



Branko Gumhalter, istaknuti teorijski fizičar fizike površina i nanostruktura

Ana Smontara



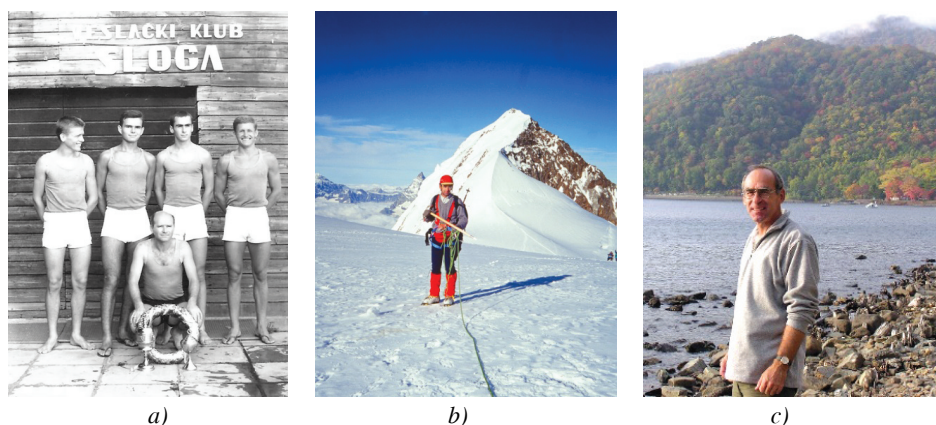
Branko Gumhalter

Branko Gumhalter je istaknuti hrvatski teorijski fizičar, zaslužni znanstvenik (emeritus) Instituta za fiziku u Zagrebu. Rođen je u Zagrebu 1947., gdje je pohađao osnovnu i srednju školu (V. gimnazija) i diplomirao na stručnom smjeru fizika Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1971., a doktorirao (1976.) na Imperial College u Londonu. Radio je u Institutu "Ruđer Bošković" (1972.–1976.) i Institutu za fiziku Sveučilišta (od 1976. do umirovljenja). Bio je gostujući profesor na sveučilištima Waterloo (Kanada), Genova (Italija), Institutu Fritz-Haber (Berlin, Njemačka), Rutgers (New Jersey, SAD), Bonn (Njemačka), Hokkaido (Japan), DIPC-San Sebastian (Španjolska). Bavi se fizikom površina i nanostruktura. Autor/koautor je oko 130 znanstvenih radova (od toga četiri revijalna rada i dvije knjige-monografije) u časopisima najvišeg faktora utjecaja kao što su Phys. Rev. Letters, Nature Physics i ACS Photonics. Vodio je nekoliko međunarodnih i bilateralnih istraživačkih projekata s Međunarodnom Agencijom za Atomsku Energiju (Beč), National Science Foundation (Washington, USA), Forschungszentrum KFA Jülich (Njemačka), European Science Foundation (Strasbourg), Universidad Autonoma de Madrid, Ruhr-Universität Bochum i Bavarskim uredom za znanstvenu suradnju (München). Godine 1996. International Centre for Theoretical Physics u Trstu dodijelio mu je nagradu Senior Research Associate Award, a Hrvatski Sabor dodijelio mu je godišnju Državnu nagradu za znanost 2002. godine. Osim u svojim znanstvenim radovima, B. Gumhalter ostavio je dubok trag i kao član hrvatske znanstvene zajednice, odgojivši niz istraživača/znanstvenika, kao mentor nekoliko diplomskih, magistarskih i doktorskih radova, ali i kao profesor izbornog kolegija *Neadijabatski i lokalizirani procesi na površinama* na poslijediplomskom studiju fizike kondenzirane materije Sveučilišta u Zagrebu. B. Gumhalter je znanstveno aktivan i kao emeritus pa smo ga stoga zamolili za razgovor na temu "Od čitatelja Matematičko-fizičkog lista do zaslužnog znanstvenika Instituta za fiziku", na što se vrlo ljubazno odazvao.

Molimo vas da navedete zanimljive detalje iz osnovne škole i gimnazije. Kada ste se zainteresirali za fiziku?

