalnim staklima provedena je prva sistematska studija temperaturne ovisnosti električne otpornosti, kojom je otkriveno da su svi proučavani uzorci supravodljivi na niskim temperaturama. Pokazano je da temperatura supravodljivog prijelaza, kao i 'obučena' (*dressed*) gustoća elektronskih stanja opada s porastom udjela Fe i Cu, što je stavljeno u kontekst s drugim metalnim staklima (rad 14.)

- o Kod organika  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Hg(SCN)<sub>2</sub>Cl istraživana je ovisnost otpornosti primjerenom hidrostatskom tlaku, čime je izmjerena ovisnost temperature prijelaza u stanje uređenja naboja o tlaku, te time preciznije određen fazni dijagram  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Hg(SCN)<sub>2</sub>Cl u području niskih temperatura (rad 5.)
- o Istraživana su magnetotransportna svojstva niza organika:  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>,  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub>,  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub> i  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>B(CN)<sub>4</sub>. Iz rezultata mjerjenja za  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub> zaključeno je da na nižim temperaturama otpornost slijedi režim 2D Mottovog preskoka promjenjivog dosega, što također potvrđuje i temperaturna ovisnost Hallovog koeficijenta i pokretljivosti. Hallov koeficijent ne pokazuje anomalije u istraživanom temperaturnom području, a magnetootpor na fiksnim temperaturama pokazuje kvadratičnu ovisnost o magnetskom polju. Također je predloženo i moguće porijeklo nereda u ovom sistemu. Nadalje je detaljno istražena temperaturna ovisnost otpornosti i Hallovog efekta u  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub> i  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>B(CN)<sub>4</sub> te su rezultati uspoređeni s onima dobivenim za  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub>. Zaključeno je da je  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub>, kod kojeg je prisutna najveća količina nereda, najbliže metal-izolator prijelazu u faznom dijagramu, dok je  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>B(CN)<sub>4</sub> dalje u faznom dijagramu na izolatorskoj strani, no kod njega je prisutna puno manja količina nereda i otpornost ne slijedi režim 2D Mottovog preskoka promjenjivog dosega.  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Ag<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub> je po svojstvima između druga dva spoja. Ovaj naizgled kontraintuitivni rezultat da spoj s najviše nereda ima najveću vodljivost objašnjen je u okviru teorije Mott-Anderson lokalizacije. Za  $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> je zaključeno da u visokotemperaturnoj polumentalnoj fazi, u transportu sudjeluju elektroni i šupljine s velikom pokretljivošću. Vrijednost Hallovog koeficijenta neočekivano odgovara vrijednosti koju bi dobili za četvrt-popunjenu vrpcu, što je objašnjeno kao posljedica raspršenja predominantno unutar džepova, koje izjednačuje pokretljivosti dvije vrste nosioca naboja. Transport na niskim temperaturama je objašnjen kao posljedicu dva kanala vođenja: doprinos od preskoka preko najbližih susjeda i

aktivacijski doprinos u režimu srednjeg polja (radovi 1.,3.,6.,7.,8.).

- Istraživanja polumetalnih Heuslerovih slitina  $\text{Co}_2\text{Ti}_x\text{V}_{1-x}\text{Sn}$  pokazuju velik anomalni Hallov efekt i mali, kvazi-izotropni magnetootpor, koji ne pokazuje nikakve specifične ovisnosti o kutu između narinutog magnetskog polja i kristalografskih osi. Iz tih rezultata se ne može tvrditi da se vidi jasan, specifičan potpis Weylovih elektrona, no postoji potencijal za korištenje  $\text{Co}_2\text{Ti}_x\text{V}_{1-x}\text{Sn}$  u budućim spintroničkim uređajima (rad 2.)
- Istraživanje magnetotransportnih svojstava tankih filmova predopiranih manganita sastava  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  ( $0.5 \leq x \leq 0.75$ ) pokazuje pojavu kolosalnog magnetootpora i kod predopiranih manganita, koja je pripisana postojanju metalnih feromagnetskih klastera u antiferomagnetkom izolatorskom stanju s uređenjem naboja. Za sve koncentracije (osim  $x = 0.5$ ) na temperaturama ispod prijelaza u stanje uređenje naboja, otpornost slijedi režim 3D Mottovog preskoka promjenjivog dosega. Također, otporne krivulje pokazuju značajne efekte ovisne o povijesti mjerena i vremenske relaksacije (rad 4., neobjavljeni rezultati u pripremi za slanje u znanstveni časopis)

