

# Nenad Kralj

nezavisni voditelj grupe



## kontakt

Sveučilište Leibniz u  
Hannoveru  
Institut "Albert Einstein"  
Hannover  
Njemačka

✉ [nenad.kralj@aei.mpg.de](mailto:nenad.kralj@aei.mpg.de)

🔗 [Google Scholar](#)  
🆔 [ORCID](#)

## jezici

hrvatski materinji  
engleski C2  
talijanski B2  
francuski A2

## programiranje

C, Fortran  
Matlab, Python

## interesi

kvantna optomehanika  
kvantna optika  
čestična astrofizika

## radno iskustvo

### Puno radno vrijeme

06/2022- **Voditelj nezavisne grupe** Sveučilište Leibniz u Hannoveru, Njemačka  
U sklopu klastera izvrsnosti "Quantum Frontiers" vodim malu grupu fokusiranu na kvantnu optomehaniku. Trenutni projekti vezani su uz razvoj optomehaničke kvantne memorije i optomehanike na sobnoj temperaturi. Osigurana su financijska sredstva za eksperimentalnu opremu i zapošljavanje jednog do dva doktoranda/ice.

09/2019-  
-03/2022 **Grupa Alberta Schliessera** Sveučilište u Kopenhagenu, Danska  
Poslijedoktorand. Radio na projektu hlađenja membrane postavljene u optičku šupljinu ("membrane-in-the-middle", MIM) od sobne temperature u osnovno kvantno stanje. Također koristio MIM postav za razvoj dugoživiće mehaničke memorije za fotone. Nadgledao tri doktoranda.

08/2018-  
-09/2019 **Grupa Jacka Harrisa** Sveučilište Yale, Connecticut, SAD  
Poslijedoktorand zadužen za proučavanje topoloških struktura u nehermitskim sustavima uz pomoć MIM postava. Implementirao sheme s tri i šest optičkih zraka za interakciju s izrazito nedegeneriranim modovima membrane u potrazi za izvanrednom točkom ("exceptional point", EP) trećeg reda i potprostor EP-ova drugog reda u njezinoj blizini, koji sačinjava trolisni čvor. Nadgledao dva doktoranda.

03/2014-  
-09/2017 **Grupa Davida Vitalija** Sveučilište u Camerinu, Italija  
Doktorand, implementirao povratnu spregu za kontrolu fluktuacija optičkih zraka u eksperimentima s MIM šupljinom. Doprinio formuliranju pripadajuće teorije, posebice interakcije više modova. Demonstrirao da prikladna povratna sprega rezultira poboljšanjem optičkog hlađenja membrane, kao i da se optomehanički sustav time može promovirati u režim snažne interakcije. Nadgledao nekoliko MSc studenata.

09/2013-  
-10/2015 **Grupa Marina Karuze** Sveučilište u Rijeci, Hrvatska  
Asistent u Laboratoriju za nelinearnu i kvantnu optiku. Držao vježbe iz različitih kolegija: opće fizike, klasične mehanike, statističke mehanike, elektronike i laboratorija moderne fizike.

### Članstva u kolaboracijama

TBD **LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)** Sveučilište Leibniz u Hannoveru, Njemačka

Članstvo je u procesu aktivacije. Sudjelovat ću u razvoju sheme za koherentno poništavanje kvantnog šuma u detekciji gravitacijskih valova.

01/2023- **Einstein Telescope** Sveučilište Leibniz u Hannoveru, Njemačka  
Jedan od članova kolaboracije zaduženih za osmišljavanje i realizaciju sustava za izbjegavanje kvantne povratne sprege i time postizanje osjetljivosti bolje od tzv. standardne kvantne granice.

cont'd

09/2014-  
-09/2017

**CAST (CERN Axion Solar Telescope)**

CERN, Švicarska/Francuska

Snimao Sunce desetak dana svakog ožujka i rujna u cilju kalibracije solarnog praćenja, tj. osiguravanja da je os magneta čije polje pretvara aksione u fotone ispravno usmjerena prema Suncu.

**Rad na zamjeni**

01/2013

**Osnovna škola Mihaela Šiloboda**

Samobor, Hrvatska

Nastavnik fizike na zamjeni.