U osnovnoj školi smo dobili prve uvide u suštine prirodnih pojava, ali ključna je bila srednja škola, u mojem slučaju gimnazija. Upisao sam, tada, V. gimnaziju Bogdana Ogrizovića u Zagrebu i spletom okolnosti uvršten u razred koji je slijedio određeni eksperimentalni program s pojačanom nastavom iz matematike i fizike s po pet sati tjedno. To je bila izrazito dobra škola zbog izvrsnih nastavnika i sposobne uprave koju smo jako cijenili. Moje interese su odredile naša razrednica, profesorica matematike Danica Petričević i profesorica fizike Mira Šindler. Njihova briga za nas učenike bila je gotovo roditeljska. Kao vlastitoj djeci, a obje su ih imale po četvero, otvarale su nam nove obzore svojim prenošenjem znanja, ali i općih humanističkih

poruka za koje su smatrale da trebaju pratiti ta znanja. Njihovom inicijativom su se, mislim, već u drugom razredu mnogi od nas pretplatili na Matematičko-fizički list (MFL). To nam je omogućavalo daljnje širenje pojmova i ideja iz gradiva koje nas je interesiralo. Čitao sam MFL u slobodnom vremenu između školskih obaveza i veslačkih treninga (slika 1a) i pri tome su me posebno zanimali napisi i zadaci iz geometrijskih transformacija i naprednih geometrijskih konstrukcija trokuta i mnogokuta, tj. Mascheronijeve konstrukcije izvedive samo šestarom i Steinerove konstrukcije izvedive samo ravnalom, geometrijska preslikavanja poput homotetije i inverzije, Apolonijev problem konstrukcije kružnica koje dodiruju tri zadane kružnice i slično.



Slika 1. Branko Gumhalter – zaljubljenik u sport a) i prirodu b) i c).

- a) Omladinski prvaci Jugoslavije u četvercu bez kormilara 1964. g. Slijeva nadesno: Mladen Bujan, Marijan Šurmanović, Branko Gumhalter, Darko Papeš. Čuči trener Slavko Matoc.
 b) B. G. u masivu Monte Rosa na granici Italije i Švicarske, u pozadini Lyskamm i Matterhorn.
 c) B. G. na vulkanskom jezeru Shikotsuko na otoku Hokkaido u Japanu, snimljeno 2003. g. za vrijeme slobodne studijske godine (sabbatical).

Naš nastavni program iz fizike bio je baziran na američko-švedskom eksperimentalnom kursu PSSC, u kojem su učenici trebali interaktivno sudjelovati u nastavi postavljanjem i praćenjem serija laboratorijskih eksperimenata za koje smo dobili posebne priručnike, aparature i pomagala. Mene su se posebno dojmili eksperimenti iz valnih fenomena, od širenja valova u oprugama i na površini vode, do valova svjetlosti, čiju smo valnu duljinu mogli mjeriti vrlo priručnim sredstvima. Rezultat toga je bio da je iz našeg razreda od dvadeset i četiri učenika nas petero upisalo fiziku na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu (PMF) u Zagrebu 1966. godine.

Studirali ste fiziku na PMF-u u Zagrebu. Koje vas je područje u fizici najviše zaokupilo tijekom studija?

Nastava fizike na PMF-u odvijala se tada u staroj zgradi na Marulićevom trgu 19 u Zagrebu. Veći dio nastave na prvoj i drugoj godini studija (to su uglavom bili kolegiji opće fizike i matematike) se odvijao u velikoj amfiteatralnoj dvorani u kojoj je bilo lako pratiti serije zanimljivih i uzbudljivih eksperimenata oko kojih se razvijalo gradivo. Na prvoj godini nam je predavao prof. Mladen Paić, koji je i osmislio takav program (curriculum) *Opće fizike*, a na drugoj godini nastavio prof. Ivo Šlaus. Na tom stupnju studija su se već mogli pratiti afiniteti i uspješnost pojedinih studenata i to je otvaralo mogućnosti javljanja na natječeaje za studentske stipendije koje su raspisivali Institut "Ruđer Bošković" (IRB) i Institut za fiziku Sveučilišta u Zagrebu (IFS). S još nekolicinom kolega, a na inicijativu prof. I. Šlause, prijavili smo se na IRB-ovu stipendiju