**nastavna zaduženja:**

- Studij fizike; a kasnije Integrirani preddiplomski i diplomske sveučilišne studije Fizika, smjer: istraživački; Integrirani preddiplomski i diplomske sveučilišne studije Fizika, smjer: nastavnički; Integrirani preddiplomski i diplomske sveučilišne studije Fizika i informatika, smjer: nastavnički; Integrirani preddiplomski i diplomske sveučilišne studije Fizika i kemija, smjer: nastavnički; Integrirani preddiplomski i diplomske sveučilišne studije Fizika i tehnika, smjer: nastavnički; Sveučilišni preddiplomski studij Geofizika; Integrirani preddiplomski i diplomske sveučilišne studije Matematika i fizika, smjer: nastavnički; sve na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu:
  - Nositelj kolegija:
    - Mikroelektronika (60 norma sati/godina, 2016./17. - )
    - Osnove elektronike (60 norma sati/godina, 2017./18. - )
    - Niskotemperaturna fizika i supravodljivost (75 norma sati/godina, 2014./15. - )
    - Praktikum iz elektronike, Praktikum iz osnova elektronike (2015./16. - )
    - Eksperimentalne tehnike u fizici (75 norma sati/godina, 2015./16. – 2017./18.)
    - Napredni fizički praktikum 1, Napredni fizički praktikum 2, Napredni fizički praktikum I (geofizika), Napredni fizički praktikum II (geofizika), Fizički praktikum 3, Fizički praktikum 4, Napredni fizički praktikum 1 (smjer matematika-fizika), Napredni fizički praktikum 2 (smjer matematika-fizika) (2011./12. – 2014./15., dopust ljetni semestar 2012./13.)
  - Auditorne vježbe:

- Mikroelektronika (15 norma sati/godina, 2006./07 – 2015./16., dopust 2010./11.)
- Laboratorijske vježbe:
  - Praktikum iz osnova elektronike (45 norma sati/godina, 2001./02. – 2008./09.)
  - Računalni praktikum I (60 norma sati/godina, 2001./02. – 2005./06.)
  - Računalni praktikum II (60 norma sati/godina, 2002./03. – 2005./06.)
  - Praktikum elektroničke instrumentacije (60 norma sati/godina, 2002./03. – 2009./10.)
  - Napredni fizički praktikum 2 (60 norma sati/godina, 2006./07. – 2008./09., 2011./12., 2013./14.x2 , 2013./14. – 2014./15.)
  - Napredni fizički praktikum 1 (60 norma sati/godina, 2011./12 – 2013./14.)
  - Napredni fizički praktikum 1 (smjer matematika-fizika) (45 norma sati/godina, 2013./14. – 2014./15.)
  - Napredni fizički praktikum 2 (smjer matematika-fizika) (45 norma sati/godina, 2014./15.)
- održao do sada ukupno 3195 norma sati nastave na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (FO-PMF), a od izbora u znanstveno-nastavno zvanje docent 1365 norma sati nastave
- Ocjene studenskih anketa 4.02 do 5.00
- inoviranje nastavnog sadržaja:
  - U sklopu bolonjske reforme obrazovanja predložio sadržaj za novi kolegij Objektno-orientirano programiranje koji bi se izvodio umjesto postojećeg kolegija Računalni praktikum II na nastavničkom smjeru fizika-informatika (od ak. godine 2006./07.).
  - Također u sklopu bolonjske reforme obrazovanja prilagodio nastavu iz auditornih vježbi za kolegij Mikroelektronika (od ak. godine 2007./08.).
  - Ak. g. 2013./14., kao voditelj praktikuma Napredni fizički praktikum 1 i 2, Napredni fizički praktikum I i II, Fizički praktikum 3 i 4., osvremenio uređaje koji se koriste u praktikumu i uveo nove praktikumske vježbe: Barometarska

