

A szilárdtestfizika rejtelsei

Beszélgetés a Marie Curie-ösztöndíjas Kiss Annamária fizikussal

A szilárdtestfizikai kutatások – a legtöbb tudományos alapkutatáshoz hasonlóan – ma még csak a szakmabelieket hozza lázba. De, mint ahogy lenni szokott, ezek jelentik a holnap technológiáját és a holnapután leghétköznapibb eszközeit. Kiss Annamária fizikussal, a Wigner Fizikai Kutatóközpont munkatársával a szilárdtestfizikában rejlő kihívásokról, azok megoldásairól és az eredmények gyakorlati hasznosításáról beszélgettünk.

– *Miért lett fizikus és hogy került a kapcsolatba a szilárdtestfizikával?*

– Ha röviden kell válaszolnom, azt mondom, mert imádom problémákat megoldani. Minél bonyolultabb, annál érdekesebb. A hosszabb válasz az, hogy egészen kicsi korom óta lenyűgöz a természet és annak tit-

alapvető természeti jelenségek fizikai törvényszerűségeinek megértése. A diplomamunkámat majd a PhD-t is a KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetében, a jelenlegi Wigner Fizikai Kutatóközpontban végeztem. Ritkaföldfemes vegyületek korrelált f-elektronjainak egzotikus

mágneses és elektromos rendeződéseit tanulmányoztam különböző modellek megalkotásával Fazekas Patrik professzor vezetésével. A kísérletek azonban rendkívül összetettek voltak, sok esetben radioaktív urániumot, plutóniumot vagy neptúniumot tartalmaztak, ezért csak néhány helyen végeztek ilyeneket a világon. Nekünk, elméletieknek ez szolgáltatja az információkat. Kutatásunk akkoriban teljesen újnak számított Magyarországon.

– *Miben segítette a szakmai pályáját a japán ösztöndíj?*

2004-ben elnyertem egy posztdoktori ösztöndíjat Szendaiba, a neves Tóhoku Egyetemre. Japánban számos olyan egyetemi és kutatóintézeti laboratórium van, ahol a ritkaföldfemes anyagokat tanulmányozták. Így első kézből értesülhettem a legújabb eredményekről és a kutatások első vonalában érezhettem magam. Ekkor kezdtem a szilárdtestfizikai rendszerek elektronjai közötti erős kölcsönhatásokkal, és korrelált viselkedésekkel foglalkozni. Beleértve olyan egyszerűnek tűnő, valójában azonban mély problémákat, mint például hogyan hat egy fémre, ha mágneses szennyezőt helyezünk bele.

– *Miért fontos ez a kérdés, és hogy lehet vizsgálni?*

– A fémek tulajdonságait a vezetési elektronjai határozzák meg. Ha behelyezünk valamilyen mágneses szennyező atomot, akkor az elektronok szóródni fognak

ezen és anomálishan megváltoztatják a fém tulajdonságait, például az elektromos ellenállását vagy a külső mágneses térre adott választ, ahogy csökkentjük a hőmérsékletet. Ennek oka az alacsony hőmérsékleten kialakuló korrelált, úgynevezett Kondo szinglett állapot, ahol a vezetési elektronok leármékolják a lokális momentumot. Mivel a korrelációk tanulmányozása rendkívül bonyolult, ezért sok esetben csak numerikusan lehet vizsgálni, azaz valamilyen algoritmust hívunk segítségül, amit aztán számítógépeken futtatunk. Elmondhatom, hogy jókor voltam jó helyen, hiszen a Tóhoku Egyetem fiatal kutatói az elsők között sajtóítottak el egy akkoriban kifejlesztett hatékony módszert, az úgynevezett folytonos idejű kvantum Monte-Carlo-szimulációt. Így én is megtanulhattam tőlük. Bár számos különböző Monte-Carlo-algoritmus létezik fizikai és matematikai problémák megoldására, a módszer alapja az, hogy egymás után sokszor ismételve véletlenszerűen mintavételez fizikai mennyiségeket, nem ritkán több milliószor, ily módon próbálva azt minél pontosabban meghatározni.

