

Životopis

Mihael S. Grbić

Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Bijenička cesta 32, 10000 Zagreb, Hrvatska

ResearcherID: I-5912-2014

ORCID broj: <http://orcid.org/0000-0002-2542-2192>

Matični broj znanstvenika: 291020

SKOLOVANJE I ZVANJA

12/2006. – 02/2011. Poslijediplomski sveučilišni doktorski studij fizike, smjer Fizika kondenzirane materije, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Doktorska disertacija: **Proučavanje supravodljivih fluktuacija i pseudoprocjepa u visokotemperaturnim supravodičima mikrovalnom metodom**, mentor: prof. dr. sc. Miroslav Požek

10/2000. – 12/2005. Diplomski sveučilišni studij fizike (diplomirani inženjer fizike), Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad: **Proučavanje dinamike virova u tankim filmovima niobija mikrovalnom metodom**, mentor: prof. dr. sc. Miroslav Požek

10/1996. – Srednja škola; X. gimnazija, Ulica Vjekoslava Klaića 7, 10000, Zagreb

ZAPOSLLENJA, ZVANJA I FUNKCIJE

25.04.2014. – danas Docent, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

08.03.2011. – 24.04.2014. Viši asistent - znanstveni novak, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

04.12.2006. – 07.03.2011. Asistent - znanstveni novak, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

01.04.2006. – Služenje civilnog roka u bolnici Sestara milosrdnica, Zagreb

01.12.2006.

ZNANSTVENO USAVRŠAVANJE

- 2014.– 2019. kraći boravci od ukupno četiri tjedna na Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI), Grenoble, Francuska, te od ukupno šest tjedana na Institute for Solid State Physics (ISSP), University of Tokyo, Kashiwa, Japan
- 14.10.2012.–
28.04.2014. 1.5 godina; poslijedoktorski boravak u grupi Masashija Takigawe na Institute for Solid State Physics (ISSP), University of Tokyo, Kashiwa, Japan
- 01.05.2012.–
31.08.2012. 4 mjeseca; poslijedoktorski boravak u NMR grupi Claude Berthiera i Mladena Horvatića na Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI), Grenoble, Francuska
- 01.03.2011.–
29.02.2012. 1 godina; poslijedoktorski boravak u NMR grupi Claude Berthiera i Mladena Horvatića na Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI), Grenoble, Francuska
- 05.10.2010.–
06.05.2011. 7 mjeseci; gostujući znanstvenik u NMR grupi Claude Berthiera i Mladena Horvatića na Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI), Grenoble, Francuska

ČLANSTVO I FUNKCIJE U STRUKOVNIM UDRUŽENJIMA, ORGANIZACIJAMA I INSTITUCIJAMA

- 2014.– danas član Hrvatskog fizikalnog društva
- 2015.– danas član Europskog fizikalnog društva
- 02/2017.–
02/2019. tajnik Hrvatskog fizikalnog društva

NAGRADE I STIPENDIJE

- 10/2012.–
04/2014. stipendist Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, Kashiwa, Japan
2011. Priznanje dekana Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu za najboljeg znanstvenog novaka na Fizičkom odsjeku 2011.
2004. Rektorova nagrada za studentski rad: *Ovisnost kritičnog polja o debljini filma Nb*, mentor: prof. dr. sc. Miroslav Požek

PODRUČJE DJELOVANJA U ZNANOSTI I NASTAVI

Djelovanje u znanosti

Znanstvena djelatnost je usmjerena na eksperimentalna istraživanja u fizici kondenzirane materije, s fokusom na metodu nuklearne magnetske rezonancije (NMR):

Kvantni magnetizam

Od poslijedoktorskog usavršavanja 2011. godine na LNCMI-u bavim se proučavanjem novih elektronskih faza u sustavima kvantnih magneta. Pritom je primarni fokus na kvazi-jednodimenzionalnim lancima i frustriranim sustavima u izolatorima. Po povratku na Fizički odsjek PMF-a sam nastavio s istraživanjima u tom području, koje ondje nije bilo prethodno prisutno. Moja aktivnost je vidljiva, među ostalim, i iz teme diplomskog rada doktorskog rada, te prezentacija na domaćim i inozemnim znanstvenim skupovima (redni broj (2)-(4), (6) i (7)).

Znanstvena istraživanja su usmjerena na istraživanje uvjeta nastajanja, i karakteristike novih elektronskih faza u ovim sustavima, a moje djelovanje je vidljivo u člancima rednog broja 4, 6, 9-11. Pored znanstvenog usavršavanja u novom području, na prvom poslijedoktorskome usavršavanju sam naučio nekoliko novih tehnika: raditi s dilucijskim hladnjakom, razvijati vlastite NMR sonde i raditi pri vrlo visokim magnetskim poljima. Ove vještine sam nastavio usavršavati i po povratku na PMF, što je vidljivo po temama istraživanja na raznim projektima, te prijavama za mjerenja u svjetskim korisničkim centrima; upravo uoči prijave sam sa studentom I. Jakovcem provodio NMR mjerenja na ^1H jezgri u spoju skraćenog naziva BoNO , u magnetskim poljima do 34 T, tj. frekvenciji od 1.44 GHz, čime se može pohvaliti vrlo mali broj istraživača.

