



## John R. Cooper, poznati fizičar i professor emeritus Sveučilišta u Cambridgeu

Ana Smontara



John R. Cooper

John Robert Cooper rođen je 18.11.1943. u Windsoru, Berkshire, Velika Britanija. Nakon gimnazije upisuje studij fizike na Imperial College of Science and Technology, Sveučilišta u Londonu gdje je 1964. diplomirao s odličnim uspjehom. Doktorirao u području fizike metala na Imperial College 1969. Član je Britanskog Instituta za fiziku (Britansko fizičko društvo) od 1974. Od 1969. do 1971. bio je stipendist-postdiplomand Kraljevskog društva (Britanska akademija) na Institutu za fiziku Sveučilišta u Genovi (Italija) gdje je kao suradnik prof. Carla Rizzuta radio na magnetskim i elektronskim svojstvima legura i intermetalika cerija. Od 1971. do 1972. radio je kao asistent na Sveučilištu u Nottinghamu i bavio se proučavanjem efekata magnetskih primjesa na tunelirajuće spojeve. Od 1972. do 1998. radio je na Institutu za fiziku Sveučilišta u Zagrebu kao istraživač, i kasnije voditelj nekoliko znanstvenih projekata. Bavio se istraživanjem fizike metala i nemetala proučavajući transport i magnetska svojstva metastabilnih sistema i organskih lančastih vodiča. Godine 1975. odlazi na godinu dana u Laboratoire de Physique des Solides, Orsay, Francuska, gdje je surađivao s tamošnjim znanstvenicima na proučavanju ponašanja organskih vodiča pod tlakom. Istovremeno aktivno surađuje s brojnim znanstvenicima u Europi na proučavanju organskih vodiča. Od 1989. radi na Sveučilištu u Cambridgeu, Cavendish Laboratory. Voditelj/kovoditelj je znanstvenih istraživanja, poglavito u području visoko-temperaturne supravodljivosti i profesor fizike na Sveučilištu u Cambridgeu. Godine 2012. postaje professor emeritus Cavendish Laboratory i Darwin College te nastavlja istraživanja i u suradnji s kolegama iz Hrvatske. Autor/koautor je velikog broja znanstvenih radova objavljenih u najprestižnijim časopisima u svijetu (poput Nature, Physical Review Journals, itd.) te dobitnik nagrade "Ruđer Bošković" za znanstveni rad 1991. godine.

**Rođeni ste u Windsoru, Velika Britanija, gdje je radio Vaš otac u avionskoj industriji u vrijeme rata. Poslije ste polazili osnovnu školu u blizini Wolvertona. Studirali ste i diplomirali na Physics Department, Imperial College of Science and Technology, University of London. Molim Vas opišite nam tijekom Vašeg školovanja. Što je u Vama probudilo interes za fiziku?**

Od 1954. do 1961. pohađao sam gimnaziju, u malenom gradiću Wolvertonu. Imao sam vrlo dobrog učitelja fizike, gospodina Reginalda Longa. On je magistrirao na Kings College u Londonu nakon što je tamo proveo neka znanstvena istraživanja. Mnogim učenicima njegova su predavanja bila teško razumljiva, ali ja sam uživao u njima. Također smo imali mnogo satova s dobrim vježbama i demonstracijama. Sjećam se kako je učitelj prosljeđivao male grijane blokove od aluminijske, bakra i drveta i pitao nas zašto ih osjećamo drugačije? Zatim pokusi: u staklenoj vakuumskoj posudi čulo

se zvono u kojem se zvuk nije mogao čuti prilikom ispumpavanja i stakleni blokovi za praćenje zraka svjetlosti i provjeru Snellovog zakona te demonstracija ogiba na Youngovim pukotinama. Spektakularna je bila vertikalna transformatorska zavojnica koja je bakreni prsten izbacila u zrak kad je bila uključena. U posljednjoj godini mjerio sam naboj elektrona pomoću Millikanove aparature, kao i petlju histereze feromagneta. Kod kuće, moj otac John, vješt alatničar, koji je napustio školu s četrnaest godina, ohrabrio me kupovinom časopisa pod nazivom *Wireless World* te sam sagradio mali kristalni prijemnik u svojoj spavaćoj sobi s velikom antenom u vrtu.