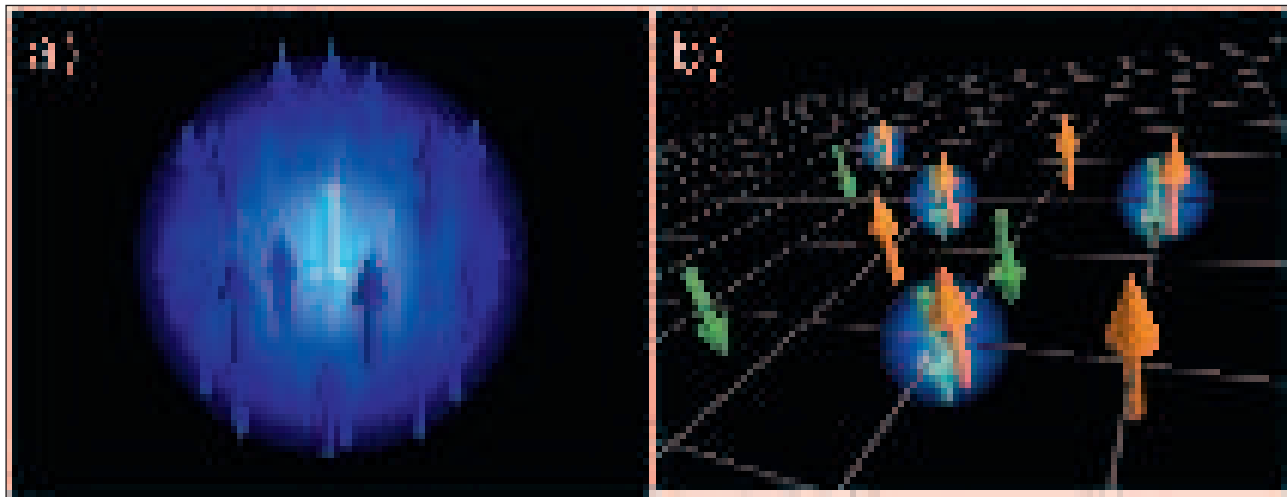
– *Milyen szerepe van a kutatásaiban a Marie Curie-ösztöndíjnak?*

– Sorsdöntő, azt hiszem. Amikor hat év után visszatértem Magyarországra, az elhelyezkedési lehetőségek semmi jóval sem kecsegtettek. 2011-ben elnyertem az Európai Unió hazatérést és beilleszkedést segítő reintegrációs Marie Curie-ösztöndíját négy évre. Ezt a támogatást azzal a céllal hozták létre, hogy egy Európai Unió kívüli országban megszerzett tudást a pályázó hazahozza – esetemben a Wigner Fizikai Kutatóközpontba –, és segítséget nyújtson a hazai kutatásba való visszailleszkedésben. A támogatásnak köszönhetően sikerült megteremtennem a munkához szükséges számítógépes hátteret, fedezhettem a felmerülő publikációs költségeket, valamint utazásra is költöttek, ami manapság elengedhetetlen ahhoz, hogy a legújabb tudást elsajátítsuk. Az ösztöndíj még tart, de azt hiszem a fő célokat már sikerült teljesítenem. Tavaly állandó állást



kai, mindenben az irányító elveket kutattam és próbáltam megérteni. Már általános iskolában is a matematika és a fizika érdekelt, amit a Fazekas Gimnázium matematika tagozata követett. Számomra sokkal egyszerűbb volt matematikai feladatokat megoldani, mint a száraz történelmet, irodalmat vagy földrajzot tanulni. Az idegen nyelvek tanulásával is meggyűlt a bajom, mert nem voltam hajlandó bemagolni a nyelvtant vagy szavakat. Azóta persze szereztem némi élettapasztalatot, egyre jobban érdekel az irodalom, a történelem és a képzőművészet is. Nyelvtudás nélkül pedig nem ismerhetünk meg más embereket és kultúrákat. Úgy gondolom, szerencsés, ha egy fizikus átfogó ismeretekkel rendelkezik a szűk szakterületén kívüli világról is.

A BME Természettudományi Karának mérnök-fizikus szakán a kondenzált anyagok fizikája szakirányt választottam. Ez igazi alapkutatás, ahol a kitűzött cél az



Illusztráció elektronrendszerek korrelált viselkedésére: a) szennyező Kondo-effektus, ahol a vezetési elektronok leárnyékolják a lokális szennyező momentumot létrehozva ezzel a Kondo-szinglett állapotot alacsony hőmérsékleten; b) Hubbard-modell „ugráló” és kölcsönható elektronokkal kétdimenziós rácson

kaptam a Wigner Kutatóközpontban, valamint sikeres hazai együttműködést tudtam kialakítani a BME-n működő, Simon Ferenc professzor vezette mágneses rezonancia kutatócsoporttal is. Végül, de nem utolsó sorban, fent tudtam tartani a japán kollégákkal való sikeres együttműködést, hiszen évente legalább egy japán szakmai látogatásra is elmehetek.

– 2011-ben viszont nem volt annyira jókor és jó helyen.