Sustavi teških fermiona

Na poslijedoktorskome usavršavanju u Japanu (na ISSP-u) počeo sam svoja istraživanja u intermetalničnim spojevima elemenata s d - i f - orbitalama u kojima se ostvaruje faza Kondo zasjenjenja popularno zvanima sustavima teških fermiona. Zbog kompliciranosti teme, dosad je djelovanje u ovom području rezultiralo samo jednom publikacijom (redni broj 7), no već je uobličen i drugi rad koji se trenutno nalazi na arXiv-u pod kodom 1903.10045, a u pripremi je i treći. Daljnje djelovanje na ovim sustavima i drugim spojevima je vidljivo i kao tema istraživanja na UKF projektu (Quantum CoRES), te kao tema diplomskog i doktorskog rada I. Jakovca (R. br. (2) prezentacije na zn. skupovima).

Pored novog područja znanstvenog djelovanja, na ovom poslijedoktorskome usavršavanju sam se upoznao s nekoliko tehničkih vještina koje dodatno proširuju područje istraživanja, kao što su rad s visokim tlakovima, kontrola potpune orijentacije uzorka, rad s kriostatima koji su bazirani na ^3He plinu, a i nastavio sam usavršavati rad na dilucijskom hladnjaku. Sve ove tehnike su relativno slabo (ili nikako) bile prisutne na Fizičkom odsjeku PMF-a i po svom povratku sam ih počeo implementirati kroz nekoliko projekata. Tako je npr. UKF projektom uvedeno mjerenje pod tlakom do 3 GPa, razvijen vlastiti dvoosni rotator (članak r. br. 2), a u sklopu infrastrukturnog projekta CeNIKS se nabavlja dilucijski hladnjak (> 1.5 Mkn) te spremnik ^3He plina i komponenti za izgradnju prikladnog kriostata (> 500 kn).

Visokotemperaturni supravodiči

Pri početku karijere sam istraživao klasične i nekonvencionalne supravodiče, s naglaskom na šupljinski dopirane kupratne spojeve (visokotemperaturnih) supravodiča. Dok su se u

klasičnim supravodičima promatrali efekti reducirane dimenzionalnosti, u visokotemperaturnim supravodičima je tematika bila fokusirana na razmatranje supravodljivih fluktuacija. Istraživanja visokotemperaturnih supravodiča su kasnije nastavljena u sklopu HRZZ projekata IP-11-2013-2729 (LOMEDY) i IP-2018-01-2970 (MicroS). Prvotna istraživanja su provedena tehnikom mikrovalne apsorpcije.

Djelovanje u nastavi

Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu sam kao nositelj držao nastavu iz sljedećih kolegija:

2014. – danas Praktikum iz fizike čvrstog stanja,

2014. – danas Praktikum iz moderne fizike,

2014. – danas Fizika; za studente biologije (smjer Molekularna biologija),

2014. – 2016. Fizika; za studente biologije (smjer Znanost o okolišu).

Pored njih sam držao i vježbe iz kolegija: Praktikum iz Statistike i osnova mjerenja, Početni fizički praktikum, vježbe iz Statistike i osnova mjerenja (za studente istraživačkog smjera Fizike), te Fizika za studente matematike.

19. Kolar, P.; **Grbić, Mihael S.**; Hrabar, S.
Sensitivity enhancement of NMR spectroscopy receiving chain used in condensed matter physics, *Sensors*, **19**, 3064-1 (2019); [https://doi:10.3390/s19143064](https://doi.org/10.3390/s19143064) (međunarodna recenzija, članak znanstveni) *nema citata*
M.S.Grbić je jedan od nositelja problematike.
18. **Grbić, Mihael S.**
Modes of an elliptical cylindrical resonant cavity - analytical solution, *Journal of applied physics* **125**, 22450122 (2019); [https://doi:10.1063/1.5093091](https://doi.org/10.1063/1.5093091) (međunarodna recenzija, članak znanstveni) *nema citata*
M.S.Grbić je prvi (jedini) autor.
17. Cvitanić, T.; Lukas, M.; **Grbić, Mihael S.** Two-axis goniometer for single-crystal nuclear magnetic resonance measurements // *Review of scientific instruments*, **90** (2019), 4; 043903-1 [https://doi:10.1063/1.5075521](https://doi.org/10.1063/1.5075521) (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) *2 citata*
M.S.Grbić je nositelj problematike.
16. Pelc, D.; Vučković, M.; **Grbić, Mihael S.**; Požek, M.; Yu, Guichuan; Sasagawa, T.; Greven, M.; Barišić, N. Emergence of superconductivity in the cuprates via a universal