**obrazovanje**

03/2014-  
-09/2017

**Ph.D.** (polje fizika, područje optomehanika)

Sveučilište u Camerinu, Italija

naslov disertacije: *Cavity Optomechanics with Feedback-Controlled Light*

mentor: prof. Giovanni Di Giuseppe

09/2007-  
-01/2013

**mag.phys.** (područje nuklearna fizika)

Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

naslov diplomskog rada: *Monopolna pobuđenja deformiranih atomskih jezgara*

mentor: prof. Tamara Nikšić

**stipendije**

10/2015-  
-05/2016

**Marie Skłodowska Curie ITN Fellowship**

Grupa Davida Vitalija, Sveučilište u Camerinu, Italija

Stipendija za doktorande u sklopu višegodišnjeg međunarodnog projekta "Cavity Quantum Optomechanics (cQOM)".

**financiranje i sudjelovanje na projektima**

**Kao voditelj nezavisne grupe**

- QuantumFrontiers Cluster of Excellence, project A42 (Independent Group Leader for Quantum Optomechanics)

**U grupi Alberta Schliessera**

- European Research Council project Q-CEOM (grant no. 638765)
- European Research Council project PHOQS (grant no. 101002179)
- Danish National Research Foundation (Center of Excellence "Hy-Q")
- Independent Research Fund Denmark (grant no. 1026-00345B)
- Novo Nordisk Foundation grant no. NNF20OC0061866
- Swiss National Science Foundation grant no. 177198
- European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No. 722923 (Marie Curie ETN - OMT)

## U grupi Jacka Harrisa

- Air Force Office of Scientific Research award no. FA9550-15-1-0270
- Vannevar Bush Faculty Fellowship no. N00014-20-1-2628
- National Science Federation grant no. DMR-1724923

## U grupi Davida Vitalija

- European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement no. 732894 (FET Proactive HOT)
- European Union's FP7-PEOPLE project under grant agreement no. 290161 (Marie Curie ITN - cQOM)
- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare project HUMOR

## U grupi Marina Karuze

- Hrvatska zaklada za znanost, projekt SAALP

## izlaganja znanstvenoj zajednici i javnosti

05/2022	<b>Konferencijsko izlaganje</b> O novom dizajnu optomehaničke MIM šupljine i napretcima ka postizanju osnovnog kvantnog stanja membrane na sobnoj temperaturi.	OPHO (Optoelectronics and Photonics), MIPRO 2022, Opatija, Hrvatska
03/2022	<b>Javno izlaganje</b> Online popularno predavanje o osnovama optomehanike i primjenama u razvoju kvantnih tehnologija.	Science@Home, Udruga Penkala, Hrvatska
11/2021	<b>Konferencijsko izlaganje</b> Ibidem.	Quantum Information and Measurement VI, Optica
07/2019	<b>Pozvano predavanje</b> O optomehanici sa svjetlošću kontroliranom povratnom spregom i izvanrednim točkama u optomehaničkim sustavima. Domaćin: Prof. Eva Weig	Sveučilište u Konstanzu, Njemačka
05/2018	<b>Pozvano predavanje</b> O napretcima u optomehanici i njezinim primjenama u kontekstu kvantnih računala i kvantne kriptografije. Domaćin: Doc. Robert Peter, predsjednik	Društvo matematičara i fizičara, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
03/2018	<b>Pozvano predavanje</b> O poboljšanju optičkog hlađenja u optomehaničkim sustavima uz pomoć povratne sprege nad svjetlosti, odnosno "squashinga" i "antisquashinga" optičkih fluktuacija. Domaćin: Prof. Ivan Favero	Sveučilište Paris Diderot, Pariz, Francuska
03/2018	<b>Pozvano predavanje</b> Ibidem. Domaćin: Prof. Markus Aspelmeyer	Sveučilište u Beču, Austrija
03/2018	<b>Konferencijsko izlaganje</b> Ibidem.	APS March Meeting, Los Angeles, Kalifornija, SAD
02/2018	<b>Pozvano predavanje</b> Ibidem. Domaćin: Prof. Jack Harris	Sveučilište Yale, Connecticut, SAD
10/2017	<b>Konferencijsko izlaganje</b> Ibidem.	SIF FisMat2017, ICTP, Trst, Italija
08/2016	<b>Konferencijsko izlaganje</b> O novoj metodi izrade SiN membrana visokog faktora kakvoće i proizvoljnog oblika za primjene u optomehanici.	iQUOEMS Conference, Erice, Italija
08/2016	<b>Javno izlaganje</b> O CAST-ovoj potrazi za aksionima na CERN-u, uz uvod u Standardni model, lom P- i CP-simetrije u slabim nuklearnim interakcijama, kao i problem loma CP-simetrije u jakim nuklearnim interakcijama, koji bi aksioni trebali riješiti.	Astronomski centar Rijeka, Hrvatska

cont'd

05/2016

### **Doprinos Wikipediji**

U sklopu Marie Curie ITN projekta "cQOM", značajno doprinio sadržaju Wikipedija stranice "Cavity optomechanics", posebno u dijelu matematičkog opisa, tj. Hamiltonijana sustava, jednadžbi gibanja, principa optičkog hlađenja i tzv. optičke opruge, kao i različitih parametarskih režima.