za teorijsku fiziku, i svima su nam bile odobrene. To je značilo mogućnost nabave najpotrebnijih materijala za studij, posebno knjiga iz fizike i matematike koje su bile dostupne ili su se mogle naručiti u knjižarama. Mnoge od njih koristim kao priručnike još i danas. Na trećoj i četvrtoj godini predavali su se *Uvod u atomsku i statističku fiziku*, te udarni teorijski kolegiji *Klasična elektrodinamika* i *Kvantna mehanika*, koje je nadahnuto izlagao povratnik iz Velike Britanije Mladen Martinis. Uz to slušali su se i napredniji matematički kolegiji *Analiza III* i *Konačno dimenzionalni vektorski prostori* važni za formulaciju teorija navedenih teorijskih kolegija. Moram istaknuti da su naši nastavnici matematike svi bili vrhunski predavači. To sve je stvaralo solidnu bazu za poimanje i razumijevanje moderne fizike i naše opredjeljenje za kasniji znanstveni rad. Većina nas stipendista diplomirala je nakon četiri i pol godine studija. Odmah nakon diplome otišao sam u vojsku, a onda upisao poslijediplomski studij fizike čvrstog stanja jer mi se to činilo interesantno i perspektivno područje što se tiče zapošljavanja, kako u Zagrebu tako i općenito. Osjećao sam da će me u tome najviše interesirati kvantni opisi vremenskih evolucija sistema, što se kasnije i obistinilo.

Kako je tekao vaš poslijediplomski studij?

Sve poslijediplomske ispite na studiju fizike čvrstog stanja na Sveučilištu u Zagrebu sam položio tokom prve godine, ali nisam prišao izradi magistarskog rada jer se ukazala prilika za dobivanje doktorske stipendije u Velikoj Britaniji, na Imperial College (IC) u Londonu. Tamo su već ranije bili otišli zagrebački fizičari Marijan Šunjić s IRB-a i Veljko Zlatić s IFS-a. Na Odjel teorijske fizike u okviru Applied Mathematics Department na IC stigao sam u jesen 1973. gdje mi je dodijeljen mentor Dennis M. Newns, koji je već tada imao tri vrlo zapažena rada iz fizike elektronskih svojstava površina. Površine, koje omeđuju fizikalne, kemijske i biološke sisteme i preko kojih se ostvaruje izmjena energije i tvari u prirodi, dolazile su tada u fokus znanstvenog interesa jer ih je postalo moguće istraživati nadolazećim modernim eksperimentalnim i teorijskim metodama. IC je tada bilo vrlo živahno i protočno mjesto. Gotovo svaki tjedan održavali su se seminari vrhunskih stručnjaka iz pojedinih područja fizike tako da su studenti imali prilike slušati ih te postavljati svekolika pitanja u vezi izloženog, ali i općenito iz fizike. Oslanjajući se na prijašnje radove mentora razvio sam mnogočestične opise dinamičkog elektronskog zasjenjivanja atoma i molekula adsorbiranih na metalnim površinama (adsorbata) te predviđanja kako bi fenomen zasjenjivanja mogao utjecati na spektroskopska istraživanja svojstava takvih sistema. Rezultati su bili obećavajući, a na to su se nadovezale još i dvije sretne okolnosti. Prva je bila da su vodeći profesori teorijske fizike na Applied Mathematics Department i Theoretical Physics Department, profesori E. P. Wohlfarth i N. H. March, uočili i cijenili moj rad tako da me je prof. March poslao na simpozij pri Međunarodnom centru za teorijsku fiziku u Trstu gdje sam kasnije gostovao niz godina. Druga sretna okolnost je bila da je u vrijeme izrade mog doktorata u Londonu u okviru slobodne studentske godine (sabbaticala) gostovao prof. D. C. Langreth s Rutgers University i NORDITA, a koji se nekoliko godina ranije bio bavio sličnom problematikom te razvio zapažene metode za njen teorijski opis. Tada je bilo dogovoreno da će on biti vanjski ispitivač na obrani mog doktorata, s naslovom *Calculation of Dynamical Screening Effects in the Optical Properties of Chemisorbed Species* koji sam potom obranio u lipnju 1976. Djelomično zahvaljujući svim tim povoljnim okolnostima bio sam prvi koji je doktorirao u svojoj generaciji upisnika iz 1973. godine.

Posvetili ste se području fizike površina. Gdje ste se usavršavali u tom području? Molimo Vas da navedete barem nekoliko mjesta gdje ste boravili kao i znanstvenike s kojima ste posebno surađivali, što je i bitno doprinijelo da se pravci istraživanja na IFS-u prošire s eksperimentalnom i teorijskom fizikom površina osnivanjem Laboratorija za fiziku površina.