- percolation process // *Nature Communications*, 9 (2018), 1; 4327, 10 <https://doi:10.1038/s41467-018-06707-y> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 7 citata.
M.S.Grbić je proveo i analizirao mjerenja mikrovalne vodljivosti.
15. Cvitanić, T.; Šurija, V.; Prša, K.; Zaharko, Oksana; Kupčić, I.; Babkevich, Peter; Frontzek, Matthias; Požek, M.; Berger, Helmut; Magrez, Arnaud; Ronnow, Henrik M.; **Grbić, Mihael S.**; Živković, Ivica Singlet state formation and its impact on the magnetic structure in the tetramer system SeCuO_3 // *Physical review. B.*, 98 (2018), 5; 054409-1 <https://doi:10.1103/PhysRevB.98.054409> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 2 citata.
M.S.Grbić je nositelj problematike.
14. Kolar, Petar; Hrabar, Silvio; **Grbić, Mihael S.** Towards Optimal Noise Properties of NMR Antenna- Receiver Chain // *Proceedings of EuCAP 2017 Pariz, Francuska, 2017.* str. 1057-1059 (međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni) Pristup cjelovitom tekstu rada nema citata.
M.S.Grbić je nositelj problematike.
13. Blinder, R.; Dupont, Maxime; Mukhopadhyay, S.; **Grbić, Mihael S.**; Lafforencie, Nicolas; Capponi, Sylvain; Mayaffre, Hadrien; Berthier, Claude; Paduan-Filho, Armando; Horvatić, M. Nuclear Magnetic Resonance study of the magnetic- field- induced ordered phase in the $\text{NiCl}_2\text{-4SC}(\text{NH}_2)_2$ compound // *Physical review B - Rapid communications*, 95 (2017), 020404-1 <https://doi:10.1103/PhysRevB.95.020404> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 10 citata.
M.S.Grbić je jedan od autora koji je proveo mjerenja.
12. Takano, Shun; **Grbić, Mihael S.**; Kimura, Kimura; Yoshida, Makoto; Takigawa, Masashi; O'Farrell, Eoin C. T.; Kuga, Kentaro; Nakatsuji, Satoru; Harima, Hisatomo Site-selective ^{11}B NMR studies on YbAlB_4 // *Journal of physics : Conference series*, 683 (2016), 012008-1 <https://doi:10.1088/1742-6596/683/1/012008> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 1 citat.
M.S.Grbić je jedan od dvojice glavnih autora.
11. Perić, Berislav; Gantier, Régis; Pickard, Chris J.; Bosiočić, Marko; **Grbić, Mihael S.**; Požek, M. Solid-State NMR/NQR and First-Principles Study of Two Niobium Halide Cluster Compounds // *Solid state nuclear magnetic resonance*, 59/60 (2014), 20-30 <https://doi:10.1016/j.ssnmr.2014.02.001> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 7 citata.
M.S.Grbić je sudjelovao u mjerenjima.
10. **Grbić, Mihael S.**; Krämer, Steffen; Berthier, Claude; Trouselet, Fabien; Cépas, Olivier; Tanaka, Hidekazu; Horvatić, M. Microscopic properties of the "pinwheel" kagome compound $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ // *Physical Review Letters*, 110 (2013), 24; 247203-1 <https://doi:10.1103/PhysRevLett.110.247203> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)

* 5 citata.

M.S.Grbić je glavni autor.

9. Casola Francesco; Široka, Toni; Feguin, Adrian; Wang, Shuang; **Grbić, Mihael S.**; Horvatić, M.; Krämer, Steffen; Mukhopadhyay, S.; Conder, Kazimierz; Berthier, Claude et al. Field-induced quantum soliton lattice in a frustrated two-leg spin-1/2 ladder // *Physical Review Letters*, 110 (2013), 18; 187201-1 <https://doi:10.1103/PhysRevLett.110.187201> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 17 citata.
M.S.Grbić je jedan od dvojice autora koji su proveli NMR mjerenja.
8. Mukhopadhyay, S.; Klanjšek, M.; **Grbić, Mihael S.**; Blinder, R.; Mayaffre, Hadrien; Berthier, Claude; Horvatić, M.; Continentino, Mucio Amado; Paduan-Filho, Armando; Chiari, Brunetto; Piovesana Olivo Quantum-Critical Spin Dynamics in Quasi-One-Dimensional Antiferromagnets // *Physical Review Letters*, 109 (2012), 17; 177206-1 <https://doi:10.1103/PhysRevLett.109.177206> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 32 citata.
M.S.Grbić je sudjelovao u mjerenjima.
7. **Grbić, Mihael S.**; Požek, M.; Paar, Dalibor; Hinkov, V.; Raichle, Markus; Haug, Daniel; Keimer, Bernd; Barišić, N.; Dulčić, Antonije Temperature range of superconducting fluctuations above T_c in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ single crystals // *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, 83 (2011), 14; 144508-1 <https://doi:10.1103/PhysRevB.83.144508> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 53 citata.
M.S.Grbić je glavni autor.
6. **Grbić, Mihael S.**; Barišić, N.; Dulčić, Antonije; Kupčić, I.; Li, Yuan; Zhao, Xudong; Yu, Guichuan; Dressel, M.; Greven, M.; Požek, M. Distinctive Behavior of Superconducting Fluctuations and Pseudogap in Nearly Optimally Doped Single Crystal of $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ // *Physica. C, Superconductivity*, 470 (2010), S1; S228-S229 <https://doi:10.1016/j.physc.2009.11.044> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) nema citata.
M.S.Grbić je glavni autor.
5. **Grbić, Mihael S.**; Barišić, N.; Dulčić, Antonije; Kupčić, I.; Li, Yuan; Zhao, Xudong; Yu, G.; Dressel, M.; Greven, M.; Požek, M. Microwave measurements of the in-plane and c-axis conductivity in $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$: Discriminating between superconducting fluctuations and pseudogap effects // *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, 80 (2009), 9; 094511-1 <https://doi:10.1103/PhysRevB.80.094511> (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 33 citata.
M.S.Grbić je glavni autor.
4. Narduzzo, A.; **Grbić, Mihael S.**; Požek, M.; Dulčić, Antonije; Paar, Dalibor; Kondrat, A.; Hess, C.; Hellmann, I.; Klingeler, R.; Werner, J. et al. Upper critical field, penetration depth, and depinning frequency of the high-temperature superconductor $\text{LaFeAsO}_{0.9}\text{F}_{0.1}$ studied by microwave surface impedance // *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, 78 (2008), 1; 012507-1 <https://doi:10.1103/PhysRevB.78.012507>

