

**Bírálat Csonka Szabolcs "Mesterséges atomokból felépülő
hibrid kvantumáramkörök" c. MTA doktori értekezéséről**

Csonka Szabolcs MTA doktori dolgozata az elmúlt két évtizedben végzett nagy hatású nanofizikai elméleti és kísérleti munka összefoglalása, amit ő és kutatócsoportja nanoáramkörökbe integrált kvantumpöttyökön (a dolgozatban "mesterséges atom") végzett. A munka a kvantumpöttyök előállításától azoknak a szupravezetőket is tartalmazó nanoáramkörökbe illesztésén át az újszerű transzportmérésekkel való vizsgálatáig terjedt - kiemelném a kísérleteket, ahol a pöttyök a Cooper-párok "szétválasztását" teszik lehetővé, ill. ahol "Andrejev-molekulát" képeznek. A munkát nem csak magyar viszonylatban tartom kiemelkedőnek, hanem nemzetközi mércével mérve is.

A dolgozat öt fejezetben tárgyalja az eredményeket. Az 1. fejezet a kvantumpöttyök előállítását tárgyalja, félvezető nanopálcákban nedves marással és grafén nanoszalagban mágneses térrel. Ezek úttörő kísérleti eredmények voltak, amiket azonban azóta egyéb technikák kiszorítottak. A 2. fejezet a spin-pálya-kölcsönhatás és a g-faktor elektromos térrel való hangolását tárgyalja, és az ehhez kapcsolódó kísérleti eredményt: a Weyl-pontok analógjainak (itt kváziimpulzus helyett mágneses tér függvényében lépnek fel) vizsgálatát. A spin-pálya kölcsönhatás hangolási módja jelentős visszhangot keltett. A 3. fejezet a ferromágneses korrelációk hatását vizsgáló kísérletekről számol be, ezekre alapozva spinpolarizált áramforrásra tett javaslatot Csonka. A 4. fejezet a Cooper-párok szétválasztását szolgáló áramkörrel kapcsolatos úttörő kutatásokat tárgyalja. A távlati cél összefonódott elektronpárokat kibocsájtó, robusztusan működő forrást építeni, ebben az irányban folyó kutatások építenek Csonkáék eredményeire. Az ötödik fejezet az "Andrejev-molekula" nevű kísérletet tárgyalja: itt szupravezetőn keresztül csatolnak két kvantumpöttyöt. Ez fontos lépés a Kitaev-lánc egyik megvalósítása felé ("szegény ember Majorana-drótja"). Csonkáék dupla InAs-nanopálca növesztésével tudták létrehozni az Andrejev-molekulát, a félvezető pálcákra epitaxiálisan illeszkedő Al szupravezető héjat párologtatva. A kísérlet sikerét mutatja, hogy a transzportméréseket kvalitatívan tudták magyarázni a változatos csatolásokat tartalmazó elméleti modellekkel.

A dolgozat lenyűgöző mennyiségű munkát tárgyal, a választott "rövid értekezésnek" megfelelően próbálva a munka lényegét tömören átadni. Sajnos ezt a "lényegét" helyenként nehezen tudtam áttekinteni, a dolgozat helyenként inkább az eredmények katalógusának tűnt (pedig képzelem, így is sok érdekes mérési eredményt kellett kihagynia a szerzőnek, hogy egységes művet állítson elő). Talán egy fejezettel kevesebb elég lett volna az eredményekből, több maradt volna a fizikai motivációra. Megjegyzem, az olvasást lassította a nagy számú helyesírási hiba, elírás is.

Lentebb részletezem kérdéseimet - az ezekre adott válaszoktól függetlenül a mű téziseit (1.1-2, 2.1-3, 3.1-2, 4.1-5, 5.1-3) új tudományos eredményként fogadom el, és elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez. A nyilvános védés kitűzését **javasolom**.

Kérdéseim:

- A 4. ábra b és c paneljén piros görbével feltüntetett számolási eredmények vannak. Ezek mögött milyen fizikai modell van, milyen egyszerű kép?
- Az 5. ábra c paneljén hol van a piros szaggatott vonal?
- A 2.3. pont elején azt írja, "a degenerációk ... nem tudnak eltűnni". De azért jól gondolom, hogy párosával mégiscsak el tudnak tűnni?
- 4. fejezet bevezetése: "kvantumkommunikációs architektúrák kvantumos összefonódás nélkül nem működnek" - a BB84 séma működik összefonódás nélkül is, nem?
- A 20. ábrán bemutatott kísérleti elrendezés alkalmas a kibocsájtott elektronok szinglett karakterének detektálására, vagy csak a spinjeik ellenkező irányba állását tudja ellenőrizni?
- Az 5.3. fejezetben tárgyalt duplapálcás Andrejev-molekula kísérlet kiterjeszthető-e tovább, azaz elképzelhetőnek tartja-e így 3, 4, stb. kvantumpöttyös Kitaev-láncot építeni?

Budapest, 2025. máj. 7.



Asbóth János
egyetemi docens,
BME TTK Elméleti Fizika Tanszék
és
tudományos főmunkatárs,
HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont,
Kvantumoptikai és Kvantuminformatikai Osztály