



**Szegedi
Tudományegyetem
Elméleti Fizikai Tanszék
Szeged**

dr. Földi Péter
egyetemi docens

Cím: 6720 Szeged,
Tisza Lajos körút 84-86.
E-mail: földi@physx.u-szeged.hu
Tel/Fax: (62) 544-368

Vélemény
Szabó Levente
**Entanglement in quantum bit cloning
and in Hardy's paradox**
c. PhD dolgozatról

Szabó Levente a kvantumos összefonódottság kérdéséhez kapcsolódó eredményeit összefoglalva készítette el doktori értekezését. Az összefonódottság megjelenése a többrésű kvantummechanikai rendszerek egyik alapvető jellemzője, bizonyos értelemben a kvantumos tulajdonságok veleje, ezért a kérdés kutatása önmagában is elvi jelentőséggel bír. Ugyanakkor, mióta az emberiség képes tervezett módon, laboratóriumokban kísérletileg is befolyásolni individuális kvantumrendszereket, a problémakör gyakorlati jelentőséget is nyert, különösen, ha a kvantumos alapokon nyugvó információfeldolgozás lehetőségeit tekintjük.

Ennek fényében a dolgozat témaválasztás nagyon aktuális, mind fundamentális szempontból, mind pedig a lehetséges alkalmazások adta motivációt tekintve. Az összefonódottság jelentette szerteágazó témakörhöz Szabó Levente két példán keresztül közelített, az információtechnológia szempontjából is fontos kvantumos klónozás folyamatát, és egy nagyon különleges, a kvantummechanika leglényegét feszegető, a lokalitással kapcsolatos gondolat kísérletet/paradoxont vizsgálva. A témához való szakmai hozzáállása mindkét esetben precíz, mind fizikai, mind matematikai szempontból.

Maga a dolgozat a kontextus megfogalmazásával, az alapvető definíciókkal és a vizsgálni kívánt rendszerek leírásával kezdődik. A legelső fejezet jól összefogott, tömör összefoglalását adja ezeknek a kérdéseknek. Összességében is elmondható, hogy a szöveg kerüli a terjengősséget, kimondottan célratörő. A saját eredmények ismertetésével foglalkozó 2-4 fejezetek is ebben a szellemben íródtak, de fontos megjegyezni, hogy a tömörség nem megy az érthetőség rovására. Így a dolgozat jól olvasható, logikusan szerkesztett munka. Nyelvileg sem található értelemzavaró elírás, a szerző láthatóan ismeri és jól használja az angol szaknyelvet, illetve – ahogyan a magyar összefoglalóból is látszik – anyanyelvén is szabatosan fogalmaz. A dolgozat irodalomjegyzéke – bár talán a szokásosnál valamivel kevesebb tételt tartalmaz – lényegében lefedi a vizsgált témakört.

Tartalmilag a szöveg lényegét a 2., 3. és a 4. fejezet jelenti, amelyek a kapcsolódó három publikációnak megfelelően Szabó Levente saját eredményeit tartalmazzák.

Először a kvantumos klónozás és az összefonódottság kérdése a vizsgálat tárgya, a szerző megmutatja, hogy ha egy olyan kvantum bit párt tekintünk, amely kezdetben maximálisan összefonódott, akkor a pár egyik tagjának klónozása után a pár tagjainak egymás közötti összefonódottsága szoros kapcsolatban van a folyamathoz használt segéd kvantumbitek

összefonódottságával. A tisztán háromrészű összefonódottságot mutató Greenberger–Horne–Zeilinger állapot esetén fontos az az állítás, hogy klónozással részleges kétrészű összefonódottság nyerhető ki a rendszerből.

A saját eredmények többi része az L. Hardy által megfogalmazott, lokalitással kapcsolatos paradoxonra, illetve annak tágabb értelemben vett optikai analogonjára vonatkozik. Konkrétabban, az elektron és pozitron interferencián, illetve annihiláción alapuló probléma egy interpretációjához kötődnek az eredmények: az elvi kísérleti elrendezés kimenetein megjelenő kvantumállapotok a kvantummechanika optikai tételére hivatkozva tekinthetők úgy, mint a zavartalanul terjedő bejövő állapot, és egy előreszórt állapot szuperpozíciói. A számítások a teljes kimenő állapotnak a fenti módon részét képező előreszórt állapotokra vonatkoznak, az ő összefonódottságuk a vizsgálat tárgya. A jelölt megmutatja, hogy ez az előreszórt állapot az eredeti Hardy-féle elrendezésben nem szorzat szerkezetű, és azt is, hogy hasonló állítás fogalmazható meg egy annihilációt nélkülöző (cserébe kivitelezhető) optikai elrendezésben.

Szabó Levente eredményeit három tézispontban foglalja össze, amelyeket új tudományos eredménynek fogadok el. Ezek a tézispontok mind angolul, mind magyarul kellő tömörséggel kerültek megfogalmazásra, ugyanakkor jól tükrözik az eredmények lényegét. A tézisek és maga a dolgozat három referált folyóiratban megjelent publikáción alapul, amelyekkel a jelölt teljesíti a publikációs követelményeket.

Összességében Szabó Levente dolgozata értékes munka, egy fontos témához való érdemi hozzájárulást tükröz, így a lenti kérdéseimre/megjegyzéseimre adott választól függetlenül mindenképpen javaslom a védés megszervezését, és sikeres eljárás esetén a fokozat odaítélését.

Szeged, 2018. november 10.

Földi Péter

Kérdések, megjegyzések

1. A 2 fejezetben vizsgált univerzális kovariáns kvantum klónozás nevében talán a „kovariáns” szó oka nem minden olvasónak tiszta, illetve esetlegesen más szakterületek művelői mást értenek alatta. Ebben a kontextusban mit jelent a kovariancia?
2. A 2.2 ábrán, illetve annak metszetein az összefonódottságot jellemző konkurencia bizonyos esetekben nullává válik. Ez nem különösebben meglepő a Wootters formulában szereplő maximum miatt. Ugyanakkor a magyarázó szöveg szerint a függvény nem is folytonos, ami az ábrákon kevéssé látszik. Ha nem elírásról van szó, mi lehet az effektus oka?
3. A Hardy paradoxon interpretációja lényegesen függ-e a keletkező gamma fotonok számától?
4. Ugyanezen paradoxon optikai analogonja kapcsán a kétfotonos állapotok elhagyása pusztán az eredeti Hardy-féle felvetéshez való minél szorosabb kapcsolódást szolgálta, vagy volt más oka is?