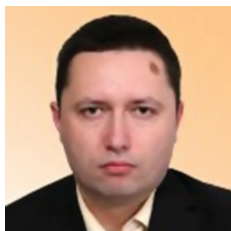




## Hrvoje Abraham, teorijski fizičar, stručnjak za računalne metode i simulacije

Ana Smontara

**U godini nakon obilježavanja 75 godina izlaženja Matematičko-fizičkog lista (MFL) zamolili smo za razgovor Hrvoja Abrahama – teorijskog fizičara i čitatelja lista od ranog djetinjstva, ali i poznavatelja priloga preko tristo brojeva lista kojeg prati i koji ga veseli sve do danas.**



*Hrvoje Abraham*

Hrvoje Abraham rođen je 1978. u Koprivnici. Maturirao je 1996. na Gimnaziji “Fran Galović” u svom rodnom gradu. Kao srednjoškolski učenik sudjelovao je uspješno na mnogim državnim natjecanjima i međunarodnom natjecanju srednjoškolskih učenika iz fizike (27. Međunarodna olimpijada iz fizike, Oslo, Norveška, 1996., gdje je bio pohvaljen). Studij teorijske fizike završio je 2003. na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomskim radom *Simulacija formiranja bozonskih i fermionskih zvijezda* (mentor dr. Nevenko Bilić). Zaposlio se na Institutu Ruđera Boškovića kao znanstveni novak na

znanstvenom projektu MZOS-a Temeljne interakcije u fizici elementarnih čestica i kozmologiji (2002.–2005., voditelj dr. Branko Guberina). Iste godine upisao je novouspostavljeni doktorski sveučilišni studij teorijske fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Pod vodstvom voditelja dr. Bilića radi na temama iz područja kovarijantne mehanike, kozmologije i fizike čestica pri čemu mnogo pažnje ulaže u primjenu računala i numeričkih metoda. Početkom 2007. napušta akademski rad i prelazi u privatni sektor na poziciju financijskog analitičara Raiffeisenbank u Zagrebu. U razdoblju 2008.–2014. radi na formiranju softverske startup kompanije koju četiri godine vodi na mjestu direktora i programera numeričkih metoda. Trenutno je voditelj odjela u firmi AVL-AST d.o.o. koja se bavi razvojem softverskih rješenja za napredne inženjerske simulacije. Autor je desetak znanstvenih radova iz teorijske fizike, matematike i numeričkih algoritama. Redovito i s velikim interesom prati i proučava matematičke metode i računalne simulacije fizičkih procesa.

**Rođeni ste u Koprivnici gdje ste završili osnovnu školu i gimnaziju. Koja su Vam najljepša sjećanja iz tog razdoblja i kako je okolina utjecala na Vaš rani interes za prirodne znanosti?**

Interes za znanost se pojavio vrlo rano i svakako već u predškolskoj dobi, na poticaj roditelja, tate Branka i mame Kate. Sjećanja mi sežu do četvrte godine i učenja brojanja, prvo do 10, pa me znatiželja vodila dalje, koji je idući. Sjećam se da sam sjedio tati u krilu i tjerao ga da mi napiše sve brojeve do 100 pa do 400. Ranih 80-tih se roba u dućanima umatala u papire koje sam, u nedostatku bilježnica, potpuno ispunio raznim raspisima brojeva. Sjećam se da je kutija cipela dolazila umotana u najveći papir, taj mi je bio omiljen i te su prilike bile poput praznika. Već do prvog razreda sam razvio pojam osnovnih računskih operacija koje bih obavljao velikom brzinom i nad većim brojevima. Formativno