Slika 1. John Robert Cooper u svom vrtu u Cambridgeu tijekom ljeta 2021. godine.

**Vaša znanstvena karijera započeta je izradom doktorske disertacije *Some effects of magnetic impurities on superconductivity* u području fizike metala pod vodstvom profesora B. R. Colesa na Imperial Collegeu. Zašto ste odabrali baš to područje?**

Bryan R. Coles bio je izvanredan predavač i vrlo živahna osoba, vrlo dobro je na nas prenosio uzbuđenje i intelektualne izazove teme o kojoj je govorio. Uživao sam u njegovim predavanjima *Fizike čvrstog stanja* na posljednjoj, trećoj, godini diplomskog studija i vjerojatno sam osjećao da u to vrijeme postoje vrlo dobre mogućnosti za istraživanje i razvoj u industriji temeljenoj na znanosti u području fizike metala.

**Poslijedoktorsko usavršavanje započeli ste kao stipendist Royal Society (Akademija Velike Britanije) na Sveučilištu u Genovi (Italija). Taj period Vam je bio obilježen posebno izgradnjom eksperimetalnih uređaja za znanstvena istraživanja u suradnji s profesorom Carlom Rizzutom. Potom znanstvenonastavno usavršavanje nastavljate na Sveučilištu u Nottinghamu, te na Institutu za fiziku Sveučilišta u Zagrebu u grupi profesora Borana Leontića. Kojim ste se znanstvenim problemima tada bavili?**

S Carlom Rizzutom u Genovi radio sam na intermetalnim spojevima cerija kao što su  $\text{CeSn}_3$ ,  $\text{CePb}_3$  i  $\text{CeAl}_2$  koji se danas nazivaju teškim fermionskim materijalima, kao i razrijeđenim legurama  $\text{ThCe}$ . Preuzeo sam kriostat za mjerenje AC susceptibilnosti u malim poljima do temperatura tekućeg helija te napravio dodatne umetke za mjerenje termostruje (TEP) i specifičnog toplinskog kapaciteta. Tada sam prvi put sreo Emila Babića, asistenta Instituta za fiziku Sveučilišta (IFS) i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (PMF) u Zagrebu i na njegovu sugestiju izmjerio TEP nekih brzo kaljenih legura  $\text{AlMn}$ , mjerenja koja je kasnije nastavio i dovršio Zlatko Vučić (asistent IFS-a) u Zagrebu. Moji rezultati za spojeve Ce pokazali su da postoji neočekivano veliki elektronski doprinos specifičnoj toplini na temperaturama tekućeg helija, koji