- * (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 16 citata.
M.S.Grbić je jedan od dvojice glavnih autora.
3. Požek, M.; **Grbić, Mihael S.**; Janjušević, Dragan; Dulčić, Antonije; Paar, Dalibor; Wagner, Thomas Mixed state conductivity of thin niobium films in perpendicular magnetic fields // *Physica C*, 460-462 (2007), 2; 1291-1292 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 1 citat.
M.S.Grbić je jedan od dvojice glavnih autora.
2. **Grbić, Mihael S.**; Janjušević, Dragan; Požek, M.; Dulčić, Antonije; Wagner, Thomas Microwave study of magnetic field penetration parallel to thin niobium films // *Physica C*, 460-462 (2007), 2; 1293-1294 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 6 citata.
M.S.Grbić je glavni autor.
1. Janjušević, Dragan; **Grbić, Mihael S.**; Požek, M.; Dulčić, Antonije; Paar, Dalibor; Nebendahl, Bernd; Wagner, Thomas Microwave response of thin niobium films in the perpendicular static magnetic fields // *Physical Review B*, 74 (2006), 104501. (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) 34 citata.
M.S.Grbić je koautor.

OBJAVLJENI RADOVI PREMA KATEGORIJAMA

Ukupno sam objavio 19 radova indeksiranih u Web of Science Core Collection, od čega je 16 indeksirano u Web of Science Current Contents Connect (radovi pod rednim brojem 12 i 14 su konferencijski originalni radovi s međunarodnom recenzijom). Radovi se mogu podijeliti po kategorijama na pet u Q1, sedam u Q2, dva u Q3 i pet u Q4.

Od posljednjeg izbora, u zvanje docenta 2015.g., objavio sam osam radova u Web of Science Core Collection, tj. šest et u Web of Science Current Contents Connect (radovi od 12 do 19).

Radovi na kojima sam glavni autor ili nositelj problematike su: 2 - 7, 10, 12, 14, 15, 17, 18 i 19. Ti su radovi citirani 119 puta.

POPIS SKRIPTI ZA STUDENTE

Za kolegij Fizika namijenjen studentima biološkog odsjeka izradio sam nastavni materijal (skripta) koji je dostupan na stranicama kolegija na Merlin platformi, i evaluiran je od strane Odbora za nastavu Fizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (izvještaj je prikazan na sjednici Vijeća Fizičkog odsjeka 2. srpnja 2019.).

Za kolegij Praktikum iz fizike čvrstog stanja namijenjen studentima fizičkog odsjeka izradio sam nastavni materijal (skripta) koji je dostupan na stranicama kolegija i evaluiran je od strane Odbora za nastavu Fizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (izvještaj je prikazan na sjednici Vijeća Fizičkog odsjeka 15. listopada 2019.).

NOVI NASTAVNI SADRŽAJI

- U kolegiju Praktikum iz moderne fizike uveo sam novu vježbu "Magnetske domene" u sklopu koje studenti mogu optički proučavati formiranje feromagnetskih domena.
- U kolegiju Praktikum iz fizike čvrstog stanja sam uveo dvije nove vježbe:
 - "Feroelektrični prijelaz u BaTiO_3 " u sklopu koje studenti mogu raditi s tekućim dušikom i promatrati promjenu kapaciteta kondenzatora s BaTiO_3 prahom, te vidjeti ponašanje svojstava u okolini faznog prijelaza.
 - "Smanjivanje debljine uzoraka" u sklopu koje studenti mogu vidjeti kako se u realnom eksperimentu može prilagoditi debljina i oblik uzoraka za daljnje eksperimente, te naučiti raditi s popratnom laboratorijskom opremom.
 - "Anizotropna Fermijeva ploha monokristala bizmuta" u sklopu koje studenti mogu raditi s tekućim dušikom i promotriti kutnu ovisnost magnetootpora monokristala bizmuta, koji nastaje zbog netrivialnog oblika Fermijeve plohe.

