



Kvantová fyzika láka a vzrušuje

■ Hovoríme s Mgr. Máriom Zimanom, PhD., nositeľom ceny Osobnosť vedy a techniky do 35 rokov za rok 2006

■ Už svoju diplomovú prácu ste venovali kvantovej teórii informácie, presnejšie kvantovému prenosu a spracovaniu informácie. Prečo práve táto oblasť fyziky?

□ Bolo by asi pekné povedať, že som si vybral túto tému zámerne. Ja som však nemal úplne jasnú predstavu o tom, ktorej oblasti fyziky sa chcem venovať. Z tém ponúknutých na fakulte sa mi ani jedna úplne nepozdávala. Celkom sa mi páčili veci okolo chaosu, dynamických systémov a tzv. synergetiky. Po malom prieskume som nakoniec skončil na Fyzikálnom ústave u profesora Vladimíra Bužeka, za ktorým ma poslal jeho spolupracovník Dr. Gabriel Drobný. O oblasti kvantovej teórie informácie som nevedel v tej chvíli vôbec nič. Išlo a stále ešte ide o pomerne mladý vedný odbor a na fakulte sa takýto predmet nevyučoval. Ako napovedá názov, kvantová teória informácie kombinuje myšlienky kvantovej fyziky a teórie informácie. Pochopenie kvantových zákonitostí v jazyku teórie informácie alebo využiteľnosť kvantových systémov pri spracovaní a prenose informácie sú úlohy veľmi lákavé. S kvantovou teóriou informácie súvisia pojmy ako kvantový počítač, kvantová kryptografia, kvantová teleportácia, kvantové previazanie atď.

■ Prakticky od čias písania diplomovej práce je vaša vedecká cesta úzko spojená s jedným z najzaujímavejších odborníkov v kvantovej fyzike, prof. Vladimírom Bužekom. Čo vám táto spolupráca priniesla?

□ Povedal by som, že celá moja vedecká „cesta“ je spojená s profesorom Bužekom. Nevie, či už nastal čas hodnotiť. V poslednom čase som sa mnohokrát stretol s myšlienkou, že výber školiteľa je kľúčovým pre ďalšiu vedeckú dráhu. Ak sa pozrieme do histórie fyziky, tak na tom niečo pravdy bude. Myslím, že čím ďalej, tým viac s týmto tvrdením súhlasím a konštatujem, že som mal veľké šťastie. Na začiatku som toho veľa o kvantovej fyzike nevedel a určite som nebol hoden pomenovania „spolpracovník“, ale skôr žiak. Profesor Bužek mi dal tému, v ktorej sa dalo tvoriť a vymýšľať. Vďaka nemu som mal prístup k veľmi zaujímavým knižkám, ktoré postupne zmenili môj pohľad na kvantovú fyziku, otvorili sa pre mňa nové a zaujímavé otázky. Okrem knižiek by som nemal zabudnúť na to hlavné, a síce na diskusie s mojim školiteľom, či už o fyzike alebo o živote ako takom. Napriek existencii internetu je asi stále diskusia pri tabuli tým najefektívnejším spôsobom vedeckej spolupráce, najmä vo fáze „objavovania“.

■ Čo je na samotnej kvantovej fyzike vzrušujúce?

□ Pravidlá hry zvanej kvantová fyzika sú jasne dané. Riadia sa prísnu matematickou logikou a s trochu abstrakcie nie je s nimi žiaden problém. Napriek tomu fyzikálne vlastnosti kvantových systémov sú veľmi zvláštne a pri ich štúdiu akosi stále neprichádza ten veľký archimedovský moment – heurka, pochopil som. Napriek tomu sa o to snažíme a veríme, že ten moment raz príde. Robíme objavy na papieri, ktorým nie vždy úplne rozumieme, ale z času na čas sa posunieme o malý krok vpred. Dostaneme výsledok, ktorý nám nakoniec ukáže riešený problém v úplne inom svetle. A vtedy sa dá hovoriť o akejsi forme vzrušenia, ktorá je možno porovnateľne príjemná s inými formami vzrušenia. Kvantová fyzika popisuje svet tých najmenších rozmerov, ktorý je v mnohom odlišný od toho, na čo sme bežne zvyknutí. Nemá zmysel hovoriť súčasne o polohe a rýchlosti