Nakon obrane doktorata bilo mi je odmah ponuđeno da nastavim s postdoktorskim usavršavanjem na istom mjestu, ali odlučio sam se vratiti obitelji u Zagreb. Nove

moćnosti su se otvorile na IFS-u gdje je direktor bio prof. Boran Leontić, koji je na toj funkciji naslijedio osnivača Instituta prof. Mladena Paića, a htio je proširiti pravce istraživanja s eksperimentalnom i teorijskom fizikom površina. Nastavio sam s proširivanjem teorijskih modela dinamičkog elektronskog zasjenjivanja adsorbata, a usput i razmišljao kako bi se mogla ustanoviti i eksperimentalna istraživanja na IFS-u.



Slika 2. Klaus Wandelt, Branko Gumhalter i Milorad Milun u Laboratoriju fizike površina na Institutu za fiziku 2010. g.

I opet se ispostavilo da jedne povoljne okolnosti mogu povući druge, kada je na 7. Svjetskom vakuumskom kongresu i 3. Konferenciji o površinama u Beču 1977. godine nobelovac prof. J. R. Schrieffer u svojem uvodnom predavanju istaknuo i moj rad kao primjer kako treba pristupiti interpretaciji spektroskopskih istraživanja površina, poglavito fotoemisijom. Time je moj rad bio valoriziran i počeo se citirati, što mi je sve omogućilo mnogo kontakata s eksperimentalcima u tom području. Nakon što je u međuvremenu jedna eksperimentalna grupa iz Münchena potvrdila neka od mojih predviđanja svojstava fotoemisijskih spektara adsorbiranih atoma i molekula, dobio sam poziv da sljedeće godine održim pozvano predavanje na 1. Evropskoj konferenciji o fizici površina (ECOSS-1, 1978.) u Amsterdamu. Tamo sam sreo kasnijeg dugogodišnjeg kolegu i prijatelja Klausu Wandelta koji je tada radio u Münchenu u grupi prof. Gerharda Ertla (kasnije nobelovca) na eksperimentima koje sam nastojao opisati. Pozvao sam ga da održi seminar na IFS-u u Zagrebu i da vidi da li bismo mogli razviti i eksperimentalna istraživanja. Pomno je razgledao postojeću opremu koju je već ranije bio sakupio prof. B. Leontić i predložio nadogradnju i rješenja koja bi omogućila kompetitivna istraživanja. Bilo je jasno da će rad budućeg *Laboratorija za površinsku fiziku* zahtijevati puni angažman novog čovjeka pa sam predložio svojem prijatelju iz studentskih dana, Miloradu Milunu, da pređe s dobro plaćenog mjesta voditelja Chromosovog NMR laboratorija na manje plaćeno, ali potencijalno uzbudljivo istraživačko mjesto na IFS-u. Da bismo dobili sredstva za nabavu aparature prijavili smo se na natječaje Međunarodne agencije za atomsku energiju i ona su bila odobrena u dva navrata. Šada smo mogli početi razmišljati o dizajnu aparature u čemu je uloga kolege Wandelta bila presudna. Suradnja s njim pretvorila se u cjeloživotno prijateljstvo koja nije jenjavala prilikom njegovog prelaska iz Münchena, najprije na Fritz-Haber-Institut u Berlinu, a kasnije na Universität Bonn (slika 2). U to vrijeme pridružio nam se i diplomand Petar Pervan tako da je time bila oformljena osnovna ekipa za eksperimentalne aktivnosti. U tome smo imali i svesrdnu podršku uprave Instituta na čelu s novoizabranim direktorom Goranom Pichlerom, te kasnije Čedom Vadmom. Dolaskom i instalacijom aparature počela su i prva respektabilna eksperimentalna istraživanja u fizici površina ne samo na IFS-u nego i u Hrvatskoj. U cijelom tom procesu pokazalo se koliko su bili važni međunarodni

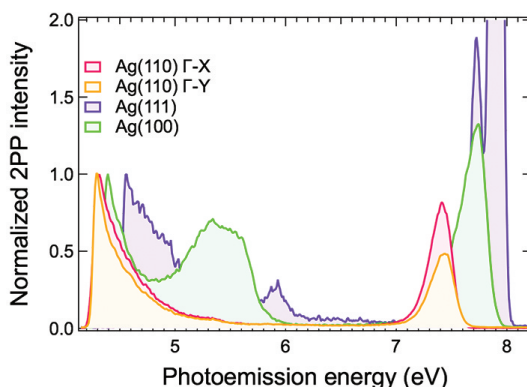
kontakti sa znanstvenicima u tom području. To je općenito vrijedilo i za ostala, već ranije ustanovljena istraživanja na Institutu.