POPIS OCJENSKIH RADOVA

- 02/2011. Doktorska disertacija "Proučavanje supravodljivih fluktuacija i pseudoprocjepa u visokotemperaturnim supravodičima mikrovalnom metodom", Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- 12/2015. Diplomski rad "Proučavanje dinamike virova u tankim filmovima niobija mikrovalnom metodom", Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

PREDAVANJA NA ZNANSTVENIM SKUPOVIMA (pozvana predavanja su masno otisnuta)

Osim ako nije posebno istaknuto, sva je predavanja održao M. S. Grbić

- (1) 09/2019. "Understanding the quantum criticality of intermediate valence system $\alpha\text{-YbAlB}_4$ " na "The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems", Okayama, Japan 2019.
- (2) 06/2019. "NMR in strongly correlated materials - Researchers playground" na Adriatic NMR Conference, Mali Ston.
- (3) 10/2018. Predavanja na 11. Znanstvenom sastanku Hrvatskog fizikalnog društva (Beli Manastir, Hrvatska):
 1. "Istraživanje stanja teških fermiona u $\text{Ce}_3\text{Pd}_{20}\text{Si}_6$ nuklearnom kvadrupolnom rezonancijom ^{105}Pd ", predavač Ivan Jakovac,
 2. "Proučavanje organskog Haldaneovog sustava $m\text{-NO}_2\text{PhBNO}$ ", predavač Tonči Cvitanić,
 3. "Magnetski red u $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ kagome spoju", predavač Mihael S. Grbić.

- (4). 03/2018. "Magnetism of $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ kagome compound studied by NQR", na "Meeting of the Physical Society of Japan", Tokyo University of Science, Noda Campus (2641, Noda-shi, Yamazaki), Japan
- (5) 10/2017. Predavanja na 10. Znanstvenom sastanku Hrvatskog fizikalnog društva (Baška, Hrvatska):
1. "Istraživanje SeCuO_3 nuklearnom magnetskom rezonancijom", predavač Tonči Cvitanić
 2. "Svojstva osnovnog stanja $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ ", predavač Mihael S. Grbić
- (6) 09/2017. "How do NMR spectra observe phase transitions and what can we use it for?" na "C-MAC Euroschool in Material Science 2017", Split.
- (7) 10/2015. Predavanje na 9. Znanstvenom sastanku Hrvatskog fizikalnog društva (Umag, Hrvatska): "Svojstva singletnog osnovnog stanja "vjetrenjače" u $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ "
- (8) 06/2015. "Magnetic field induced level anticrossing in the "pinwheel" kagome compound $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ " na "11th Conference on Research in High Magnetic Fields", Grenoble, Francuska.
- (9) 09/2013. "NMR study of heavy-fermion system $\alpha\text{-YbAlB}_4$ " na "68th Autumn meeting of the Physical Society of Japan", Tokushima, Japan.
- (10) 08/2013. "Quantum criticality of $\alpha\text{-YbAlB}_4$ " na "The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems", Tokijo, Japan 2013.
- (11) 03/2013. "NMR study of $\alpha\text{-YbAlB}_4$ " na "68th March meeting of the Physical Society of Japan", Hirošima, Japan.
- (12) 09/2010. "Superconducting Fluctuations Probed by Microwave Absorption Technique" na "Recent advances in broad-band solid-state NMR of correlated electronic systems", Trogir

PREDAVANJA NA INSTITUCIJAMA

- 08/2016. "Quantum critical behaviour in the mixed valence compound $\alpha\text{-YbAlB}_4$ " na Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids, Dresden, Njemačka.
- 05/2016. "Complex phase diagram of heavy fermion compound $\alpha\text{-YbAlB}_4$ " na Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, Slovenija.
- 03/2016. "Quantum transitions the cornerstone of materials for future technologies" na Fakultetu elektronike i računarstva, Zagreb, Hrvatska
- 07/2013. "Revealing the ground state properties of the pinwheel kagome compound $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ " na Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
- 05/2013. "Low-temperature NMR study of $\alpha\text{-YbAlB}_4$ u sklopu radionice "Quantum criticality and valence fluctuations in strongly correlated electron systems", ISSP, Kashiwa, Japan

- 05/2011. "Superconducting fluctuations in cuprates probed by microwave absorption technique" na Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses, Grenoble, Francuska.