je vjerojatno uzrokovan velikim vrhom elektronske gustoće stanja u blizini Fermijeve energije. Iz tog razloga, kada sam godinu dana proveo na Sveučilištu u Nottinghamu kao privremeni predavač, odlučio sam raditi s dr. Adrianom Wyattom na problemu tuneliranja elektrona. Nismo imali dovoljno vremena za nastavak istraživanja na seriju, ali radio sam eksperimente povezane uz Kondo efekt kod barijernih spojeva  $Al/Al_2O_3/Al$  i  $Al/Al_2O_3/Ag$  redom dopiranih dijelom jednoslojnog 3d elemenata. U ljeto 1972. oženio sam se s profesoricom fizike Marijom Novković u Zagrebu (slika 2) i sljedeće jeseni pridružio se grupi profesora Borana Leontića na IFS-u. Radio sam u njegovom timu na TEP-u (sa Z. Vučićem i E. Babićem) i magnetskoj susceptibilnosti (s Markom Miljakom (IFS)) brzo kaljenih legura AlT, gdje je T 3d prijelazni element, poput V, Cr ili Mn, a o teoriji sam diskutirao s Veljkom Zlatićem (asistent, IFS). Zanimljivo otvoreno pitanje u to vrijeme (na koje vjerujem da smo dobro odgovorili) bilo je ponašaju li se legure AlMn na isti način kao i obične Kondo legure, poput CuMn i CuFe, koje imaju znatno niže Kondo temperature. U sklopu ovog projekta, a nakon susreta s profesorom Jacquesom Friedelom, koji je bio član komisije za doktorsku disertaciju Emila Babića (PMF), početkom 1975. pozvan sam na mjesec dana u Laboratoire de Physique des Solides, Orsay, Francuska, kako bih izmjerio ovisnost električne otpornosti o tlaku AlMn, podatke koji su nam bili potrebni kako bismo razumjeli učinak toplinskog širenja na Kondo temperaturu. Nakon toga ponuđena mi je i gostujuća stipendija godinu dana za istraživanje ovisnosti o tlaku novootkrivenih kvazijednodimenzionalnih vodiča, poput TTF-TCNQ i TSeF-TCNQ u suradnji s dr. Denisom Jérôme i profesorom Meiron Wegerom. M. Miljak i ja smo već radili neka mjerenja magnetske susceptibilnosti na sličnim materijalima poput QnTCNQ<sub>2</sub> u suradnji s dr. Georgeom Grünerom iz Budimpešte. U tom su razdoblju ti visoko anizotropni kristali bili od velikog interesa za vodeće teoretičare kondenzirane tvari poput profesora Slavena Barišića i njegovih mladih kolega na IFS-u. Jedan od istaknutih događaja bila je *Međunarodna konferencija o lančastim vodičima* koju smo prof. S. Barišić, A. Bjeliš, B. Leontić, i ja organizirali u ljeto 1978. u Dubrovniku. Na njoj su sudjelovali najeminentiji znanstvenici u tom području J. Bardeena, L. P. Gor'kova, G. Shiranea, I. F. Schegoleva i mnogi drugi. Na kraju nam je svima od srca zahvalio jedan od njih, nobelovac J. Bardeen.

**Nakon više od dva desetljeća uspješne znanstvene karijere u Hrvatskoj, nastavljate svoju znanstvenonastavnu karijeru na Sveučilištu u Cambridgeu u Cavendish Laboratory. Kao voditelj znanstvenih istraživanja, posebno u području visokotemperaturne supravodljivosti i profesor fizike na Sveučilištu, obrazovali ste velik broj mladih znanstvenika. Možete li sustav znanosti i visoke naobrazbe u Velikoj Britaniji usporediti sa istim u Hrvatskoj?**

Na ovo mi je pitanje teško odgovoriti jer je tijekom mog života došlo do mnogih promjena u obje zemlje. Kad sam prvi put bio u Zagrebu, ugledni teoretičar iz Budimpešte, koji je ovdje bio u posjetu, postavio mi je slično pitanje, na što sam odgovorio: “Pa neke su stvari bolje, a neke lošije”. Brzo je u trenu zapitao: “Što je bolje?” Na pitanje sam brzo odgovorio: “Pa za početak, oženjen sam”, prije nego što sam rekao da je na IFS-u bilo mnogo mladih istraživača koji su bili entuzijasti, talentirani i pravi prijatelji. Kad sam počeo, samo je oko 10 % britanskih studenata išlo na sveučilišta, a studenti prirodoslovlja osobito su bili podržani velikodušnim državnim potporama ako su njihovi rezultati na nacionalnim ispitima bili dovoljno dobri. Danas se taj broj popeo na više od 40 %, a studenti dobivaju studentske kredite koje vraćaju kasnije kad im plaće dosegnu određeni prag. Prvih 20-ak godina moje karijere Hrvatska je bila dio bivše Jugoslavije. U to vrijeme mi eksperimentalci smo u našim istraživanjima pokušavali pomoći ili surađivati s raznim industrijama, lokalno i u drugim republikama, vjerojatno s mješovitim rezultatima. Neke vrlo pozitivne stvari, koje su me se dojmile prvih godina u Zagrebu, bile su broj žena znanstvenica i kvaliteta govora engleskog

jezika koji svi govore. Mislim da Hrvatska danas nastavlja napredovati u znanstvenim istraživanjima. Neke od dobrih osobina prošlih vremena, koliko sam mogao zaključiti, zadržani su čimbenici poput poštivanja poštenih ljudi koji vrijedno rade, kvalitete obrazovanja i ravnopravnosti spolova. Za mene je jako tužno što je Velika Britanija napustila Europsku Uniju, ali vjerujem da će Hrvatskoj i dalje biti od koristi što je dio onoga što smatram plemenitom institucijom koja je snaga za umjerenost, napredak i mir.