Molimo vas da opišete ukratko svoj znanstveni rad. Koji su vaši najznačajniji doprinosi fizici? S kojim fizičarima, u Hrvatskoj i inozemstvu, posebno uspješno surađujete?

Kasnih 1970-tih i ranih 1980-tih godina istraživanja u fizici površina metodama fotoemisije i općenito raznih elektronskih spektroskopija ušla su u “zrelu fazu” te se pojavila i potreba za revijalnim prikazima mnoštva postignutih eksperimentalnih i teorijskih rezultata. U to vrijeme me je kontaktirao urednik revijalnog časopisa *Progress in Surface Science* (PSS) prof. S. G. Davison i predložio da za taj časopis napišem monografiju odnosno revijalni prikaz rezultata teorijskih opisa dinamičkih elektronskih svojstava površina i adsorbata. Nakon što sam mu poslao prvu verziju rukopisa na čitanje, pozvao me da provedem slobodnu studentsku godinu na njegovoj matičnoj instituciji University of Waterloo (UofW), Ontario, Canada. Sa suprugom i dvije kćeri proveo sam tamo jesenski i zimsko-proljetni semestar 1983./84., a domaćini su mi bili on i njegov kolega prof. W. K. Liu. Na njihovu inicijativu održao sam i seriju postdiplomskih predavanja na temu elektronske dinamike na površinama. U to doba počele su se razvijati i usavršavati nove metode istraživanja površina pomoću raspršenja nisko- i monoenergetskih snopova atoma i molekula pa sam na UofW počeo raditi na proširenju teorije elastičnog i neelastičnog raspršenja atoma na metalnim površinama koju sam već bio zagrizao u Zagrebu u suradnji s kolegom Željkom Crljenom s IRB-a. I opet se pojavio faktor sretnih okolnosti jer su van der Waalsovski potencijali, koje smo izračunali, dobro opisivali rezultate eksperimenata raspršenja atoma helija na adsorbatima koji su bili izvedeni uglavnom na Institutu KFA u Jülichu u Njemačkoj. Objavili smo seriju članaka o toj problematici, a u isto vrijeme je objavljena i monografija u PSS pod naslovom *Surface Electronic Excitations and Dynamical Spectral Properties of Adsorbates*. Nakon povratka u Zagreb uslijedili su pozivi za seminarske i studentske posjete raznim istraživačkim institucijama u Evropi. Problematiku vezanu uz konstrukcije potencijala za opis raspršenja na površinama na IFS-u je nastavio doktorand Davorin Lovrić koji je na njoj magistrirao i doktorirao, a u istraživanja su kasnije djelomično bili uključeni i fizičari iz Ljubljane. Moje predavanje na tu temu tokom konferencijskog boravka u Jülichu 1986. slušali su teoretičar prof. Andrea Levi s Università di Genova i eksperimentalac prof. Jan Peter Toennies, direktor Max-Planck-Instituta u Göttingenu, obojica aktivni u tom području. Oni su me pozvali da slično predavanje održim i na njihovim institucijama. U Genovi sam u proljetnom semestru 1987. održao seriju predavanja na tu temu, a s prof. Toenniesom načelno sam dogovorio buduću suradnju. Dodatne suradnje u Njemačkoj imao sam s prof. Klausom Hermannom s FHI u Berlinu i prof. Wilhelmom Brenigom u Münchenu. To je značilo da sam često putovao preko Alpa, iskorištavajući predahe za njihovo planinarsko istraživanje (*slika 1b*). Dodatni impuls tim istraživanjima dao je i projekt suradnje s mojim bivšim vanjskim mentorom doktorata prof. D. C. Langrethom, s kojim mi je bila omogućena suradnja putem dva uzastopna višegodišnja projekta financirana od strane National Science Foundation (NSF). U okviru tih projekata bio sam u više mjesečnih posjeta prof. Langrethu na Rutgers University, New Jersey (USA). Ovdje još treba dodati da smo u tom periodu K. Wandelt, M. Milun i ja objavili prikaz rezultata istraživanja naših grupa u monografiji *Selected Studies of Adsorption on Metal and Semiconductor Surfaces* u izdanju KFA Jülich. U 1990-tim godinama sam se gotovo potpuno koncentrirao na istraživanja raspršenja atoma i molekula na kristalnim površinama. Kako je financiranje Instituta početkom tih godina bilo vrlo ograničeno, morali smo se jako osloniti na projekte međunarodne suradnje. Obradujući rezultate istraživanja i mjerenja grupa u Göttingenu (prof. J. P. Toennies), Osnabrücku (K. J. Snowdon) i Münchenu (D. Menzel i W. Brenig) u Zagrebu smo razvijali modele za opis njihovih vrhunskih rezultata. U tom su učestvovali doktorandi Ante Bilić, Ante Aničić i Antonio Šiber. Nastavili smo