PREZENTACIJA 6 NAJVAŽNIJIH RADOVA

1. Rad pod rednim brojem 1, D. Janjušević je glavni autor, a M. S. Grbić je sudjelovao u provedbi mjerenja i doprinio analizi rezultata (citiran 34 puta)

Niobij pripada u skupinu klasičnih supravodiča II. vrste, što znači da se supravodljivost može opisati BCS teorijom i da ona može opstati prilikom primjene vanjskog magnetskog polja. Ta koegzistencija magnetskog polja i supravodljivosti se ostvaruje prodiranjem magnetskog polja kroz uzorak u obliku jednoliko raspoređenih diskretnih cilindara, tzv. vorteksa. Unutar samog vorteksa supravodljivost je potisnuta, dok van njih ona ostaje netaknuta. S porastom magnetskog polja broj vorteksa u uzorku se povećava i na dovoljno velikom polju oni prekrivaju gotovo cijeli uzorak te međusobno interagiraju. Daljnje povećanje magnetskog polja dodatno podiže energiju stanja gdje su vorteksi zbijeni te se supravodljivost potiskuje i uzorak prelazi u normalno stanje. Za niobij je poznato da ima veliki radijus vorteksa, otprilike 20 nm, i zato smo putem njega htjeli proučiti efekte interagirajućih vorteksa, te kako ti nelinearni efekti utječu na metodu određivanja gornjeg kritičnog polja. Za studiju smo koristili metodu mikrovalne apsorpcije i uzorke različitih debljina kako bismo provjerili ponašanje u prisustvu smanjene dimenzionalnosti.

Rad je pokazao kako je za korektno određivanje gornjeg kritičnog polja potrebno uzeti u obzir cjelokupni kompleksni frekventni pomak time istaknuo grešku prethodnih analiza baziranih samo na realnoj komponenti frekventnog pomaka. Također, pokazano je kako se redukcijom dimenzije smanjuje površina vorteksa i njihova mobilnost, što rezultira povećanim gornjim kritičnim poljem.

2. Rad pod rednim brojem 5, M. S. Grbić je glavni autor (citiran 33 puta)

Jedan od smjerova proučavanja visokotemperaturne supravodljivosti je istraživanje svojstava supravodljivih fluktuacija koje se u tim spojevima pojavljuju na temperaturama iznad temperature supravodljivog prijelaza T_c . Njihova svojstva, poput anizotropije, temperaturnog dosega rasprostiranja i osjetljivosti na magnetsko polje daju informaciju o supravodljivom parametru uređenja, a time i izvoru supravodljivog sparivanja. Supravodljive fluktuacije je bilo teško opaziti u klasičnim supravodičima jer tamo postoje u vrlo uskom temperaturnom području 1 mK, dok se u visokotemperaturnim supravodičima rasprostiru i nekoliko kelvina iznad T_c -a. Međutim, budući da se radi o vrlo osjetljivom signalu kojeg je u pojedinim sustavima teško razlučiti od dodatnih fenomena normalnog stanja (strukturnalni prijelazi, nabojna i magnetska uređenja...), određivanje prirode supravodljivih fluktuacija je vrlo živo područje istraživanja.

$\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ (Hg1201) je modelni sustav koji je zbog svoje savršeno tetragonalne simetrije, manjka intrinzičnog nereda i jednostavnog faznog dijagrama bio odličan kandidat za proučavanje svojstava supravodljivih fluktuacija. U radu smo metodom mikrovalne apsorpcije odredili tri karakteristične temperature ovog sustava: temperaturu supravodljivog prijelaza, temperaturni

raspon supravodljivih fluktuacija i temperaturu skalu pseudoprocjepa. Koristeći vanjsko magnetsko polje odvojeni su efekti normalnog stanja i razlučeni efekti anizotropije. Uočili smo da je temperaturni raspon supravodljivih fluktuacija uistinu povećan i doseže 10-15 K iznad T_c -a, no da nije dovoljno velik kako bi ga se povezalo s temperaturom pseudoprocjepa koja je daleko iznad supravodljivog prijelaza. Rezultati prikazani u ovom radu predstavljaju prva mjerenja na velikim monokristalnim uzorcima ovog spoja, i prvi put je na njemu proučavana tematika supravodljivih fluktuacija.

3. Rad pod rednim brojem 7, M.S. Grbić je glavni autor (citiran 53 puta)

Istraživanje supravodljivih fluktuacija smo proširili na jedan od najistraživanijih kupratnih spojeva: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. Ovaj spoj je ujedno i kompliciraniji od prethodnog Hg1201 jer se u strukturi pored CuO_2 ravnina javljaju i Cu-O lanci u koje sjedaju dopandi. Stoga se dopiranjem mijenja više od jednog svojstva sustava te se izmjena njegovih karakteristika ne može ad hoc pripisati univerzalnim karakteristikama CuO_2 ravnina. Proučavanju supravodljivih fluktuacija je stoga trebalo pažljivo pristupiti.

U radu smo metodom mikrovalne apsorpcije na sličan način kao u radu (13) odredili raspon supravodljivih fluktuacija koji je ponovno dosežao 10-15 K iznad T_c -a, no nije dovoljno velik da bi ga se povezalo s temperaturom pseudoprocjepa koja je daleko iznad supravodljivog prijelaza. Rezultati prikazani u ovom radu su od velikog značaja za zajednicu jer su ukazivali na postojanje univerzalne temperaturne skale u kupratnim supravodičima nešto što će se pokazati par godina kasnije, u radu (3).