gledano, u tom su razdoblju ključne bile tatine stare školske knjige i časopis MFL, a poneku bih posudio i od susjeda. Tako sam se, svakodnevno upijajući novu materiju, već u šestom razredu borio s trigonometrijskim zadacima iz legendarne zbirke Stjepana Mintakovića. Najveći skok je nastupio u sedmom razredu knjigom Infinitesimalni račun autora Đure Kurepe, Ignacija Smoleca i Stjepana Škreblina o problemima tangente i primjerom kako od lista papira napraviti kutiju što većeg volumena. Tehnike analize su me time potpuno osvojile. Roditelji su nam 1988. kupili legendarni Commodore 64. Osim igranja, brat Matija i ja bi prepisivali nekad male nekad ogromne komade programskog koda iz knjige primjera, i razvijali svoje stvari. Kulminacija cijele te priče je bio software za vizualizaciju i traženje nultočaka i ekstreme funkcija koji sam kreirao u Simons' BASIC-u pri završetku osmog razreda. Do danas ponosno čuvam bilježnicu s desecima stranica bilježaka. Brat i ja kao mali naučili smo igrati šah i kartati belu, šnaps, remi, preferans i poker i to je bio prvi kontakt s kombinatorikom, vjerojatnošću, očekivanjima, rizikom, taktikom i strategijom. Taj aspekt smatram iznimno bitnim za svoj razvoj i mnogi vrhunski fakulteti te igre uvrstavaju u svoje programe. Vjerojatnost i kombinatorika kriju mnoge neintuitivne zamke s kojima se onda bore i ljudi u odrasloj dobi i moderna umjetna inteligencija. U tolikoj si prednosti što ranije to savladaš, nešto kao intelektualna varijanta vodenih kozica. Tijekom osnovnoškolskog školovanja interes za matematikom je primjećen od strane učiteljica Marije Bogadi, Marije Puhalo i Katice Pošte. Učiteljica Pošta mi je posuđivala napredne zbirke zadataka i nakon nekoliko godina svakodnevnog truda sam u osmom razredu imao prilike sudjelovati na svom prvom državnom natjecanju iz matematike.



*Hrvatska ekipa na 27. Međunarodnoj olimpijadi iz fizike, Oslo, Finska 1996., slijeva: mr. sc. Krešo Zadro, Eugen Vujčić, dr. sc. Ana Smontara (voditeljica), Igor Jelavić, Tomislav Kapustić (pohvala), Hrvoje Abraham (pohvala), Zvonimir Zelenika.*



*S IRB-a, Zavod za teorijsku fiziku, Zagreb 2005., zdesna: Ana Babić, Marina Skender, Anđelo Samsarov, Andrea Knežević, H. A., Hrvoje Nikolić, Predrag Lazić.*

## **Vaš susret s MFL-om i interes za fiziku dogodio se vrlo rano. Na koji je način utjecao na Vaše obrazovanje?**

Mladima je danas teško dočarati da si prije pojave interneta mogao naučiti doslovno samo ono što si fizički imao na papiru, kod kuće. Za mene su to uglavnom bili tatini stari brojevi MFL-a, oko 20-tak brojeva iz perioda 1963. – 1968. Tako sam zavolio i biografije, kako sadašnjih tako i povijesnih ličnosti, susretao se s punom širinom znanstvenih tema i prvim uvodom u fiziku, koristio ih kao izvor tehnika i inspiracija u rješavanju zadataka i stjecao pregled nad kulturom natjecanja. Od nezaboravnih anegdota, kada sam u drugom razredu gimnazije osvojio prvu nagradu na županijskom natjecanju iz matematike sa 100 % bodova, prišao mi je legendarni križevački profesor Ratko Višak i pitao me: “Pa gdje si naučio te tehnike?”, na što sam mu odgovorio samo – iz MFL-a. Prvi veći uspjesi su mi dali hrabrosti nagovoriti roditelje da od redakcije otkupe sve stare brojeve tako da

