

Apie šaltuosius atomus - lietuvių žodis

Rugpjūčio pradžioje populiarus Didžiosios Britanijos žurnalas "Physics World", leidžiamas britų fizikų draugijos (Institute of Physics (IOP) ir skaitomas mokslo visuomenės visame pasaulyje, tarp svarbiausių naujienų pranešė apie vilniečių fizikų ir amerikiečių kolegų bendrą darbą "Šaltieji atomai galėtų padėti sukurti "sukinio" tranzistorių" ("Cold atoms could help built "spintronics" transistor").

Milda KNIEŽAITĖ

Atomtronika - nauja fizikos sritis, kurioje tiriami ne elektronų, o šaltųjų atomų judėjimo ypatumai ir su tuo susiję taikymai, leidžiantys kurti naujus loginius elementus, kuriuose yra naudojami ne elektronai, o atomai. Pavyzdžiui, vadinamosiose atomų mikroschemose prie mikrolaidų mokslininkai jau sugeba lokalizuoti šaltuosius atomus ir net paleisti juos tais laidais keliauti. Gali būti, kad ir naujasis vadinamasis elektronų sukinio tranzistorius, pasak vieno iš idėjos autorių, Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos instituto vyriausiojo mokslo darbuotojo habil. dr. Gedimino Juzeliūno, padės manipuluoti atomais ir atlikti tam tikras operacijas. Pats atomtronikos terminas pradėtas vartoti tik prieš kelerius metus, o šios fizikos srities ateitis, jei mokslininkams pavyks sukurti tam tikrus loginius elementus, gali būti siejama su elektronikos prietaisų analogų kūrimu.

"Dabar atomtronikos padėtis, - sakė 2007 metų Lietuvos mokslo premijos laureatas G.Juzeliūnas, - yra panaši kaip elektros XIX amžiu-



Kompozitoriaus J.Juzeliūno sūnus Gediminas pasirinko mokslininko kelią.

je, kai ji buvo suvokiama tarsi žaizliukas ir daugiausia rodyta žmonėms kaip triukas, pavyzdžiui, leidžiant žaibus. Tada niekas nemanė, kad po 100 ar 150 metų elektra bus viso gyvenimo pagrindas."

Atomai pirmą sykį buvo atšaldyti iki ypač žemos temperatūros 1995 metais (atradimas įvertintas 1997 ir 2001 metų Nobelio fizikos premijomis) ir tik dabar, pasak pašnekovo, mokslininkai pradeda juos valdyti. Kuriami atomų lazeriai, kuriuose atomų pluoštas sklin-

da kaip šviesa įprastuose lazeriuose. Atomus galima naudoti ir tiksliai matavimams. Taikymų daugėja ir šiuo metu kai kada net sunku pasakyti, kur tie taikymai nuves. Iš pradžių ir elektronikos tyrimai daugeliu atveju buvo atliekami vien iš smalsumo, o vėliau jų rezultatai leido gauti didelės praktinės naudos. Fiziko įsitikinimu, mokslo srityje įdomumo elementas yra labai svarbus, nes jei žmonėms smalsu, dažnai būna ir įdomus praktinis taikymas.

Iki šiol nesukurtas

"Mes pasiūlėme atomų analogą elektronų sukinio tranzistoriui. Pirmiausia, kas yra tranzistorius, - paprasčiau mėgino paaiškinti mokslininkas. - Tai prietaisas, kuriuo tekanti elektronų srovė yra valdoma išorinės įtampos. Sukinio tranzistoriuje iš tikrųjų yra valdoma ne pati srovė, o elektronų sukiny. Mat elektronas turi vidinį sukiny, galima įsivaizduoti, kad jis sukasi apie savo ašį kaip vilkelis. Pridėjus išorinę įtampą, judančio elektrono sukiny ("vilkelis") pakrypsta į šoną, nes atsiranda sukinio ir orbitos sąveika. Keičiant įtampą, keisis ir "vilkelio" kryptis. Tokio pobūdžio tranzistorius vadinamas Datta-Das tranzistoriumi pagal jį 1989 metais pasiūliusių amerikiečių fizikų pavardes. O sukinio ir orbitos sąveika dar vadinama Rašbos sąveika pagal rusų mokslininko, pasiūliusio modelį, kaip prijungus elektros lauką puslaidininkiuose gali atsirasti tokia sąveika."

Paprastai elektronams sukinio ir orbitos sąveika, kaip patikslino pašnekovas, yra reliatyvistinis efektas, pasireiškiantis, kai jų judėjimo greitis yra artimas šviesos greičiui. Tačiau puslaidininkiuose šis efektas gali būti labai sustiprintas ir pasireikšti esant kur kas mažesniai elektronų greičiui. Vis dėlto iki šiol sukinio tranzistorius nebuvo sukurtas ir turi labiau koncepcinę prasmę. Viena iš priežasčių - sunku pradžioje poliarizuoti elektronų sukiny, t. y. padaryti, kad tas "vilkelis" būtų nukreiptas tiksliai kuria nors kryptimi.