raditi na generalizaciji potpuno kvantnog opisa raspršenja niskoenergetskih atoma *He* na vibracijama površina započetom u suradnji s D. C. Langrethom i tu smo, po mojem sudu, a također i mišljenju recenzenata, objavili najkvalitetnije teorijske doprinose tome području u kasnim 1990-tim i ranim 2000-tim godinama.

Na prijelomu milenija bio je primjetan početak smanjivanja broja laboratorija za istraživanje površina monoenergetskim atomskim snopovima, uglavnom zbog visokih troškova održavanja tih pogona. Ulogu probnih instrumenata za istraživanje strukture i dinamike površina počeli su preuzimati jeftiniji laseri visoke snage i vrlo kratkog trajanja impulsa zračenja reda veličine nekoliko femtosekundi ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Mjerenja elektronskih svojstava atoma, molekula i kristala se obično izvode dvofotonskom fotoemisijom (2PPE) tako da se prvim pumpnim pulsom (prvim fotonom) elektroni prevedu (pobude) u stanja čija svojstva želimo istražiti, a onda drugim probnim pulsom (drugim fotonom) izbace iz sistema gdje prikladnim instrumentima možemo izmjeriti njihove karakteristike. Naravno, to postavlja pitanje interpretacije rezultata takvih eksperimenata, pa je time došlo vrijeme da se i mi preorijentiramo na novu vrstu teorijskih istraživanja koristeći iskustva i već razvijene modele korištene u dotadašnjim opisima dinamike površina. Početni impuls u tom smjeru dobio sam prilikom posjeta Hitachi Research Laboratories u Japanu gdje mi je ex-zagrepčanin Hrvoje Petek prikazao istraživanja površina tom eksperimentalnom tehnologijom. On je poznao moj prijašnji rad u teoriji fotoemisije pa mi je svratio pozornost na neke probleme koje smo kasnije zajednički riješili i potom objavili rad o površinskim stanjima na monokristalima bakra. To je bio početak naše plodne suradnje koja se posebno intenzivirala njegovim prelaskom na University of Pittsburgh (USA) i koja traje još i danas. Nakon toga sam dobio poziv mojeg starog znanca Pedra Echeniquea za dulji posjet njegovom institutu *Donostia International Physics Center (DIPC)* u San Sebastianu (Španjolska) gdje su se intenzivno bavili problemima površinskih elektronskih stanja metala. Boraveći na DIPC-u u nekoliko navrata razvio sam opis dinamičkog zasjenjivanja i raspršenja elektrona u površinskim vrpcama metala koje su tamo istraživali numeričkim metodama Jevgenij E. Čulkov i Vjačeslav M. Silkin, fizičari iz Tomska, najstarijeg sveučilišnog grada u Sibiru. U Zagrebu su se tom radu pridružili Nada Došlić i Predrag Lazić s IRB-a te student Faris El Shaer s Instituta za fiziku (IF). U okviru znanstvene suradnje s Japanom, gdje sam putovao u više navrata te proveo i slobodnu studijsku godinu 2003. (slika 1c), moj stari znanac prof. Hiromu Ueba i ja objavili smo revijalni članak o dvofotonskoj fotoemisiji koji je postao dobra podloga za daljnja teorijska istraživanja ultrabrzih elektronskih procesa na površinama. Ovo područje istraživanja vrlo se brzo razvijalo tako da smo bili pozvani da organiziramo međunarodni simpozij *Ultrafast Surface Dynamics 7 (USD7)* na Brijunima 2010. godine. Nakon uzvratnih posjeta Čulkova i Silkina Zagrebu objavili smo o problematici ultrabrze elektronske dinamike na površinama nekoliko zapaženih radova, a detaljniji opis teorijskih aspekata ultrabrze elektronske dinamike obradio sam u revijalnom članku *Stages of Hot Electron Dynamics in Multiexcitation Processes at Surfaces*, objavljenom u *Progres in Surface Science* 2012. godine. Ukazivanje na moguće postojanje takvih fenomena iniciralo je i neke vrlo delikatne i zanimljive eksperimente. Radilo se o mogućnosti postojanja posebnih vrlo kratko živućih elektronskih pobuđenja, tzv. tranzijentnih ekscitona na površinama, koje je onda uspjela detektirati eksperimentalna grupa profesora Peteka u Pittsburghu. Članak o tom fenomenu objavili smo u časopisu *Nature Physics* i odmah je privukao pažnju istraživača u tom području. Rad na ultrabrzim elektronskim procesima na površinama i njihovoj detekciji metodom višefotonske fotoemisije nastavio se baviti priključenjem mladih suradnika Dina Novaka i Vita Despoje s IF-a u Zagrebu te novih suradnika grupe profesora Peteka iz USA i Njemačke. Time se ova uzbudljiva istraživanja nastavljaju novim snagama (slika 3).