sam tih 50-tak kojih sam se dočepao proučavao cijelu sljedeću godinu. U gimnaziji MFL nam je preporučio i naš omiljeni profesor fizike Ljubomir Car i tako sam imao kontinuitet. Bio je apsolutno ključna osoba i u mojim natjecateljskim aktivnostima, neumorno ih je organizirao i održavao te me vodio na natjecanja po cijeloj državi, održavao dodatne grupe iz astronomije i praktikuma, poticao profesorski zbor na višu razinu djelovanja, radio daleko no što je trebalo, te svojim zalaganjem demonstrirao profesora kako se to prikazuje u filmovima. Kad si mlad misliš da je to uobičajeno, a kasnije spoznaš da je rijetkost. Taj period sam uz računarstvo, koristeći PC koji mi je poklonila Gimnazija i Udruženje obrtnika Koprivnica, na inicijativu gđe Šalamon, studirao sva četiri Apsena i mnogo radio i fiziku, što je kulminiralo i sudjelovanjem na 27. Međunarodnoj olimpijadi iz fizike. Bila mi je iznimna čast predstavljati državu, naročito što sam o tome već deset godina čitao u MFL-u.

### **Nakon završetka gimnazije, upisali ste studij fizike na PMF-u u Zagrebu. Kada ste se opredijelili za teorijsku fiziku elementarnih čestica? Tko su Vam bili uzori?**

Zanimalo me i kako Svemir funkcionira i kako to izračunati i tražio sam na koji način popuniti svoje najveće rupe u znanju i intuiciji. Kod upisa na fakultet sam dvojio između matematike, fizike i računarstva. Zaključio sam da ću na fizici dobiti alate za rezoniranje o temama koje su mi bile intrigantne i učiti najpragmatičniju kombinaciju ta tri područja. Danas se studij teorijske fizike preporuča kao najperspektivniji izbor iz točno ovog razloga.



*H. A. 2016. pored Space Shuttle koji je izložen u "Intrepid Sea Air & Space Museum" u New York.*



*Tim start up Artes Calculi, Zagreb 2012. slijeva: Toni Drabik, Danijela Špišić, Branimir Čače, H. A., Andrej Agoli.*

Oduvijek mi je fascinirano da se nešto iz okoline može izračunati, principijelno gledano. To nije trivijalna stvar. Čuđenje izračunljivošću pa onda i tehnikom računa su bili fokus i Newtonu, Leibnizu, von Neumannu, Landau, Feynmanu i drugima. S njima rezoniram i smatram ih uzorima. Konceptualna teorija je vrlo važna, Einstein je tu nepobjediv i Opću teoriju relativnosti smatram najvećim i najljepšim dosegom uma gotovo poetske elegancije, ali aspekt izračuna je kod navedenih pojedinaca iznimno izražen o čemu se može puno pisati. Leibniz je rekao: *Svi događaji oko nas se dešavaju matematički.* Feynmana su kao autora jedne od interpretacija kvantne mehanike pitali koja mu je omiljena, odgovor je bio – *šuti i računaj!* Kada su na projektu Manhattan zapeli s proračunom, von Neumann je spasio stvar. Landau je održavao legendarni finalni ispit na kojem je student morao demonstrirati sposobnost rješavanja nikad prije viđenih zadataka iz svih domena teorijske fizike i teorijske fizičare beskompromisno svrstavao u one koji znaju i ne znaju izračunati. Tako sam uz redovite aktivnosti na fakultetu dodatno učio programiranje, programski jezik C, numeričke metode, na drugoj godini implementirao malu neuronsku mrežu i učio je jednostavnim funkcijama, Wolfram Mathematicu, za koju sam napisao i skriptu kojom

se koristila moja i naredne generacije, razvio alat za optimalnu regresiju više Gaussiana na dani signal baziran na genetskom algoritmu koji je nekolicini nas pomogao na praktikumu. Na fakultetu sam mnogo naučio i stekao prijatelje za cijeli život. Možda mi je ovo prilika zahvaliti se svim profesorima, asistentima, mentorima i kolegama za svaku crticu znanja koju su mi prenijeli i koje mi danas mnogo znače.