*Slika 2. John R. Cooper sa suprugom, profesoricom fizike, Marijom Cooper rođ. Novković, u lipnju 1995. godine.*

**Cijelu Vašu karijeru obilježila je suradnja sa svjetski poznatim grupama znanstvenika, u čijem središtu su bila istraživanja u području fizike kondenzirane tvari. Molim Vas opišite neke od tih suradnji koje su na poseban način i usmjerile Vašu znanstvenu karijeru.**

Opet, na ovo pitanje je teško odgovoriti. Kao što kažete imao sam sreću raditi s relativno velikim brojem izvanrednih znanstvenika, imao izvrsnog voditelja mog doktorata te sam već spomenuo neke od ljudi koji su bili važni ranije u mojoj karijeri. Uvijek sam uživao u razgovorima s teoretičarima i nadam se da su bili od obostrane koristi. Gledajući unatrag, pretpostavljam da je Laboratoire de Physique des Solides u Orsayu bio najbolji istraživački centar u kojem sam radio prije dolaska u Cambridge. No u Zagrebu su mi koristile posjete najeminentnijih znanstvenika u našem području G. Grünera, K. Holczera i A. Janossyja iz Budimpešte, D. Caplina i B. Colesa s Imperial Collegea, C. Rizzuta iz Genove i M. Wegera iz Tel-Aviva, kao i izvanrednih teoretičara S. Brazovskii, L. P. Gor'kov, G. J. Morgan, A. Zawadowski i još poznatiji ljudi poput J. Friedela, P. G. de Gennesa i N. F. Motta. Također, dok sam bio na IFS-u, mogao

sam kraće ili duže boraviti u laboratorijima u inozemstvu, što mi je bilo od znanstvene i financijske pomoći. Kod tih znanstvenoistraživačkih boravaka, na odabir istraživačkih projekta utjecao je i moj domaćin. U Interdisciplinarnom istraživačkom centru za upravljivost (IRCS) u Cambridgeu, kojim je upravljao profesor Yao Liang, a kasnije profesor Archie Campbell, od znanstvenika poput mene očekivalo se da će potrošiti oko 50 % svog vremena na “kolektivne” projekte. Tako su na znanstveni program utjecali direktori i pet kodirektora IRCS-a s odsjeka za fiziku, kemiju, znanost o materijalima, znanost o Zemlji i inženjering. U tom sam razdoblju uživao u dugoj i plodnoj suradnji s dr. Johnom Loramom i profesorom Jefferyom Tallonom, a također sam radio i s nekim izvanrednim studentima doktorskih studija i postdoktorskim istraživačima.



Slika 3. Pozvano predavanje J. R. Coopera na međunarodnoj konferenciji “*Physic of low dimensional conductors: Problems and perspective*” Institut za fiziku, Zagreb, 2012. godine.

### **Objavili ste u autorstvu/koautorstvu velik broj originalnih znanstvenih radova. Možete li izdvojiti neke od njih koji su Vama posebno značajni.**