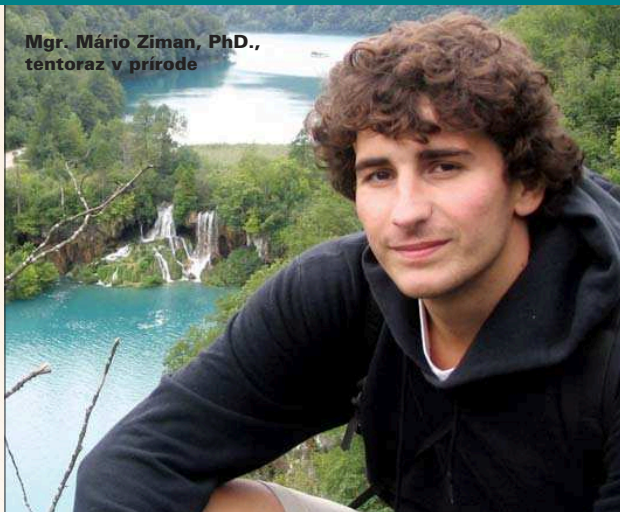
Mgr. Mário Ziman, PhD., sa narodil 1. septembra 1977 v Nitre. V roku 2000 vyštudoval teoretickú a matematickú fyziku na Matematicko-fyzikálnej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Odvtedy pôsobí v Centre kvantového výskumu Fyzikálneho ústavu Slovenskej akadémie vied. Cenu podpredsedu vlády a ministra školstva Osobnosť vedy a techniky do 35 rokov za rok 2006 získal za štúdium dynamických vlastností kvantového previazania a kvantových kryptografických protokolov.

ti, čo sa v konečnom dôsledku prejavuje tým, že kvantové objekty sa nepohybujú po akýchsi dráhach. Jednoducho ich nevieme stopovať. Navyac fyzikálne veličiny majú iba isté povolené hodnoty, čiže neexistuje atóm vodíka s ľubovoľnou hodnotou energie. Navyac výsledky merania polohy, rýchlosti, energie vieme predpovedať iba pravdepodobnostne. A týchto pravdepodobností sa nedá zbaviť. Napriek takýmto zdanlivým negatívam sa dajú kvantové systémy využiť na veľa zaujímavých vecí. A práve to sa snažíme pochopiť.

■ Kvantová teória informácie je mladý a módny smer. Kde všade sa jej venujú a kde dosahujú najlepšie výsledky a kde možno zaradiť Slovensko?

□ Kvantová fyzika ako taká je jedným zo základných pilierov súčasnej fyziky a zasahuje do takmer všetkých smerov fyziky. Vôbec nejde o nejakú mladú vedu, ak si uvedomíme, že fyzika ako veda je tu od čias Isaaca Newtona. Jej vznik datujeme niekde do začiatkov 20. storočia a za zakladateľa sa asi považuje Max Planck, podľa ktorého je pomenovaná aj základná konštanta kvantovej fyziky, tzv. Planckova konštanta. Kvantová teória informácie je naopak pomerne mladou vednou oblasťou. Boom nastal v poslednom desaťročí minulého storočia, keď Charles Bennett a Gill Brassard vymysleli prvý kvantový protokol určený na prenášanie šifrovacieho kľúča. Onedlho nato Reinhard Werner zadefinoval pojem kvantového previazania a Peter Shor vymyslel kvantový algoritmus na faktorizáciu prirodzených čísiel. Tento počin znamenal zlom, pretože ukázal, že kvantový počítač dokáže viac ako sme momentálne schopný spraviť na akýchkoľvek superpočítačoch. A navyac možnosť faktorizácie predstavuje bezpečnostnú diery v súčasnom spôsobe šifrovania používaného aj na internete. Medzi popredné teoretické pracoviská v oblasti patria IBM a MIT v USA, Perimeter Institute v Kanade, Imperial College v Anglicku, Innsbruck v Rakúsku, Inštitút Maxa Plancka v Garchingu v Nemecku. Je toho viac a veľmi dobré skupiny sú napríklad aj v Austrálii, Japonsku, Číne, Poľsku a Singapure. Susedné Rakúsko je v podstate jedným zo svetových lídrov v tomto smere výskumu. A postavenie Slovenska? U nás sa tejto oblasti venuje iba naša skupina pod vedením profesora Bužeka a myslím, že za dosiahnuté výsledky sa určite nemusia hanbiť.