**Diplomski rad izradili ste u Zavodu za teorijsku fiziku IRB-a na temu *Simulacija formiranja bozonskih i fermionskih zvijezda* pod mentorstvom Nevena Bilića. Odmah se zapošljavate na projektu MZOS-a “Temeljne interakcije u fizici elementarnih čestica i kozmologiji” voditelja Branka Guberine, te nastavljate istraživanja u grupi Nevena Bilića.**

U trenutku izbora mentora za diplomski rad najbliži mom mentalitetu je bio asistent Krešimir Kumerički, te sam se njemu najprije obratio. Tada je još bio vrlo mlad, nije bio docent i nije mogao biti mentor. Danas znamo da je riječ o znanstveniku svjetske klase i da je to bio dobar izbor, ali morao sam razmišljati dalje. Taman u to vrijeme je dr. Bilić s IRB-a došao na fakultet održati *ad hoc* predavanje o svom radu na koje sam srećom otišao i nakon samo par minuta mi je bilo jasno da sam našao svog Landaua. Našli smo se na institutu i nakon dva-tri sastanka utvrdili temu. Tema je bila odlična i njena kvaliteta kao i rad koji sam u to uložio mi se isplaćuju dan-danas. Probijanjem kroz teoriju se dođe do zahtjevnog sustava diferencijalnih jednadžbi, predvođenog nelinearnom Gross-Pitaevskijom jednadžbom, za rješavanje kojeg mi je trebalo oko šest mjeseci jer se pokazao numerički vrlo nestabilnim pa sam morao posezati za specijalnim metodama za simulaciju naglih šokova i turbulencija. Pošto točno rješenje nije bilo poznato i meni dostupni solveri se tim sustavom nisu mogli nositi, numeriku sam pisao od nule u tri programska jezika (C, FORTRAN, Mathematica) u modificiranim varijantama i morao dobiti jednak izlaz. Dr. Bilić je animaciju formiranja rješenja godinama pokazivao na raznim konferencijama, što mi je bilo iznimno drago.



*Predavanje H. A. na 10. Danu za znanost u Gimnaziji Fran Galović, 22. 3. 2025. u Koprivnici.*



*S astrofizičarem Davidom Prelogovićem i eksperimentalnom fizičarkom Anom Smontarom u auli Gimnazije.*

Prirodno je bilo nastaviti suradnju s dr. Bilićem na IRB-u. Bavili smo se s nekoliko tema, od rada na kovarijantnoj mehanici dinamike fluida oko crne rupe koji je objavljen i u kojem sam opet bio doveden pred neobičan nelinearni sustav jednadžbi koji sam s guštom *zdrobio*, do rada na kozmološkim modelima koji su u to vrijeme bili popularni objavom svježih mjerenja mikrovalnog pozadinskog zračenja što se svodilo na regresiju i Bayesovu analizu parametara kozmološkog modela i krajem mog boravka na Institutu smo spominjali rad na sigma modelu čemu se nisam imao prilike posvetiti. Redom su to bile interesantne stvari. Dr. Bilić je iznimna osoba velike pozitivne energije, enciklopedijskog poznavanja fizike i konkretnih tehnika, fokusiran na pragmatični izračun i osobito mi je drago da je još i danas vrlo aktivan.

## **Karijeru ste nastaviti u privatnom sektoru, prvo u financijskoj, a kasnije u IT domeni. Što biste iz tog perioda posebno izdvojili?**