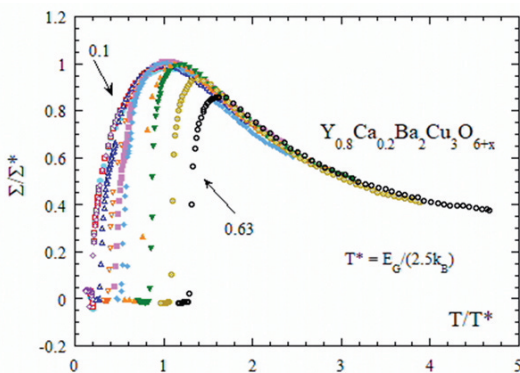
Mnogo je radova nastalih u koautorstvu na koje sam ponosan. Gledajući unatrag, moram spomenuti rad u Genovi na spojevima cerija i rad na IFS-u na magnetskoj susceptibilnosti i TEP brzo kaljenih legura AIT. Potom, u Orsayu smo prvi put pokazali da tlak ima vrlo snažan utjecaj na električnu otpornost kvazijednodimenzionalnih vodiča TTF-TCNQ, dok je druga grupa pokazala da frekvencija plazme samo slabo ovisi o tlaku. Danas, gledajući unatrag, to se može pripisati važnosti elektronsko-elektronskih korelacija. Na prijedlog Andrasa Janossyja napravili smo i prva mjerenja Hallovog učinka na organskom vodiču HMTSeF-TCNQ. Drugi vrhunski rad bio je mjerenje i razumijevanje neočekivanih kvantnih Hallovih učinaka u organskim supravodičima, Bechgaardove soli  $\text{TMTSF}_2\text{ClO}_4$  i  $\text{TMTSF}_2\text{PF}_6$  što je napravljeno u suradnji i s Michelom Ribaultom, teoretičarom Gillesom Montambauxom, a uz korisne primjedbe profesora Marijana Šunjića (PMF, Zagreb). Potom istraživanja magnetootpornosti Bechgaardovih soli na IFS-u, rađena u suradnji s dr. László Forróm i tada doktorandicama Bojanom Hamzić i Katicom Biljaković, neočekivano smo ukazali na postojanje Kohlerovog pravila, što je u to vrijeme bilo posebno uzbudljivo. Spomenuo bih još i radove koji su uključivali nelinearne efekte valne gustoće spina u Bechgaardovim solima, kojima se opsežno bavila Silvia Tomić (IFS). Također bila mi je velika čast 1991. godine primiti nagradu “Ruder Bošković” za znanstvena istraživanja.



Slika 4. John R. Cooper (u sredini trećeg reda) s kolegama ispred novog laboratorija "Interdisciplinary Research Centre in Superconductivity", Sveučilišta u Cambridgeu, 1992. godine.

Kupratne supravodiče otkrili su nobelovci J. G. Bednorz i K. A. Müller tijekom godine dok sam radio u grupi G. Grünera na Kalifornijskom sveučilištu u Los Angelesu. Intenzitet i uzbuđenje bili su takvi da sam, unatoč tome što je sa mnom bila i cijela moja obitelj, uspio sam izmjeriti TEP svog prvog uzorka YBCO na Božić 1986. Ponosan sam na posao koji sam tamo obavio otkrivajući tragove supravodljivosti u  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ , već i sugerirajući da je TEP dobar za određivanje koncentracije nosioca naboja, i videći potencijsko ponašanje Londonove dubine prodiranja  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  (YBCO), što se sada razumije u smislu uparivanja  $d$ -vala. Po povratku u Zagreb napravio sam zanimljiva istraživanja s L. Forróom i B. Leontićem o Londonovoj dubini prodiranja na kristalima Bi-2212. U Cambridgeu, IRCS je bio financiran od države na vrijeme od deset godina, počevši od 1988. nadalje. Ponosan sam na svoj rad s dr. Johnom Loramom i mnogim studentima na specifičnoj toplini i magnetskoj susceptibilnosti, radove o TEP-u, jedan koji pokazuje da se TEP doista može koristiti za određivanje koncentracije šupljina u kuprataskim supravodičima i drugi koji pokazuju da se TEP može prikazati kao omjer energije "pseudogap" ( $E_G$ ) i temperature  $T$  (slika 5). S prijateljem dr. Peterom Fordom, koji je također radio na IFS-u tijekom 1972. i 1973. godine, napisao sam rad o TEP-u spinskih stakala, koji je doveo do boljeg razumijevanja promjene predznaka termostruje uzrokovanih smrzavanjem spinskih stakala. Rad s J. W. Loramom o specifičnoj toplini mnogih obitelji kuprata važan je i danas, kada se još uvijek ne razumije temeljno podrijetlo supravodljivog mehanizma uparivanja i misteriozni pseudogap. Na IRCS-u smo po prvi put detektirali kvantne oscilacije u magnetizaciji novootkrivenog supravodiča  $\text{MgB}_2$ , a zajedno s naknadnim mjerenjima u jakim magnetskim poljima u Tallahasseeju na Floridi to je dovelo do dobrog razumijevanja mehanizma uparivanja fonona koji daje  $T_c = 40 \text{ K}$  u ovom spoju. Ponosan sam na rad na 3DXY skaliranju i ovisnosti o dopiranju šupljinama ireverzibilnog polja (važno za praktične primjene supravodljivosti) YBCO-a od kojih su neki obavljani s dr. Dinkom Babićem (PMF, Zagreb) koji je imao postdoktorsku stipendiju iz Hrvatske, kao i rad na Londonovoj dubini prodiranja s Christosom Panagopoulosom i na analizu koju sam napravio od podataka Timothyja Bensemana intrinzičnog tuneliranja kod Bi-2212, za koje se još uvijek nadam da mogu dovesti do boljeg razumijevanja supravodljivog mehanizma uparivanja u kupratima. U posljednjem desetljeću, iako nominalno u mirovini, uživao sam i u produktivnoj

