

Bírálat

Földi Péter

„Közegbeli elektronok spin- és időfüggő dinamikája külső elektromágneses terekben”

című MTA doktori értekezéséről

Földi Péter doktori értekezése három fő témát dolgoz fel: az első egy árammal átjárt kvantum gyűrű, illetve ilyen gyűrűkből felépített áramkörök, a második a környezetükkel kölcsönható, meghajtott molekuláris mágnesek, végül a harmadik a nagy intenzitású lézerrel kölcsönható félvezetők viselkedése. A téma időszerű és számos, a szerző által is taglalt kísérleti eredmény motiválja ezek vizsgálatát. Ráadásul az alapkutatáson túlmutatva a kapott eredmények jelentősek lehetnek spintronikai illetve kvantum számítástechnikai alkalmazások területén.

A dolgozat maga és a tézispontok 8 publikációra épülnek, melyek a terület elismert folyóirataiban kerültek közlésre (Physical Review A és B, Nano Letters, New Journal of Physics), és amelyekben a szerző mindben első szerző. Az MTMT tanúsága szerint Földi Péter effektív idézettsége kiváló, 700 fölötti, ráadásul több végzett PhD hallgatója is van. Azonban a fenti 8 publikáció közül 6-ban társszerző Benedict Mihály is, a szerző PhD témavezetője. Bár nincs kétségem afelől, hogy ezek cikkek a szerző saját, önálló munkájának gyümölcsei, az MTA doktori dolgozat téziseinél elegánsabb lett volna kisebb átfedés a korábbi témavezetővel. Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy ez egyáltalán nem szokatlan gyakorlat az MTA doktori értekezéseknél.

A dolgozat maga egy rövid, célratörő és tartalmas bevezetővel nyit, mely megismerteti az olvasót a később tárgyalandó három fő témakör alapvető jellemzőivel, elméleti háttérével, valamint a kísérleti jellemzőkkel. Érzésem szerint ezekből többet is elbírt volna a dolgozat nem csak a bevezető részben, de a saját eredmények tárgyalásánál is.

A 2. és 3. fejezetben a kvantum gyűrűk fizikáját tárgyalja a szerző. A Rashba-típusú spin-pálya kölcsönhatással felszerelt egyetlen kimenetű kvantum gyűrű egybites kvantumos logikai kapuként is működhet. A két kimenettel rendelkező gyűrű pedig a Stern-Gerlach kísérlethez nagyon hasonló eredményekhez vezet a rajta áthaladó elektronok választát tekintve. A szerző megvizsgálta az

összekapcsolt gyűrűkből álló elrendezés tulajdonságait is, és azt találta, hogy bár a rendezetlenség és a hőmérséklet lecsökkenti a rendszer transzmisszióját, a hálózat funkcionalitása részben megmarad.

A következő fejezetben a meghajtott, környezetükkel kölcsönható lokalizált spinek dinamikájával foglalkozik a szerző. Egy feles spinre koncentrálna megmutatta, hogy a dinamika a megfelelő Floquet-állapotok felé tereli a rendszert. Egy nagy spin esetén pedig rámutatott, hogy a többszörös nívókeresztezések miatt a Landau-Zener-modell eredménye már nem alkalmazható a dinamikára. Azonban külső dekoherencia esetén a kvantum koherens időfejlődés elveszik, és az egymás utáni nívókeresztezések gyakorlatilag függetlenek lesznek.

Az ötödik fejezetben a szerző egy félvezető választát vizsgálja nagy intenzitású, rövid lézerrimpulzus jelenlétében. Legérdekesebb eredménye, hogy még erős elektron-fonon csatolás esetén is fellépnek akár többszörös Bloch-oszcillációk is. Végül érvel amellet, hogy míg egy többsáv modellben a teljes áram mértékinvariáns, addig az áramnak a sávon belüli és sávok közötti komponensei nem azok.

A dolgozattal kapcsolatban felmerült bennem néhány kérdés, de az ezekre adott válasz nem befolyásolja a munka kiváló minősítését. A szerző az elmúlt évtizedben komoly és értékes kutatást végzett, mely nemzetközi szinten is kimagasló. Minderről a jelen dolgozat messzemenőig beszámol és a tézisfüzetben megfogalmazott hat tézispontot a szerző saját eredményeinek fogadom el, amelyekkel nagyban hozzájárult nemzetközi szinten is kutatási területének fejlődéséhez. Az értekezés maga igényes munka, melyben csak elhanyagolható számú elírást találtam. Hiányoltam azonban, hogy a saját tudományos eredményeket tárgyaló fejezetekben csak elvétve jelenik meg az összevetés a kísérleti eredményekkel. Összefoglalva mindezek alapján javaslom a dolgozat nyilvános vitára bocsátását és sikeres védés esetén az MTA doktori cím odaítélését.

Kérdések:

1. A kvantum gyűrűk tárgyalásánál a szerző az egyelektron képet alkalmazza. Ugyanakkor jól ismert, hogy csökkentett térbeli dimenziók esetén (praktikusan egy dimenzióban) a kvantum effektusok felnagyítódnak, és az elektronok közti kölcsönhatás számos izgalmas fizikai jelenséghez vezethet, pl. Luttinger-folyadék, Wigner kristály, Mott-átalakulás stb. Kérdésem, hogy az egyelektron kép mennyire marad érvényes több részecske és elektron-elektron kölcsönhatás jelenlétében, illetve ezek hogyan módosíthatják a kapott eredményeket?

2. A 3. fejezetben a szerző tárgyalja a szennyezők hatását, melyek kis koncentrációban (4

szennyező/gyűrű), de állítható erősséggel rendelkeznek. Alacsony dimenzióban közismert, hogy a szennyezők Anderson-lokalizációt okoznak. Kérdésem, hogy a szerző által kapott transzmisszió csökkenés (pl. 25. és 26. ábra) kapcsolatban van-e az Anderson lokalizációval, illetve maga a lokalizációs hossz mekkora lehet? Elképzelhető, hogy a vizsgált paraméter tartományban a lokalizációs hossz nagyobb a rendszer méreténél, vagyis a talált eredmények nincsenek szoros összefüggésben az Anderson-lokalizációval. Növekvő szennyező sűrűség és erősség esetén azonban a lokalizációs hossz a minta méreténél kisebb lehet, mely kvalitatívan újszerű transzmisszióhoz vezethet. Hogyan lehetne mindezt tetten érni?

3. A lokalizált nagy spin esetén a szerző a fázisrelaxációt vizsgálta, amikor a környezethez való csatolás az S_z operátoron keresztül valósul meg. Mennyire általánosak az ekkor kapott eredmények? Spin-flip (pl. S^+) operátorhoz való csatolás esetén milyen jellegű lenne a dinamika? Melyik csatolás írhatja le jobban a valóságot?

4. Nem teljesen világos számomra, hogyan tudjuk nagy biztonsággal beazonosítani a Bloch-oszcillációkat. Pl. a 46. és 47. ábra alsó panelje hasonló viselkedést mutat. A momentum felbontott (felső panelek) információk hiányában hogyan lehet eldönteni egy oszcillációról, hogy az Bloch-eredetű-e?

Budapest, 2022. január 5.



.....
Dóra Balázs
egyetemi tanár