Prelaskom u privatni sektor prihvatio sam ponudu Raiffeisenbank u Zagrebu, za poziciju Asset-Liability managera. U financijama je dosta matematičara i fizičara i taj trend u svijetu traje od polovice prošlog stoljeća. To je bila velika promjena, potpuno drugačiji tempo i način rada i tamo sam vidio kako uigrani korporativni ustroj funkcionira. Posao je uključivao analizu stanja i trendova bilance cijele banke, koja je u tom trenutku iznosila šest milijardi eura, vrlo kompleksne imovinske i financijske strukture, milijun klijenata i tisuće klasa imovine. Interesantno je udubiti se u detalje profitabilnosti, makroekonomskih trendova, regulatorne mjere, financijskih evaluacija i rizika. U to vrijeme je IRB bio u fazi komercijalizacije istraživanja pa sam kontaktiran u sudjelovanju produkcije softverskih proizvoda baziranim na numeričkim metodama razvijenim na Institutu. Prihvatio sam poziciju direktora startupa financiranog od Svjetske banke u sklopu programa tehnološkog razvoja, gdje smo komercijalizirali Robin Hood numeričku metodu za elektrostatske probleme. Kolega Predrag Lazić je tu elegantnu ideju dobio još 1996. kao student druge godine fizike. Kada sam u rujnu 2003. došao na Institut postali smo cimeri na Zavodu za teorijsku fiziku IRB-a kada mi je iznio koncept za taj simpatični iterativni postupak i već imao spremno navedeno zvučno ime. Kao programer koji se lako primi neke zanimljive numeričke, već idući mjesec sam imao funkcionalan prototip koji sam usavršavao do produkcijske kvalitete. Pošteno je reći da sam u to uložio barem godinu-dvije doktorskog studija koje sam možda mogao više posvetiti teorijskoj fizici. Vrlo sam ponosan što je tako mala firma, u kojoj su svakodnevno i neumorno sudjelovali i kolege Danijela Špišić, Branimir Čače, Andrej Agoli i Toni Drabik, producirala respektabilan proizvod koji smo imali prilike licencirati i klijentima poput Nokie, Sveučilišta Glasgow, itd. . . . To ćemo zasigurno pamtili kao jednu od najljepših i najproduktivnijih profesionalnih uspomena. Jedna od crtica iz tog razdoblja je i otkriće novog centra trokuta koji smo dr. Vjekoslav Kovač i ja formulirali kao idealnu točku za ubrzanje konvergencije metode i koja je u Kimberlingovu enciklopediju ušla pod oznakom X(5626). Algoritam je ubrzan za 20 % i uključen je u komercijalni proizvod. Do danas je jedan od rijetkih primjera suradnje industrije i akademije na ovako fundamentalnoj razini.

## **Danas pružate usluge u industrijskom sektoru. Opišite ukratko Vaše aktivnosti i doprinose u tom području.**

Riječ je o hrvatskoj podružnici austrijske kompanije AVL GmbH kojoj sam se pridružio 2014. Spektar djelatnosti je vrlo širok i pokriva i hardware i software, s fokusom na automoto sektor. Konkretno naš odjel razvija alate za simulacije procesa u vozilima, od generiranja snage u elektromotorima i motorima s unutrašnjim izgaranjem i tu govorimo o baznim procesima od elektromagnetizma i kemijskih procesa i dinamike fluida kod izgaranja goriva, pa sve do prijenosa snage na same kotače. Detaljnost tih analiza je nezamisliva onom kome to nije prezentirano i radi se o proizvodima iznimne kompleksnosti i mogućnosti. Evo, ekskluzivno mogu podijeliti par javno dostupnih detalja za orijentaciju. Za simulaciju samo jedne strane jednog zupca zupčanika treba uzeti u obzir nelinearnu trodimenzionalnu elastičnost i deformaciju pod opterećenjem, tok topline, vibracijske efekte u radu pri velikom broju okretaja i dinamičko ponašanje tankog sloja ulja na kontaktu dva zupčanika koji se opisuje specijalnim oblikom Reynoldsove jednadžbe čiji parametri su industrijska tajna. Ovo se simulira ili odvojeno ili spregnuto kako bi se procijenilo trajanje, efikasnost i pouzdanost korištenja, buka, pa i analiza efekata kavitacije, sve do mikrometerske skale. Simulacija može trajati i po tjedan dana na dosta jakom klasteru računala. Sve to za pola zupca jednog zupčanika, pa sad rastavi automobil na dijelove i sve ih simuliraj i analiziraj do ovog nivoa detalja. Zadnjih desetak godina sam voditelj odjela zaduženog za softverske simulacije i više radim s ljudima, a manje na programskom kodu, što onda kompenziram mnogim privatnim softverskim projektima. Imam prilike surađivati sa stotinjak kolega, mahom vrhunskih inženjera i programera, svih profila, pa i fizičara.