Slika 3. Reprezentativni fotoelektronski intenzitet dobiven visokorazlučivom dvofotonskom fotoemisijom elektrona s površina monokristala srebra.

Sudjelovali ste u izobrazbi mladih znanstvenika kod nas, a i u inozemstvu. Na Sveučilištu u Zagrebu uveli ste i poslijediplomski kolegij *Neadijabatski i lokalizirani procesi na površinama*.

Kao predsjednik Znanstvenog vijeća Instituta, a poučen vlastitim iskustvom o važnosti komunikacije i kontakata među znanstvenicima, nastojao sam stimulirati naše kolegice i kolege da čim prije obrane doktorate kako bi bili u poziciji da intenzivno znanstveno komuniciraju i surađuju i time se dalje usavršavaju. Također sam sudjelovao, odnosno djelovao u nastojanjima da se na Institut pozivaju eminentni znanstvenici iz inozemstva u seminarske i studijske posjete kako bi se ta komunikacija mogla ostvarivati i unutar kuće. Imali smo respektabilne predavače i posjetitelje, uključujući i nobelovce (slika 4). Na temelju predavanja održanih na University of Waterloo (Canada) i Università di Genova koncipirao sam predavanja za izborni kolegij *Lokalizirani i dinamički procesi na površinama* na postdiplomskom studiju fizike u Zagrebu



Slika 4. Djelatnici Instituta za fiziku s profesorom Danom Schetmanom, dobitnikom Nobelove nagrade za kemiju 2011. godine za otkriće kvazikristala, tijekom njegove posjete Laboratoriju za fiziku transportnih svojstava (voditeljice Ane Smontare) 16. 4. 2013. B. Gumhalter u sredini s gostom D. Schetmanom.

Autor ste respektabilnog broja znanstvenih radova i nekoliko zapaženih znanstvenih knjiga/monografija. Kojom problematikom se one bave? Za svoje doprinose u znanosti nagrađivani ste u zemlji i inozemstvu.

Do sada sam objavio oko 130 znanstvenih radova, od toga četiri revijalna rada i dvije knjige – monografije. U redovnim časopisima najvišeg faktora odjeka (impact factor) kao što su *Phys. Rev. Letters* objavio sam osam radova, u *Nature Physics* jedan rad i u *ACS Photonics* jedan rad (ovdje nisu ubrojani revijalni radovi čiji pripadni časopisi obično imaju više impact faktore). Za rad sažet u monografiji *Single- and Multiphonon Atom-Surface Scattering in the Quantum Regime* objavljenoj 2001. godine u *Physics Reports*, dobio sam *Godišnju nagradu Sabora Republika Hrvatske za znanstveno djelo u 2002. godini*. U 1990-tim godinama dobio sam na International Centre for Theoretical Physics (ICTP) u Trstu nagradu *Senior Research Associate Award* što je podrazumijevalo i pripadnu poziciju pri ICTP. To mi je omogućavalo da tamo dulje boravim i koristim znanstvene resurse Centra (slika 5). Ondje sam 1992. godine u suradnji s prof. Andreom Levijem (Genova) i Fernardom Floresom (Madrid) organizirao znanstveni skup *Energy Transfer in Interactions with Surfaces and Adsorbates* što je rezultiralo i monografijom istog naslova u izdanju World Scientific.



Slika 5. Branko Gumhalter, nobelovac Walter Kohn i T. V. Ramakrishnan na proslavi 40-te obljetnice ICTP u Trstu.

