

## **Prof. Janez Bonča: udeleženec 11. božičnega simpozija fizikov 2012**

Zapisal: dr. Marjan Logar

V decembru je na Univerzi v Mariboru v organizaciji Centra za uporabno matematiko in teoretično fiziko potekal tradicionalni že 11. božični simpozij fizikov. Na njem je sodeloval tudi letošnji Zoisov nagrajenec prof. Janez Bonča, redni profesor na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in sodelavec Instituta Jožef Stefan. Prejel jo je za vrhunske dosežke za raziskave teorije močno sklopljenih elektronov v trdnih snoveh.

Profesorja Bončo smo poprosili, da nam pove nekaj o svojem raznolikem raziskovalnem delu.

"Moje delo je povezano z reševanjem kvantnih fizikalnih modelov za opis nenavadnih fizikalnih stanj, kot sta visokotemperaturna superprevodnost, Mottovi izolatorji, frustrirana magnetna stanja. Raziskujem kvantne sisteme močno sklopljenih elektronov, ukvarjam se tudi z izračunom neravnovesnih pojavov, pomembnih za razumevanje ultra hitre spektroskopije.

Posebno področje mojega raziskovalnega dela je povezano z raziskavami v nanotehnologiji. Pri tem gre za to, da ko se elektronski elementi, ki sestavljajo elektronska vezja, pomanjšajo do te mere, postane povprečna prosta pot elektronov (ki je velikostne stopnje tisočinke milimetra) primerljiva z razdaljo med temi elementi. Tedaj se začnejo pojavljati kvantnomehanski pojavi, npr. koherenca ali interferenca med elektroni, ki povezujejo te elemente. Gre za študij mikroskopskih modelov, ki jih skušamo reševati v kvantnomehanski formulaciji in ne z nekimi klasičnimi približki, kar je seveda veliko težje kot reševati ekvivalentne klasične modele."

Pri svojem delu je prof. Bonča razvil novo metodo za reševanje kvantnih sistemov več delcev. Z njo je razložil nenavadno obnašanje visokotemperaturnih superprevodnikov pri nizkem dopiranju.

"Visokotemperaturni superprevodniki so snovi, ki pod ti. kritično temperaturo prevajajo električni tok brez upornosti. Če so te snovi čiste, tj. brez primesi oz. nedopirane, niso superprevodne, temveč so celo izolatorji in antiferomagnetni, kar je posebna oblika magnetizma. Lastnosti takih izolatorjev so posledica medelektronskih interakcij. Če teh ne bi bilo, bi bile te snovi prevodniki. Ker pa obstajajo, so te snovi izolatorji in kažejo tudi urejeno magnetno strukturo pri dovolj nizkih temperaturah.

Ko tem snovem dodamo nosilce naboja (jih dopiramo npr. z vrzelmi), se ta antiferomagnetna struktura poruši in pojavi se superprevodno stanje. Fiziki si vedno želimo opisati zelo zapletene sisteme s čimbolj preprostim teoretičnim modelom, a vselej to sploh ni enostavno. Za superprevodnik moramo priti do mehanizma, kjer bo med nabitimi nosilci naboja, med katerimi sicer učinkuje coulombski elektrostatski odboj, prišlo do privlaka vse tja do temperature okoli 150 K.

Pri klasičnih superprevodnikih ta privlak ustvari atomska mreža ali ti. delci fononi, v visokotemperaturnih superprevodnikih pa naj bi ta privlak posredovala magnetna interakcija med elektronskimi spini (vrtenje okoli lastne osi). Velikost te interakcije našega modela (približno 100 meV) ustreza interakciji v superprevodnikih pri tako visoki temperaturi prehoda. Za klasične superprevodnike, osnovane na elektronsko fononski interakciji, obstajajo celo dokazi, da superprevodnosti ne more biti pri višji temperaturi kot približno 20 K.

Možno je torej, da bi pri visokotemperaturnih superprevodnikih lahko sodelovala oba mehanizma: torej magnetni mehanizem in tudi sklopitev z mrežo, ki kar dobro opiše klasične superprevodnike. Ta ideja ob odkritju visokotemperaturnih superprevodnikov leta 1986 ni imela prave podpore. Znanstveniki so se razporedili v dve skupini, ki skoraj nista komunicirali: ena je trdila, da tu fononi ne igrajo nobene vloge in da samo magnetna interakcija lahko vodi do superprevodnega stanja, druga skupina, rekel bi znanstveniki bolj starega kova, pa so upali, da je slavna BCS teorija še vedno prava za opis teh snovi. A npr. izotopski pojav (ko nek atom zamenjate z njegovim izotopom, ki ima enake kemijske lastnosti a drugačno maso jedra in ki je pri klasičnih superprevodnikih pokazal na pomen povezave med elektroni in atomsko mrežo) teh predvidevanj ni potrdil.

Potem ko je začetno obdobje raziskav zašlo v stagnacijo, so tako eni kot drugi začeli dopuščati možnost veljavnosti nasprotnih argumentov. Zato je naše delo padlo na plodna tla. Pokazali smo, da magnetne korelacije med pari vodijo do ustrezne simetrije vezanih parov, atomska mreža pa pomaga k boljši vezavi para."

Rezultate svojih raziskav je prof. Bonča in sodelavci v zadnjih sedmih letih objavil v tridesetih znanstvenih člankih v najuglednejših fizikalnih revijah z izjemno mednarodno odmevnostjo, tako po številu citatov kot po množici vabljenih predavanj na mednarodnih konferencah. Sodeluje z raziskovalnimi instituti v ZDA in na Japonskem.

"Med svojimi povezavami v tujini naj omenim sodelovanje z Yukawinim inštitutom za teoretično fiziko v Kyotu na Japonskem, ki se ukvarja s fiziko trdne snovi, in z japonsko agencijo za jedrsko energijo JAEA v mali vasi Tokai (severovzhodno od Tokia, 100 km od Fukušime).

Drugo je sodelovanje z inštitutom v Los Alamosu v Novi Mehiki (to je inštitut, kjer so med 2. svetovno vojno naredili prvo atomsko bombo), zdaj pa je postal zelo, zelo velik inštitut in z izjemno širokim spektrom aktualnih znanstvenih področij. Ne le fizika, temveč tudi kemija, biologija, genetika pa materiali so tu izredno močna področja raziskav. V okviru tega inštituta sem sodelavec Centra za integrirane nanotehnologije (CINT), sodelujem z raziskovalci, ki se ukvarjajo s problemi nanofizike in femtosekundne spektroskopije (femtosekunda je milijonina milijardine sekunde). S pomočjo slednje znanstveniki lahko zasledujejo izredno hitro relaksacijo kompleksnih sistemov ter tako identificirajo najpomembnejše mikroskopske interakcije.

Takšno sodelovanje je izredno koristno, saj lahko sledimo najpomembnejšim odprtim problemom in ostajamo v aktualnem delu raziskav. Sicer lahko nadaljuješ raziskave, ki niso več tako zanimive za široko publiko", sklene prof. Bonča.