formula, Mjerenje malih otpora, Električni titrajni krug (s mjeranjem pomoću kompjutera), Kaotične oscilacije (s mjeranjem pomoću kompjutera), Franck-Hertzov eksperiment (postojeću vježbu dodatnim zadacima prilagodio studentima istraživačkog smjera). Za navedene vježbe također napisao materijale za pripremu studenata, te iste postavio na web stranice praktikuma. (materijali su priloženi na CD-u).

- Ak. g. 2014./15. na Naprednom fizičkom praktikumu 2, uveo mogućnost za najbolje studente s Naprednog fizičkog praktikuma 1, da rade na posebnim projektnim zadacima. Studenti su timski radili na inovativnim projektima pod vodstvom asistenta i na kraju su svoje rezultate prezentirali pred svim zainteresiranim studentima i nastavnicima FO-PMF.
- Od ak. g. 2015./16. na Praktikumu iz elektronike, omogućio studentima da uz standardne vježbe, biraju i jedan od posebnih završnih zadataka u kojima koriste suvremene metode mjerjenja i kontrole eksperimenta pomoću računala. Te metode uključuju profesionalne uređaje koji se koriste u suvremenim znanstvenim laboratorijima, ali i suvremene jeftine uređaje poput električkih pločica Arduino i Raspberry Pi, koji imaju široku primjenu.
- U sklopu rada na izmjenama u programu nastavničkih smjerova, 2018. g. pripremio izmjene za kolegij Praktikum iz osnova elektronike.
- nastavni materijali:
  - Na Merlin sustav za e-učenje, postavio nastavne materijale za kolegij Eksperimentalne tehnike u fizici. (materijali su priloženi na CD-u)
  - Na web stranice praktikuma postavio materijale za pripreme studenata za nove vježbe uvedene u Napredni fizički praktikum 1 i 2, Napredni fizički praktikum I i II, Fizički praktikum 3 i 4. (materijali su priloženi na CD-u)
  - Za navedene nastavne materijale je Stalno stručno povjerenstvo za vrednovanje nastavnih materijala Fizičkog odsjeka na sastanku 8. studenog 2019. donijelo mišljenje i zaključak da su nastavni materijali stručno i znanstveno korektni, usklađeni s nastavnim planom kolegija i programom smjera te metodički primjereni, te ih preporuča za korištenje u

nastavi. Mišljenje Stalnog stručnog povjerenstva prihvatiло je Vijeće fizičkog odsjeka na sjednici 12. studenog 2019. i poslalo Fakultetskom vijeću Prirodoslovno-matematičkog fakulteta.

***mentorstva:***

- *Električna otpornost organskog vodiča  $\kappa$ -( $BEDT-TTF)_2Cu_2(CN)_3$ , diplomski rad (2015.)*
- *Tranzistor s ionskom tekućinom, diplomski rad (2019.)*
- *Kaotične oscilacije u nelinearnom električnom titrajnom krugu, diplomski rad (2019., u izradi)*

***ostale institucijske aktivnosti:***

- član povjerenstva za ocjenu studentskih radova Fizičkog odsjeka u postupku dodjele Rektorove nagrade (2014./15.)
- predsjednik povjerenstva za ocjenu studentskih radova Fizičkog odsjeka u postupku dodjele Rektorove nagrade, te član povjerenstva za ocjenu studentskih radova Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u postupku dodjele Rektorove nagrade (2015./16. – 2017./18.)

***ostale aktivnosti:***

- član Državnog povjerenstva za Natjecanja iz fizike učenika osnovnih i srednjih škola (2018./19.)

***članstvo u znanstvenim organizacijama:***

- 1995. - : član Hrvatskog fizikalnog društva