Mgr. Mário Ziman, PhD.,
tentoraz v prírode



■ **Práve využitie kvantových systémov pri prenose a spracovaní informácie zohráva významnú úlohu pri ďalšom rozvoji informačných technológií. Čo môžeme v tomto smere očakávať?**

□ Necítim sa byť dobrým prognostikom a čo bude, samozrejme, netuším. Nebráním sa však tomu, aby som si trochu „zapredpovedal“. Najprv však poopravím vašu otázku. Stále ešte nie sme v dobe, v ktorej by využitie kvantových systémov zohrávalo významnú úlohu v rozvoji informačných technológií. Ten čas možno príde o niekoľko desaťročí a možno nepríde vôbec. Momentálne ide o oblasť veľmi intenzívneho výskumu. Čo môžeme očakávať? Kvantový počítač je akýmsi svätým grálom celej problematiky. Vďaka nemu budú internetové bankové transfery bezpečnejšie, nakupovanie bude možno anonymnejšie a niektoré úlohy budeme schopní riešiť efektívnejšie. Jeho hlavným prínosom (podobne ako pri súčasných superpočítačoch) však budú aplikácie vedecké: skúmanie vlastností molekúl, chemických reakcií, teoretický vývoj liečiv, a možno ním nahradíme obrovské urýchlovače pátrajúce po tých najelementárnejších časticiach hmoty a energie. Všetky tieto deje sú popísané kvantovou fyzikou a pre dnešné počítače predstavujú prakticky neriešiteľné problémy. Kvantový počítač nám umožní použiť „kvantové zbrane“ na štúdium vlastností kvantového sveta.

■ **Kryptografia býva spojená väčšinou s utajovaním prenášaných informácií. Vidíte ju tak aj vy?**

□ V podstate áno. Kryptografia je hlavne o utajovaní. Niekedy treba utajiť informácie, niekedy tých, ktorí ich tvoria, prípadne prijímajú alebo prenášajú. Pozadie kryptografie je však omnoho zložitejšie. Historicky bola, a aj v súčasnosti je, významným nástrojom na získavanie a udržiavanie moci. Kryptografia pomáhala rímskym cisárom koordinovať útoky svojich légii. Archeologické vykopávky nás informujú o starých kultúrach, avšak dnes už nepoznáme ich písmo ani jazyk. Na prvý pohľad nie je veľký rozdiel medzi písmom starých Kréťanov a moderne zakódovaným textom. Alebo z úplne opačného konca: správne utajenie je niekedy pre zvieratá a rastliny otázkou života a smrti a zrejme mnohokrát zohralo dôležitú úlohu aj v evolúcii samotnej. Pomocou vlastností kvantových systémov vieme rozoslať šifrovaný kľúč, vďaka ktorému môže byť komunikácia úplne bezpečná. Kvantová kryptografia je oblasť, ktorá čiastočne už vstúpila do sféry technologickej. Zariadenie na vygenerovanie šifrovaného kľúča si dnes môže ktokoľvek zakúpiť.

■ **Ocenenie ste dostali za štúdium dynamických vlastností kvantového previazania a kvantových kryptografických protokolov. Mohli by ste tieto výsledky nejako priblížiť?**

□ Môžem sa o to pokúsiť. Kvantové previazanie pomenúva veľmi špecifickú vlastnosť kvantového sveta, ktorá je pravdepodobne pôvodcom všetkých jeho zvláštností. Veríme, že hlbšie pochopenie tejto vlastnosti bude znamenať zlom v našom pohľade na kvantovú fyziku. O čo vlastne ide? Vlastnosti dvoch kvantových objektov (napr. dva fotóny) sa môžu dostať do veľmi zvláštneho stavu, v ktorom