## Kako vidite tehnološki razvoj svijeta obzirom da surađujete s kompanijama iz različitog sektora i različitih država. Gdje je tu Hrvatska?

Realno gledano, Hrvatska je država vrlo talentiranih ljudi. Imamo povijesno solidan akademski kontinuitet, pa ako diplomiraš matematiku, fiziku ili računarstvo u Zagrebu, bilo kome u svijetu možeš gledati u oči. Ti ljudi kasnije prosperiraju u akademiji i industriji i kod kuće i u inozemstvu. Također naše kompanije su vrlo uspješne i one koje su se probile to su napravile do svjetskog vrha. Malo nedostaje da budemo država s najvećim brojem uspješnih startup kompanija *per capita*. Ono što ne funkcionira je brzina i agilnost poslovanja u okvirima EU-a, nacionalne administracije, te nedostatak sustavne sinergije države i industrije. Ima partikularnih i anegdotalnih iznimki za nekoga uvjeriti da to nije tako, ali kao sustav država, akademija i tehnološki sektor funkcioniraju kao tri odvojena sistema, prožeti toksičnim predrasudama i često u tvrdoj kohabitaciji. Osobno sam se mnogo uključio u odnose baš tog tipa, identificirao mnoge probleme i naivno se u najboljoj namjeri doveo u nezahvalne situacije na koje danas gledam kroz prizmu iskustva. U uspješnim državama je to jedan sustav koji radi na jednoj priči, prosperitetu svojih građana, i nećemo doći na sljedeću razinu dok ne profunkcioniramo na taj način.



*S mamom Katom nakon povratka s Olimpijade 1996.*



*U društvu mame, brata Matije i tate Branka nakon diplomiranja na PMF-u 2003.*



*Trenuci opuštanja u društvu brata, tate, strica Marijana i bratića Zorana.*

**Široka je lepeza Vaših interesa i znanja koja rado prenosite i obogaćujete druge. Spomenuli ste Koprivnicu – ove godine ste ponovno pozvani predavač na Danima za znanost Gimnazije “Fran Galović”. Što Vas je posebno motiviralo da se odazovete pozivu organizatora, da održite i prošle godine predavanje za učenike i građanstvo na novu temu?**

Grad Koprivnica, Osnovna škola “Braća Radić” i Gimnazija “Fran Galović” su vrhunске institucije koje su mi mnogo dale. Naravno da ću se odazivati. Tema uvijek ima i nadam se da ću prenijeti barem dio interesa za matematiku, fiziku i proračune, kao što su ga moji predavači prenosili meni.

**Čime se bavite u trenucima opuštanja, imate li neke hobije?**

Svakako aktivno igram stolni tenis, badminton, neko vrijeme je u igri bio i padel koji je postao jako popularan u Zagrebu. Povremeno s bratom i prijateljima organiziram filmsku večer. Neko vrijeme sam intenzivno skupljao knjige, to me nikad nije napustilo, pa se nakon 1500 primjeraka pokušavam malo suzdržavati. I naravno 20-tak privatnih softverskih projekata kako bi se testirala sva čuda novih tehnologija.

**Uz iskrenu zahvalu na ovom razgovoru, koju biste poruku uputili mladim čitateljima MFL-a koji sanjaju o karijeri u prirodnim znanostima, posebice u matematici i fizici i primjenama u tehnologiji?**

Produktivnost je najvažnija vrlina. U svijetu brzih promjena mladi se priviknu na intenzivnu konzumaciju sadržaja, zanemarujući aktivno sudjelovanje u društvu kojeg su dio. Kreirajte novo, svakodnevno usvajajte nove alate koji će vam omogućiti efikasniji rad, prezentirajte sebe i svoje ideje, ne dozvolite se svesti na ulogu pasivnog potrošača.