Bili ste u uredništvu uglednog međunarodnog časopisa *Surface Science*, stalni ste ocjenivač visoko rangiranih međunarodnih časopisa *Physical Review B*, *Physical Review Letters* i *Surface Science*. Koje još dužnosti obavljate?

U 1980-tim i 1990-tim godinama bio sam aktivan u Uređivačkom odboru znanstvenog časopisa *Surface Science*, sekciji *Surface Science Division of the European Physical Society*, te u *Surface Science Division of the International Union of Vacuum Science, Technics and Applications*. Te su dužnosti ujedno podrazumijevale učestvovanja u radu znanstvenih i organizacionih odbora brojnih međunarodnih konferencija u organizaciji tih tijela.

Vaša mlada kćer završila je studij geofizike na PMF-u, a Vaš je unuk kao polaznik prvog razreda osnovne škole bio posjetitelj *Otvorenih dana Instituta za fiziku*. Hoće li se i on opredijeliti za fiziku?

Sretan sam da su se naša djeca priklonila pozivima koji proizlaze iz prirodoslovlja. Rade u svojim strukama, biotehnologiji i geofizici. Nadam se da će se tako opredijeliti i unuci koji već pokazuju određene afinitete prema prirodoslovlju (slika 6). Starija unuka se već opredijelila za komunikacijske vještine.



Slika 6. Posjet 1.a razreda OŠ Bukovac Otvorenom danu Instituta za fiziku 22. 04. 2016. Tom prilikom je B. G. bio domaćin posjeta razreda svojeg unuka.

Molim Vas da uputite poruku učenicima srednjih škola koji bi se više željeli posvetiti fizici.

Kako i zašto sam se odvažio studirati i baviti se istraživačkim radom u fizici? Kao i mnogi iz moje generacije često sam u djetinjstvu izrađivao svoje igračke. Počelo je izradom vodeničnih kola-mlinova koje sam postavljao po sljemenskim potocima. Kasnije sam, u školskoj dobi izrađivao elektromagnete i elektromotore od priručnog materijala, izrađivao modele aviona i brodova, izvodio kućne eksperimente iz kemije, mrežicama lovio žabe i daždevnjake po okolnim barama, i tome slično. Takve aktivnosti su mnogima bile preduvjeti da se kasnije zainteresiraju za prirodoslovje, tehniku i znanost. I, kao što sam već napomenuo, u mojem slučaju ključnu ulogu u odabiru budućeg poziva odigrala je srednja škola i profesori koji su nam predavali.

Na kraju, volio bih da se iz ovog napisa iščitaju neke poruke koje smatram važnim za sve one koji se žele baviti fizikom i istraživačkim radom uopće. Kad smo upisivali studij nismo znali da li ćemo se moći zaposliti s diplomom fizike, ali smo vjerovali da će studij biti interesantan i uzbudljiv. Potvrdio se kao takav, a i činjenica je da smo nakon diplomiranja svi našli posao, direktno ili posredno vezano sa strukom. Zato mislim da svi mladi ljudi koji osjećaju želju i strast prema fizici, trebaju slijediti svoj žar i odabrati je kao svoje zanimanje jer će im to, uz sve moguće poteškoće, pružiti zadovoljstvo i ispunjeni život. Pri tome trebaju pratiti neka univerzalna pravila koja vrijede za znanost kao što su predanost, strpljenje, kritička radoznalost koja uključuje analitičko i sintetičko razmišljanje, otvorenu komunikaciju te kolegijalnost u poslu. Otvarat će vam se mogućnosti suradnje sa stručnim ljudima divnih karaktera po cijelom svijetu. Slijedeći sve to, sigurno ćete biti nagrađeni zadovoljstvom. Prilikom ispraćaja u mirovinu prisutnima sam se obratio riječima:

U cijelom svojem aktivnom radu u znanosti osjećao sam se izrazito privilegiranim jer sam radio ono što bi mi u nekim drugim okolnostima bio hobi. Cijelo to putovanje kroz fiziku bilo je izrazito uzbudljivo, ispunjujuće i zahvalan sam svima koji su doprinijeli i omogućili mi da se tako osjećam. Posebno mi je bilo zadovoljstvo na tom putovanju sretati i upoznavati jako pametne ljude čija su mi nekad i najmanja objašnjenja te savjeti i podrške mnogo značili u mojem radu.