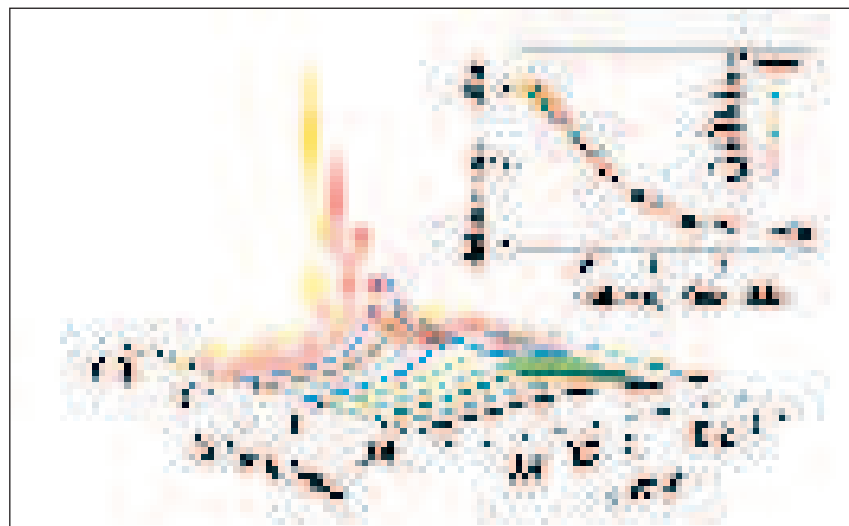
– Valóban. 2011 márciusában éppen akkor voltam Szendaiban, amikor kitört az a nagy földrengés, amit ma mindenki Fukusimával kapcsol össze. A kutatómunka néha veszélyes is lehet! Bár a japán kollégák segítségével haza tudtam jönni, de a földrengéskor átélt élmények feldolgozása még hosszú időt vett igénybe. Végül csak úgy sikerült, hogy „kiírtam” magamból egy könyv formájában. Ez volt az *Amikor a sinkanszen sem jár* című kötet, ami kiváló alkalmat adott arra is, hogy szélesebb körben is megoszthassam a japán emberekről és a távoli, japán kultúráról kialakult benyomásaimat és, valamint korábbi élményeim.

– Jelenlegi kutatásai viszont nagyon is előre mutatnak. A Simon Ferenc vezette, spintronikával foglalkozó csoportjuk az Európai Kutatási Tanács (ERC) Starting Grant támogatását is megkapta. Miért olyan fontosak ezek a vizsgálatok?

– A spintronika ma még nagyrészt alapkutatási fázisban van, de a jövő nagyon fontos iparágának az alapja. Maga a kifejezés egyébként a spin és az elektronika szavak összevonásából kialakított kifejezés. Régóta tudjuk, hogy az elektron a töltés mellett spinnel azaz perdülettel is rendelkezik. Ma még az elektronika olyan eszközökön alapul, amelyekben csak az elektron töltését használják ki, a spintronikai eszközök viszont a nanotechnológia felhasználásával az elekt-

ron kétféle spinbeállási lehetőségét. Így jóval kisebb méretű és nagyobb teljesítményű elektronikai eszközöket lehet majd létrehozni. Ehhez azonban még szükség van elméleti megalapozásra is, ahol a központi kérdést a spin-relaxációs folyamatok jelentik. Ugyanis egy adott anyag spintronikai használhatóságát az szabja meg, hogy az elekt-

ron elveszik, mint amennyi idő szükséges az információ kiolvasásához, akkor gyakorlati szempontból nem használható. A koherens spinorientáció lebomlását az anyaggal való kölcsönhatás okozza, ezért megfelelő anyagokat kell találni. Ez többnyire technológiai kérdés. De ennél is fontosabb alapjaiban megérteni a spin sokaság anyaggal való köl-



Folytonos idejű kvantum Monte-Carlo szimulációs módszerrel számolt lokális állapotsűrűség a Fermi-szint (energia=0) körül a kölcsönhatás (U), azaz korreláció függvényében, valamint a kapcsolódó elektromos ellenállás hőmérsékletfüggése egy töltés Kondo-modellben

ronok sokaságának közös spinorientációja, az anyagban való haladás során meddig marad fenn. Ezt pedig a spinrelaxáció jelensége határoz meg. Csatlakoztam a BME-n működő mágneses rezonancia kutatócsoporthoz, amely elnyerte a rangos Európai Kutatási Tanács (ERC) Starting Grantját 2010-ben. A spinrelaxációt vizsgáljuk, ugyanis ha a koherens spinorientáció előbb lebomlik, az-

csonkhatását, amit különböző spin-relaxációs folyamatok modellvizsgálatával érhetünk el. Ha ezeket a folyamatokat részletesen ismerjük, új perspektívák nyílnak a spintronikai eszközök használhatóságában. Bár nincs ipari háttérünk, de már nemzetközi szinten is jegyzet publikációink vannak a témában.

Az interjút készítette:
TRUPKA ZOLTÁN