## **stručno usavršavanje**

### **Konferencije**

- OPHO (Optoelectronics and Photonics), MIPRO 2022, Opatija, Hrvatska, 23.-27. svi. 2022.
- Quantum Information and Measurement VI, virtualna konferencija, Optica, 1.-5. stu. 2021.
- APS March Meeting, Los Angeles, Kalifornija, SAD, 5.-9. ožu. 2018.
- Italian National Conference on Physics of Matter, Trst, Italija, 1.-5. lis. 2017.
- iQUOEMS conference, "Quantum interfaces with Nano-opto-electro-mechanical devices: Applications and Fundamental Physics", Erice, Italija, 31. srp. - 5. kol. 2016.
- Nuclear Structure and Dynamics II, Opatija, Hrvatska, 9.-13. srp. 2012.

### **Ljetne škole**

- Les Houches Physics School, "Quantum Optomechanics and Nanomechanics", Les Houches, Francuska, 3.-28. kol. 2015.
- Enrico Fermi Summer School, "Frontiers in Modern Optics", Varenna, Italija, 30. lip. - 5. srp. 2014.

### **Radionice**


- Foundations and Applications of Nanomechanics, ICTP, Trst, Italija, 25.-29. ruj. 2017.
- cQOM workshop, "From Photonics Research to CMOS Fabrication", Ghent, Belgija, 17.-19. svi. 2016.
- Diavolezza annual cQOM ITN workshop, Diavolezza, Švicarska, 31. sij. - 4. velj. 2016.
- cQOM ITN workshop, "Taking a Research Idea to a Product", IBM, Rüschlikon, Švicarska, 30. stu. - 1. pro. 2015.
- mnogobrojni seminari o prenosivim vještinama organizirani od strane doktorske škole u sklopu doktorata u Camerinu (npr. kako prezentirati znanstvene rezultate široj javnosti, kako napisati popularno-znanstveni rad, engleski jezik za pisanje znanstvenih radova, itd.)