suradnji s I. Kokanovićem (PMF, Zagreb) tijekom njegovih redovnih posjeta, a i drugih znanstvenika Cambridgeu. Kristali  $Tl_2Ba_2CuO_{6+x}$  koje sam dobio u Cambridgeu metodom fluksa, uz pomoć profesora Antonyja Carringtona i njegovih postdoktoranada, još uvijek koriste suradnici sa Sveučilišta u Bristolu, a nedavno su doveli do brojnih radova objavljenih u časopisima s velikim faktorom utjecaja.



Slika 5. Graf skalirane termostruje supravodiča u širokom rasponu temperatura. Preuzeto iz ref. J. R. Cooper, H. Minami, V. W. Wittorff, D. Babić i J. W. Loram, *Physica C* 341-348, 855 (2000).

**Osim u svojim znanstvenim radovima, ostavili ste dubok trag kao član Britanskog i Hrvatskog fizikalnog društva u obrazovanju studenata i odgoju mladih znanstvenika, svojim radom u povjerenstvima za ocjenu znanstvenih istraživanja, te procjenu njihovih rezultata prije objavljivanja u recentnim znanstvenim časopisima. Iz široke lepeze tih aktivnosti, navedite one koje su imale utjecaj na obrazovanje i znanost.**

Veći dio svog radnog vijeka na IFS-u i u Cambridgeu proveo sam u laboratoriju ili u obližnjem uredu. Tako je jedan od mojih glavnih utjecaja na obrazovanje bio nadzor studenata doktorskih studija i interakcija s mladim postdoktorskim istraživačima. Mnogi od njih sami ili s drugima kasnije su provodili vrhunska znanstvena istraživanja. Općenito, mislim da je većina njih imala koristi od ovog iskustva, iako su neki od samog početka bili nezaustavljivi. Godina 1977. i 1978. sam predavao na doktorskom studiju PMF-a u Zagrebu *Eksperimentalne metode u fizici kondenzirane materije*. U Cambridgeu sam komunicirao s mnogim studentima preddiplomskog studija na praktičnoj nastavi, kao što je na trećoj godini Josephsonov eksperiment, a na drugoj godini laboratorijske vježbe Valovi i Optika. Nadzirao sam i male grupe od dva do četiri studenta, pregledavajući probleme vezane uz predavanja poput *Termodinamike* i *Fizike čvrstog stanja* i povremeno sudjelovao u postavljanju i ocjenjivanju ispitnih radova za 100 ili više studenata u sklopu njihovih diplomskih kolegija.

**Hvala Vam na razgovoru, koji je zbog epidemioloških uvjeta vođen online, ali nije bio manje uzbudljiv od razgovora licem u lice. Na kraju Vas molim da uputite poruku učenicima, a napose onima kojima će fizika biti i životni poziv.**

Želio bih ponoviti nešto što mi je profesor Sebastian Doniach rekao dok sam bio doktorand: “Nađi nešto dobro i drži se toga!”. Važno je zabilježiti i objaviti svoje rezultate u primjereno vrijeme – niti prerano, niti prekasno. Također je važno pažljivo ispitati svoje eksperimentalne podatke i pronaći elegantna, objedinjujuća tumačenja ako je moguće. Dobro je odabrati profesiju poput znanstvenog istraživanja gdje su iskrenost, predanost, pažnja prema detaljima i komunikacija s vršnjacima toliko važni.