Lengviau įgyvendinamas

"Mes pasiūlėme kai ką panašaus sukurti šaltiesiems atomams, - pasakojo G.Juzeliūnas. - Atomai ne tik juda erdvėje, bet ir keičia savo vidinę būseną. Panašiai kaip Žemė - ji sukasi apie Saulę, bet kartu pačioje Žemėje vyksta daugybė dalykų, galima sakyti, kinta jos vidinė būseną. Mūsų atveju atomams pirmiausia suteikiama kuri nors konkreti jų vidinė būseną. Tai gali būti atliekama, pavyzdžiui, įjungiant lazerių pluoštus taip, kad jie išmestų atomus iš visų būsenų, išskyrus vieną. Kai atomas yra tam tikros vidinės būsenos, galima sakyti, kad jis yra poliarizuotas arba turi konkretų sukiny - kaip besisukantis "vilkelis". Po to atomas paleidžiamas judėti kelių lazerių pluoštų terpėje. Jų poveikis atomui gali būti analogiškas Rašbos sukinio ir orbitos sąveikai. Atomai, iš pradžių, tarkim, buvę vienos vidinės būsenos, judėdamas gali pereiti į kitą vidinę būseną, tai atitiktų "vilkelio" krypties pokytį. Sukinio ir orbitos sąveikos stiprumas atomams priklauso nuo lazerių pluoštų išsidėstymo erdvėje ir kitų jų savybių, todėl lazerių pluoštais galime kontroliuoti juos kertančių atomų sukiny ("vilkelio") kryptį." Toks

prietaisas galėtų būti visiškai analogija elektronų sukinio tranzistoriui. Tik šiuo atveju atomo sukiny yra kontroliuojamas ne elektros lauku, o lazerių pluoštais. Elektronų sukinio tranzistorius kol kas yra tik teorija ir iki šiol nebuvo sukurtas dėl įvairių technologinių problemų. Kita vertus, atomus galima palyginti nesunkiai išjudinti, keisti ir registruoti jų vidinę būseną, todėl visi elementai, reikalingi atomų sukinio tranzistoriui, technologiškai yra įgyvendinami.

Nešaudyti užsimerkus

"Mūsų darbas yra teorinis, - sakė VU Teorinės fizikos ir astronomijos instituto kvantinės optikos grupės vadovas G.Juzeliūnas. - Atlikome jį kartu su JAV nacionaliniu standartų ir technologijos institutu. Prieš vykdant bet kokį eksperimentą atliekami teoriniai įvertinimai, skaičiavimai. Neatlikus jų, būtų tas pat, kas šaudyti iš patrankos užsimerkus."

Mokslo srityje įdomumo elementas yra labai svarbus, nes jei žmonėms smalsu, dažnai būna ir įdomus praktinis taikymas.

Mokslininkai apskaičiavo, kokie gali būti atomų nuostoliai ir kaip įmanoma jų išvengti, kaip vyksta pats procesas ir kaip sukinio ir orbitos sąveika priklauso nuo lazerių pluoštų. Dabar belieka atlikti eksperimentą. Tai galėtų padaryti amerikiečių eksperimentuotojai tame pačiame Standartų ir technologijos institute.

Pastebėti dar archyvuose

Ankstesni vilniečių darbai, vienas iš jų šiemet išspausdintas aukštą citavimo indeksą turinčiame žurnale "Physical Review Letters", o kitas - žurnale "Physical Review", buvo skirti ne taikymui, o labiau pačiai sukinio - orbitos sąveikai, kaip ją sukurti šaltiesiems atomams.