4. Rad pod rednim brojem 10, M.S. Grbić je glavni autor (citiran 5 puta)

Spoj $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ je kvazidvodimenzionalan izolator gdje spinovi, koje nose ioni bakra Cu^{2+} , tvore kagome rešetku. Rešetka nije savršena te postoji više od jednog tipa Heisenbergovog vezanja. Strukturalno naprezanje uzrokuje 4 različita kuta Cu-F-Cu kemijske veze tako da postoje 4 različita vezanja: $J_1 = 215 \text{ K}$, $J_2 = 0.95J_1$, $J_3 = 0.85J_1$ i $J_4 = 0.55J_1$. Najjača veza uzrokuje formiranje singletnih parova pri niskim temperaturama, dok preostale interakcije oslabljuju tu vezu pa je energijski procjep između osnovnog stanja (singlet) i prvog pobuđenog stanja (triplet) relativno malen; $\Delta = 21 \text{ K}$. Singletne veze kreiraju karakterističan uzorak zbog čega se ovaj spoj još naziva i kagome vjetrenjača, te predstavlja prvu realizaciju krutine valentnih veza (eng. valence bond solid) u kagome sustavu. Postavlja se pitanje da li se može magnetskim poljem spustiti energija tripletnog stanja, smanjiti energijski procjep i inducirati Bose-Einstein kondenzaciju magnona.

U ovom radu sam kroz mjerenja u širokom rasponu magnetskih polja (8-30 T) pokazao da se energijski procjep smanjuje do 13 T (gdje se spusti na polovicu vrijednosti bez magnetskog polja $\Delta/2$), a zatim ponovno počne rasti s povećanjem magnetskog polja. Pokazalo se da je uzrok ovog anti-križanja energijskih nivoa jaka anizotropija uzrokovana nedijagonalnim elementima g-tenzora. U suradnji s teorijskom grupom sa Institute Néel (Grenoble, Francuska) otkrili smo da kagome sustave karakterizira posebna veza simetrije rešetke i simetrije anizotropije (srodna kiralnosti u slučaju trokutaste rešetke), koje utječu na energijsku raspodjelu nivoa. Pokazali smo da samo jedna kombinacija ovih parametara rezultira rezidualnim energijskim procjepom i

na taj način smo bez sumnje mogli odrediti simetriju prvog pobuđenog stanja, a time i strukturu viših energijskih nivoa ovog spoja.

Proučavanje ovog spoja je po prvi put pokazalo ponašanje spinske polarizacije s magnetskim poljem u kagome sustavu, te prvi put da je otkrivena spomenuta međugra mikroskopskih simetrija sustava. Možda je najbolji pokazatelj koliko je bio tehnički zahtjevno otkrivanje ovih saznanja kompliment jednog recenzenta da se takav posao mogao napraviti u svega par laboratorija u svijetu.

5. Rad pod rednim brojem 15, T. Cvitanić je prvi autor, a M. S. Grbić je nositelj problematike, te naveden kao dopisni autor (citiran 2 puta)

SeCuO_3 je enigmatski sustav tetramera koji je po svojim svojstvima pokazivao karakteristike kvazi-jednodimenzionalnog lanca i kvazi-nuladimenzionalnog sustava u srednjem rasponu temperatura (od 10 K do 300 K), da bi ispod 8 K nastupila trodimenzionalna Nelova faza. Prvotni podaci izmjereni EPR-om i mjerenjima susceptibilnosti su upućivala da se momenti postepeno počnu formirati već ispod otprilike 200 K, a zakretanje ukupnog momenta je opaženo već ispod 50-ak kelvina. Sustav nije bio frustriran i nije bilo jasno koji mehanizam je zaslužan za tako neobično ponašanje. NMR-om i NQR-om na vanjskom paru Cu iona smo pokazali kako oni ostaju magnetski aktivni, dok se na unutarnjem paru formiraju singleti. Kako unutarnji moment počne slabiti prema vrijednost 0, a vanjski ostaju jednakog intenziteta, javlja se ukupni moment u sustavu. Jaka Dzyaloshinskii-Moriya interakcija zakreće relativne orijentacije vanjskih momenata radi čega se zatim zakreće ukupni moment.

6. Rad pod rednim brojem 17, T. Cvitanić je glavni autor, a M. S. Grbić je nositelj problematike, te je naveden kao dopisni autor (citiran 2 puta)

Jedna od velikih prednosti tehnike NMR-a je što se mogu precizno odrediti komponente hamiltonijana promatranog sustava. Da bi to bilo moguće, potrebno je imati potpunu kontrolu nad orijentacijom proučavanog uzorka. Iako na prvi pogled zvuči trivijalno, realizacija takvog mehanizma ima nekoliko problema, a ironično, velika osjetljivost NMR-a je jedan od njih. Naime, NMR-om se može odrediti orijentacija uzorka in-situ i to na atomskoj razini, te je svako odstupanje vidljivo prilikom mjerenja npr. radi praznog hoda u okretanju, nedovoljno precizno definirane ravnine orijentacije, te nejednakog termičkog rastezanja materijala od kojeg je sonda napravljena. Iako je nekoliko rješenja bilo dostupno, radi specifičnosti istraživanja u fizici čvrstog stanja smo razvili vlastiti goniometar. Sličan sustav se trenutno može naći samo u laboratoriju M. Takigawe (ISSP), čine je NMR laboratorij u Zagrebu značajno podignuo stupanj svoje konkurentnosti.