## radovi u peer-reviewed časopisima i predtisci

- [1] M. Bjerregaard Kristensen, **N. Kralj**, E. Langman i A. Schliesser. *A Long-lived and Efficient Optomechanical Memory for Light*. 2023. arXiv: 2308.05206 [quant-ph].
- [2] S. A. Saarinen, **N. Kralj**, E. C. Langman, Y. Tsaturyan i A. Schliesser. "Laser cooling a membrane-in-the-middle system close to the quantum ground state from room temperature". *Optica* 10.3 (ožujak 2023.), str. 364–372. DOI: 10.1364/OPTICA.468590. URL: <https://opg.optica.org/optica/abstract.cfm?URI=optica-10-3-364>.
- [3] Y. S. S. Patil, J. Höller, P. A. Henry, C. Guria, Y. Zhang, L. Jiang, **N. Kralj**, N. Read i J. G. E. Harris. "Measuring the knot of non-Hermitian degeneracies and non-commuting braids". *Nature* 607.7918 (srpanj 2022.), str. 271–275. ISSN: 1476-4687. DOI: 10.1038/s41586-022-04796-w. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04796-w>.
- [4] CAST collaboration. "Improved search for solar chameleons with a GridPix detector at CAST". *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2019.01 (siječanj 2019.), str. 032–032. DOI: 10.1088/1475-7516/2019/01/032. URL: <https://doi.org/10.1088/1475-7516/2019/01/032>.
- [5] M. Rossi, **N. Kralj**, S. Zippilli, R. Natali, A. Borrielli, G. Pandraud, E. Serra, G. Di Giuseppe i D. Vitali. "Normal-Mode Splitting in a Weakly Coupled Optomechanical System". *Phys. Rev. Lett.* 120 (7 veljača 2018.), str. 073601. DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.073601. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.120.073601>.
- [6] S. Zippilli, **N. Kralj**, M. Rossi, G. Di Giuseppe i D. Vitali. "Cavity optomechanics with feedback-controlled in-loop light". *Phys. Rev. A* 98 (2 kolovoz 2018.), str. 023828. DOI: 10.1103/PhysRevA.98.023828. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevA.98.023828>.
- [7] CAST collaboration. "New CAST limit on the axion–photon interaction". *Nature Physics* 13.6 (lipanj 2017.), str. 584–590. ISSN: 1745-2481. DOI: 10.1038/nphys4109. URL: <https://doi.org/10.1038/nphys4109>.
- [8] **N. Kralj**, M. Rossi, S. Zippilli, R. Natali, A. Borrielli, G. Pandraud, E. Serra, G. Di Giuseppe i D. Vitali. "Enhancement of three-mode optomechanical interaction by feedback-controlled light". *Quantum Science and Technology* 2.3 (kolovoz 2017.), str. 034014. DOI: 10.1088/2058-9565/aa7d7e. URL: <https://doi.org/10.1088/2058-9565/aa7d7e>.
- [9] M. Rossi, **N. Kralj**, S. Zippilli, R. Natali, A. Borrielli, G. Pandraud, E. Serra, G. Di Giuseppe i D. Vitali. "Enhancing Sideband Cooling by Feedback-Controlled Light". *Phys. Rev. Lett.* 119 (12 rujan 2017.), str. 123603. DOI: 10.1103/PhysRevLett.119.123603. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.119.123603>.
- [10] E. Serra, M. Bawaj, A. Borrielli, G. Di Giuseppe, S. Forte, **N. Kralj**, N. Malossi, L. Marconi, F. Marin, F. Marino, B. Morana, R. Natali, G. Pandraud, A. Pontin, G. A. Prodi, M. Rossi, P. M. Sarro, D. Vitali i M. Bonaldi. "Microfabrication of large-area circular high-stress silicon nitride membranes for optomechanical applications". *AIP Advances* 6.6 (2016.), str. 065004. DOI: 10.1063/1.4953805. eprint: <https://doi.org/10.1063/1.4953805>. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4953805>.
- [11] T. Nikšić, **N. Kralj**, T. Tutiš, D. Vretenar i P. Ring. "Implementation of the finite amplitude method for the relativistic quasiparticle random-phase approximation". *Phys. Rev. C* 88 (4 listopad 2013.), str. 044327. DOI: 10.1103/PhysRevC.88.044327. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevC.88.044327>.

## recenzirani konferencijski radovi

- [1] **N. Kralj**, S. A. Saarinen, E. Langman, Y. Tsaturyan i A. Schliesser. "Optically cooling a room-temperature nanomechanical membrane resonator close to its quantum ground state". *2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MI-PRO)*. 2022., str. 215–218. doi: 10.23919/MIPR055190.2022.9803352.
- [2] **N. Kralj**, S. A. Saarinen, E. Langman, Y. Tsaturyan i A. Schliesser. "Cooling a nanomechanical membrane resonator from room temperature close to the quantum ground state". *Quantum Information and Measurement VI 2021*. Optica Publishing Group, 2021., F1B.4. doi: 10.1364/QIM.2021.F1B.4. URL: <http://opg.optica.org/abstract.cfm?URI=QIM-2021-F1B.4>.
- [3] S. A. Saarinen, **N. Kralj**, E. Langman, Y. Tsaturyan i A. Schliesser. "Towards Quantum Measurement and Control of a Nanomechanical Resonator at Room Temperature". *Conference on Lasers and Electro-Optics*. Optical Society of America, 2021., FTh2P.3. doi: 10.1364/CLEO\_QELS.2021.FTh2P.3. URL: [http://www.osapublishing.org/abstract.cfm?URI=CLEO\\_QELS-2021-FTh2P.3](http://www.osapublishing.org/abstract.cfm?URI=CLEO_QELS-2021-FTh2P.3).
- [4] D. Vitali, G. di Giuseppe, M. Rossi, S. Zippilli, **N. Kralj**, R. Natali, E. Serra, A. Borrielli i G. Pandraud. "Tailoring the Dynamics of a Nanomechanical resonator with (Anti)-squashed light". *APS March Meeting Abstracts*. Sv. 2018. APS Meeting Abstracts. Siječanj 2018., B27.013.

**ukupno citata:** 1208, **h-indeks:** 10, **i10-indeks:** 10  
( Google Scholar, svi podaci ažurirani 11. prosinca 2023.)