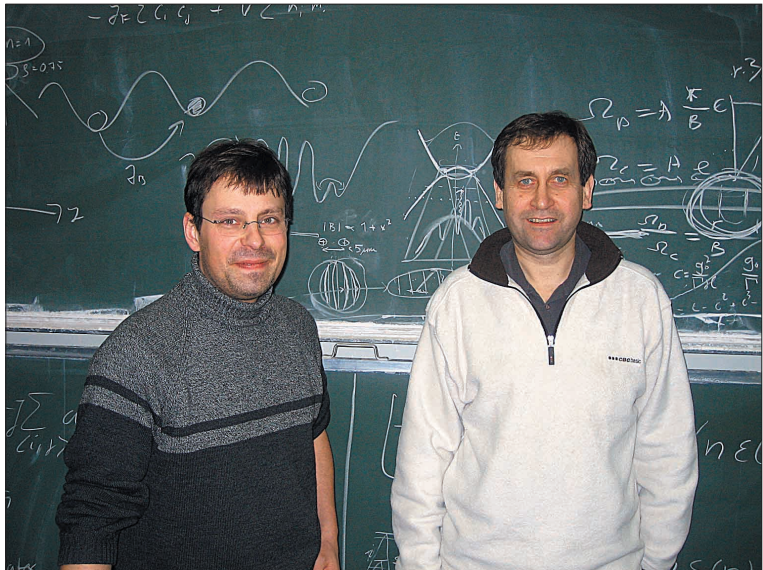
Parašę darbą mokslininkai pirmiausia pateikia jį vadinamiesiems Cornello universiteto archyvams. Elektroniniai archyvai, kuriuose saugomi moksliniai straipsniai, yra keliolikoje pasaulio universitetų, apsidraudžiant tuo atveju, jei vienam iš jų kas nors atsitiktų. Los Alamos nacionalinė laboratorija, kurioje kadaise buvo sukurta pirmoji branduolinė bomba, yra viena iš tokių archyvų saugojimo vietų. Padėti į archyvus straipsniai vėliau siunčiami kuriam nors mokslo leidiniui. Į G.Juzeliūno ir jo kolegų Juliaus Rusecko ankstesnius straipsnius JAV Cornello universiteto archyve atkreipė dėmesį amerikiečių mokslininkai dr. Jay Vaishnav ir prof. Charlesas Clarkas.



Vilniaus kvantinės optikos grupė: centre - vadovas G.Juzeliūnas, antras iš dešinės - J.Ruseckas.



Prie Glazgo universiteto.



G.Juzeliūnas planuoja bendradarbiauti ir su Vienos technikos universiteto mokslininku eksperimentuotoju B.Hessmo.

Jie irgi pernai maždaug tuo pat metu buvo pateikę labai panašų darbą archyvui, todėl pasiūlė lietuviams kartu patyrinėti galimybę sukurti atomų Datta-Das tranzistorių. Po pusės metų bendro darbo mokslininkai šių metų liepą pateikė straipsnį archyvui, o neseniai nusiuntė ir fizikos žurnalui "Physical Review Letters".

Archyvui pateiktą lietuvių ir amerikiečių darbą jau po dviejų savaitių pastebėjo "Physics World" žurnalistas ir, susisiekęs su lietuvių kolegomis amerikiečiais, parašė straipsnį, kuriame populiariau, be formulių ir skaičiavimų, supažindino su atliktais tyrimais. Pasak G.Juzeliūno, retas atvejis, kad korespondentai susisiektų su archyvams pateiktų straipsnių autoriais,

bet, matyt, stengiantis gauti pačių naujausių žinių, nelaukiama, kol darbai bus atspausdinti rimtuose mokslo žurnaluose ir jau archyvuose ieškoma įdomesnių straipsnių.

Dirbtinė šiaurės pašvaistė?

"Mūsų darbas yra grynas bendradarbiavimo kokteilis, - juokėsi pašnekovas. - Sunkiau būtų pasakyti, su kurios šalies mokslininkais bendraujame. Pasaulyje mokslininkų nėra tiek daug. Susidarytų nedidelis Lietuvos miestas, tik jis išsibarsytas po visą pasaulį. O jei paimsimė kurią nors siauresnę mokslo sritį - globalinis kaimas. Vienam dirbti neįdomu ir neproduktyvu, tad žmonės susiranda vieni kitus. Dabar mokslas globalinis ir sėdėdamas užsidaręs nelabai suprastum vi-



Su Vokietijos Kaiserslauterno universiteto profesoriumi M.Fleischhaueriu per mokslinę konferenciją Austrijoje.

so konteksto, kas vyksta pasaulyje, naujų mokslo krypčių."

VU Teorinės fizikos ir astronomijos instituto kvantinės optikos grupės mokslininkai dabar bendradarbiauja ir su žymiaja Jeano Delibard'o moksline grupe Nacionaliniame mokslinių tyrimų centre (CNRS) Paryžiuje. Netrukus žurnale "Europhysics Letters" pasirodysiantis bendras darbas yra taip pat šaltųjų atomų valdymo šviesos laukais tema, tačiau jis yra skirtas ne taikymui, o labiau bendrų dėsningumų tyrimams.

"Sukinio ir orbitos sąveika priklauso nuo atomų greičio. Kuo jie greičiau juda, tuo sąveika yra didesnė, ir atvirkščiai. Tuo atveju, kai tyrinėjome vadinamąjį atomų tranzistorių, atomai pereina iš vienos vidinės būsenos į kitą. Tačiau galimas ir kitas atvejis, kai atomai išlieka tos pačios vidinės būsenos, bet juos veikia jėga, kuri priklauso nuo greičio. O fizikoje žinoma, kad elektringas dalelės (pavyzdžiui, elektronas) magnetiniame lauke irgi veikia nuo greičio priklausanti jėga, vadinama Lorencio jė-

ga," - pasakojo mokslininkas.