ZNANSTVENI PROJEKTI

Voditelj međunarodnih projekata

- 12/2015.–
12/2017. Unity through Knowledge Fund (UKF) projekt financiran od Svjetske banke "Quantum critical matter in strongly Correlated Electronic Systems Quantum CorES"; budžet: 200.000 EUR; 6 suradnika

Voditelj hrvatskih projekata

2015. – danas Koordinator projekta FO-PMF-a za EU banku za regionalni razvoj "CeNIKS Centar za Istraživanje Kompleksnih Materijala", budžet: 8.200.000 EUR,
2018. Potpora Sveučilišta u Zagrebu - "Kratkoročna financijska potpora istraživanju za 2018", budžet: 38.000 HRK, 6 suradnika,
2015. Potpora Sveučilišta u Zagrebu - "Prijava za potporu prijavama za međunarodne fondove 2014", budžet 15.000 HRK, 1 suradnik,

Suradnik na međunarodnim projektima

2019. – danas MZO bilateralni projekt Hrvatska-Srbija "Ispitivanje hipertermijskog i MRI dijagnostičkog potencijala magnetskih nanočestica na bazi oksida željeza", budžet 6.000 EUR, 6 suradnika,
2009. – 2012. FP7 projekt No.229390 "SOLeNeMaR", budžet 845.000 EUR, 15 suradnika,
2005. Suvoditelj jednog od paketa na FP6 projektu No.516938 "WYP2005 EUROPE", ukupni budžet 2.083.000 EUR, budžet paketa (20 suradnika): 15.000 EUR,

Suradnik na hrvatskim projektima

2018. - 2022. HRZZ Projekt No.2970 "MicroS"; 156.000 EUR; PI: Miroslav Požek,
2018. MZO potpora "Podrška projektima koji su dobili pozitivan evaluacijski izvještaj nakon 1. siječnja 2017. godine, ali nisu bili financirani od strane Europske komisije" za prijavljeni projekt "Cutting Edge Magnetic Resonance for studies of competing electronic states in emerging materials",
2014. - 2018. HRZZ Projekt No.2729 "LOMEDY"; 126.000 EUR; PI: Miroslav Požek,
2007. - 2012. MZOS Projekt "Mikrovalna istraživanja novih materijala", 108.000 EUR, PI:

NASTAVNA ZADUŽENJA

U zadnjih pet godina sam kao nositelj (ili jedan od nositelja) držao nastavu na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na sljedećim kolegijima:

Ak. godina	Kolegij	Norma sati nastave
2018./2019.	Praktikum iz moderne fizike	45
	Fizika (Molekularna biologija)	82.5
	Praktikum iz fizike čvrstog stanja	-
2017./2018.	Praktikum iz moderne fizike	45
	Fizika (Molekularna biologija)	82.5
	Praktikum iz fizike čvrstog stanja	45
2016./2017.	Praktikum iz moderne fizike	45
	Fizika (Molekularna biologija)	82.5
	Praktikum iz fizike čvrstog stanja	45
2015./2016.	Praktikum iz moderne fizike	45
	Fizika (Molekularna biologija)	82.5
	Fizika (Znanost o okolišu)	60
	Praktikum iz fizike čvrstog stanja	45
2014./2015.	Praktikum iz moderne fizike	45
	Fizika (Molekularna biologija)	82.5
	Fizika (Znanost o okolišu)	60
	Praktikum iz fizike čvrstog stanja	45
	UKUPNO:	937.5

INSTITUCIONALNI DOPRINOS

- Tajnik Hrvatskog fizikalnog društva (HFD) 1.1.2016.-1.1.2018
- Koordinator Dana otvorenih vrata Fizičkog odsjeka PMF-a 2015
- Član povjerenstva za sukob interesa PMF-a

- Voditelj radionice na Fizičkom odsjeku PMF-a

POPULARIZACIJA ZNANOSTI

- | | |
|-------------|---|
| 2019 | Predavanje "Što znači biti istraživač fizike?", Dan otvorenih vrata Fizičkog odsjeka |
| 05.03.2018. | Predavanje "Život istraživača život putnika" i "Većina učenika je već upoznala kvantni magnet" u OŠ Giuseppina Martinuzzi, Pula |
| 02.03.2018. | Predavanje "Većina učenika je već upoznala kvantni magnet", u OŠ "Duro Ester", Koprivnica |
| 2017. | Predavanje "Smrt i uskrsnuće teškog elektrona", Dan otvorenih vrata Fizičkog odsjeka |
| 2005.-2007. | Suosnivač i voditelj projekta za popularizaciju fizike u srednjim i osnovnim školama: Fizika ekspres |

RECENZENT

- Recenzent članaka za Physical Review B (dosad 2), Physical Review Letters (dosad 2) i MDPI Condensed Matter (dosad 2)
- Vrednovatelj projekata za Hrvatsku zakladu za znanost (dosad 4)