ich fyzikálne vlastnosti veľmi úzko a netradične spolu súvisia. Hovoríme, že sú kvantovo previazané. S trochou fantázie môžeme hovoriť o veľmi špecifickom type akejsi „telepatie“. Ak by sme mali dva fotóny, jeden na Zemi a druhý napríklad na Mesiaci, s kvantovo previazanými polarizáciami a postavili im do cesty polarizátory natočené v ľubovoľnom, ale navzájom rovnakom smere, tak alebo obidva fotóny polarizátormi prejdú alebo obidva neprejdú. Nemôže sa stať, že by jeden prešiel a druhý nie, prípadne naopak. Fotóny sa správajú úplne rovnako (koordinovane) a vôbec pri tom nezáleží na ich vzájomnej vzdialenosti. Akoby sa navzájom „cítilli“ na diaľku, a preto sa dá hovoriť o „telepatii“. V skutočnosti však o sebe, samozrejme, vôbec „nevedia“ a tento jav nijako neodporuje tomu, že maximálna rýchlosť prenosu informácie je daná rýchlosťou svetla vo vákuu. Vyzerá to asi komplikovane a možno aj nezmyselne, ale s istými znalosťami z matematiky, ide o celkom jednoduchú vec. To, že tomu nerozumieme spôsobom, na aký sme zvyknutí, je vec, s ktorou sa momentálne musíme zmieriť. Albert Einstein práve kvôli týmto vlastnostiam, týkajúcich sa kvantového previazania, považoval kvantovú fyziku za neúplnú. V posledných rokoch sme si vybudovali istú „intuitívnu“ predstavu o správaní sa kvantového previazania. Spolu s prof. Bužekom sme si položili otázku, nakoľko je množstvo kvantového previazania ovplyvňované interakciami s prostredím. Neočakávaným výsledkom bolo objavenie novej vlastnosti kvantového previazania, ktorej sa budeme snažiť porozumieť. Kvantové previazanie vieme využiť aj pri úlohách z kryptografie. Okrem bezpečnosti je niekedy dôležitou aj anonymita. Napríklad pri prevode peňazí, nakupovaní cez internet, alebo pri tajnom hlasovaní. My sme navrhli spôsob, ako využiť kvantové previazanie pri zabezpečení anonymity tajného hlasovania.

■ **Ako vidíte postavenie a možnosti mladého vedca na Slovensku?**

□ Toto je asi na dlhšiu diskusiu. Téma bola síce formálne otvorená, ale, pravdupovediac, neviem, v akom je to momentálne stave. Mám pocit, že sa toho nedeje veľmi veľa a s možnosťami mladého vedca je to podobné ako s možnosťami lyžovania tohto roku. Sú veľmi obmedzené. Poznám niekoľko mladých vedcov, ktorý skončili v zahraničí a radi by sa vrátili späť na Slovensko. Toto však nie je prakticky možné, pretože nie je kam. Nie sú vytvárané takmer žiadne nové miesta. Nie je vôbec žiadna snaha niekoho na Slovensko pritiahnúť. Asi to znamená, že nikoho nepotrebujeme. Podľa mňa je to škoda. V prípade, že ste skončili doktorandské štúdium na Slovensku, tak je situácia možno trochu lepšia. Niekedy sa miesta predsa len vytvorí dajú.

■ **Čo by podľa vás mladí vedci potrebovali najviac?**

□ Mladí vedci sa zase až tak veľmi od ostatnej populácie nelíšia a ich potreby sú také isté. Ich problémy sú však najmä existenčné. V porovnaní s rovnako vzdelanými ľuďmi sú ich príjmy nižšie, ale keďže ide o relatívne šikovných ľudí, tak vcelku ľahko z vedy odchádzajú. Aký je vlastne problém? Najjednoduchšia odpoveď je, že chýbajú peniaze. Je to pravda, ale nie som si istý, či by náhly prísun vyriešil všetky problémy. Jedna vec sú financie, druhá ich využitie. Nie vždy je správne riešiť problémy po častiach. Problémy mladých vedcov sa nedajú vyriešiť bez toho, aby sa neriešilo postavenie a úloha vedy na Slovensku ako takej.

■ **Ste známy svojou rozsiahlou publikačnou, populárno-vedeckou činnosťou, vrátane početných článkov do nášho Quarku. Čo vás na písaní priťahuje?**

□ Ja sám rád čítam populárno-vedecké články. Nikto dnes nemá šancu sledovať všetky odvetvia čo i len fyziky samotnej, a preto aj fyzikálne populárno-vedecké články majú pre mňa veľkú cenu. Je to pomerne jednoduchý spôsob, ako sa dozvedieť zaujímavé veci aj z iných oblastí, ktorým sa priamo nevenujem. Navyše, mnohokrát je to inšpiratívne aj pre moju vlastnú prácu. Podobne dúfam, že články, ktoré sám píšem, prinášajú zaujímavé informácie pre niekoho iného. Čo sa týka čisto vedeckých článkov, tak je to pri dnešnom spôsobe hodnotenia výskumu síce nutnosť, ale veľmi príjemná. Písanie znamená utriedenie si myšlienok a mnohokrát až pri písaní človek objaví chyby v argumentoch, prípadne skryté výsledky.

■ **Prípravil MARIÁN BABIC**