Pavyzdžiui, dėl to atsiranda šiaurės pašvaistė. Žemę gaubia magnetinis laukas. Dėl Lorencio jėgos atlekiančios elektringos dalelės sukasi apie to lauko linijas ir jų kelionė baigiasi dažnai poliarišėje srityje. Pasak fiziko, Lorencio jėga, kuri yra nukreipta statmenai atomų judėjimui ir magnetinio lauko linijai, užlenkia atomų judėjimą ir jie sukasi spirale. Tačiau elektriškai neutralių atomų magnetiniame lauke neveikia Lorencio jėga.

Vilniečiai su Edinburgo universiteto mokslininku dr. Patricku Ohbergu 2004 metais "Physical Review Letters" išspausdintame darbe pasiūlė būdą, kaip šviesos pluoštais sukurti dirbtinį magnetinį lauką, imituojantį Lorencio jėgą atomams. Dabar su prancūzais buvo nagrinėtos tam tikros bendros šviesos sukulto dirbtinio magnetinio lauko atomams savybės ir planuojami eksperimentai. Juos atliks J.Delibard'as, teoretikas ir eksperimentuotojas, turintis labai gerą aparatūrą, o G.Juzeliūnas su Vilniaus kvantinės optikos grupe eksperimentuose dalyvaus kaip teoretikas. J.Delibard'o grupė galbūt galės atlikti ir vadinamojo Datta-Das tranzistoriaus tyrimus. Lietuvoje, pasak pašnekovo, tokiems eksperimentams atlikti reikalingos aparatūros kol kas nėra. Ji kainuoja milijonus eurų. Neturime kol kas ir žmonių, parengtų dirbti tokiose laboratorijose.

Apie lėtąją šviesą

VU Teorinės fizikos ir astronomijos instituto vyriausiasis mokslo darbuotojas G.Juzeliūnas, dar ketvirčių profesorius etato dirbantis Vilniaus pedagoginiame universitete, atomtronika susidomėjo 2000 metais, kai ir buvo sukurtos pirmosios atomų mikroschemos. Anksčiau fizikas dirbo daugiausia kondensuotų medžiagų sistemų srityje. 1992-1994 metais per podaktarines studijas Didžiojoje Britanijoje, Rytų Anglijos universitete, jis do-

mėjosi kvantine elektrodinamika. Vėliau, 1997-1998 metais, dirbdamas Ulmo universitete Vokietijoje kaip Humboldto stipendininkas, susipažino su amerikiečių profesoriumi Howardu Carmichaelu ir sutarė kartu tirti šaltuosius atomus.

2000-aisiais gavęs Fulbrichto stipendiją, G.Juzeliūnas vienus metus dirbo Oregono universitete JAV. Ten susidomėjo ne tik šaltaisiais atomais, kurių žinovas buvo prof. H.Carmichaelas, bet ir tokiu reiškiniu kaip lėtoji šviesa.

Dabar atomtronikos padėtis yra panaši kaip elektros XIX amžiuje, kai ji daugiausia rodyta žmonėms kaip triukas. Tada niekas nė nematė, kad po 100 ar 150 metų elektra bus viso gyvenimo pagrindas.

"Paprastai šviesa yra net labai greita - per sekundę ji nukeliauja 300 tūkst. kilometrų, o leidžiant šviesą per labai šaltus atomus (nuo absoliutaus temperatūros nulio skiria tik maždaug dešimties milijardinių laipsnio dalių), ją galima sulėtinti iki dviratininko greičio - maždaug 17 metrų per sekundę," - pasakojo fizikas.

Iš šios srities G.Juzeliūnas su prof. H.Carmichaelu kartu išspausdino straipsnį, o jame pasiūlytos idėjos vėliau buvo patvirtintos eksperimentais. Grįžęs į Lietuvą mokslininkas pradėjo bendradarbiauti šioje srityje su Vokietijos Kaiserslauterno universiteto profesoriumi Michaelu Fleischhaueriu. Pasak pašnekovo, lėtoji šviesa, dirbtinis magnetinis laukas atomų pluoštui ar atomų tranzistorius turi bendra tai, kad kalbama apie šaltuosius atomus ir šviesos pluoštus, kurie tuos atomus valdo.



G.Juzeliūnas su prof. M.Babikeriu Jorko universitete (šiaurės rytų Anglija) prie I.Newtono obels - kadaise Kembridže augusios obels, nuo kurios krintantis obuolys padėjo didžiajam mokslininkui atrasti visuotinę traukos dėsnį, palikuonės.