

Bírálat

Szabó Levente

Entanglement in quantum bit cloning and in Hardy's paradox

című PhD dolgozatról

Szabó Levente jelölt PhD dolgozatában a kvantummechanika alapjait és annak gyakorlati, kvantuminformatikai felhasználását is érintő problémakörben ért el eredményeket. A témaválasztást időszerűnek és érdekesnek tartom. Az egyedi, koherens viselkedést mutató kvantumrendszereket érintő alapvető problémák közül sokat már a kvantummechanika kialakulásakor felvetettek, általában a gyakorlatban kivitelezhetetlennek vélt gondolkísérletek formájában. A dolgozat középpontjában álló klónozás kérdése azonban nem ilyen. Azt az egyszerű kérdést, hogy pontosan le lehet-e másolni egy egyedi kvantumrendszer állapotát úgy, hogy az eredeti állapot is megmaradjon, a kvantuminformatika hajnalán fogalmazták meg, mint a kvantumtitkosítás biztonságának fő feltételét. A nemleges válasznak ismeretelméleti következményei is vannak, hiszen ha pontosan másolhatnánk egy rendszer kvantumállapotát, úgy a sok példányon végzett különböző mérések statisztikájából a kvantumállapotot tetszőleges pontossággal megismerhetnénk. A kvantuminformatika kibontakozásával a kérdésre gyakorlati jelentőségű válaszok is születtek, ilyen a dolgozatban körüljárt Bužek és Hillery-féle univerzális kvantumklónozó ötete is. Ennek a rendszernek egy eddig nem ismert, érdekes aspektusát dolgozza fel a jelölt: a felhasznált extra qubitek állapotát és azok összefonódását a többi qubittel vizsgálja. A másik problémakör szintén a kvantummechanika alapjait érintő paradoxon kvantumoptikai megvalósításával foglalkozik és annak egy alapos elemzésével, melynek során rávilágít a egy másik ismert kvantummechanikai paradoxonnal (kölsönhatás-mentes mérés) való párhuzamra.

A dolgozat angolul íródott, logikus felépítésű. Az irodalmi áttekintés és fogalmi bevezető után 3 fejezetben foglalja össze eredményeit, ami követi a 3 tézis struktúráját. A bemutatott tézisek mindegyikéhez egy nemzetközi tudományos folyóiratban megjelent cikk tartozik (2 PRA, 1 Physica Scripta), amelyből 1-ben első szerző a jelölt. A téziseket önálló eredménynek fogadom el. Ezzel kapcsolatban egy megjegyzésem lenne: a 3. tézispont végén annyi szerepel, hogy az eredeti Hardy -féle paradoxon és az optikai megvalósítás, bár kvantitatívan nem pontosan ugyanolyan, de hasonlóságokat mutat. Itt esetleg a jelölt szóban kifejthetné, hogy pontosabban milyen hasonlóságokat talált. A munka helyes angolságú, jó szövegezésű, a felépítése világos és lényegre törő. A dolgozatot elolvasva különösebb hibát nem találtam. Mindezek alapján a dolgozat teljesíti a formai és tartalmi követelményeket.

Szakmai kérdések:

1. Megjegyzés: történetileg valószínűleg Stephan Wiesner vetette fel (de úgy tudom nem bizonyította) a kvantumállapot-klónozás lehetetlenségét a 70-es években amikor „kvantum-vízjellel” megjelölt pénzt javasolt, ez mai szemmel a titkosítás előfutárának tekinthető. A korszakról érdekes és élvezetes tudománytörténeti összefoglalót nyújt Jonathan P. Dowling egy belső szemével a „Schrödinger's Killer App: Race to Build the World's First Quantum Computer” c. könyvében.
2. A 2. fejezetben a konkurenciát használják az összefonódottság jellemzésére. Más összefonódottsági mértéknél várható-e esetleg valamilyen kvalitatív eltérés?
3. Egy optikai elrendezést javasolnak, ami hasonlít Hardy paradoxonához. Kiemelik azonban, hogy ez nem valósítja meg, csak hasonlít rá. Mennyiben hasonlít ez az elrendezés és melyek a fő eltérések az eredeti paradoxonhoz képest?

4. Ismer-e kísérleti megvalósítását a Hardy paradoxonnak, vagy annak valamilyen változatának?

Összefoglalva, a dolgozat teljesíti a PhD fokozat odaítéléséhez szükséges általános elvárásokat és tükrözi a jelöltnek a témában való alapvető jártasságát.

A fentiek alapján támogatom a nyilvános vitára bocsátást és sikeres védelem esetén a fokozat odaítélését.

Budapest, 2017. november 27.

Kiss Tamás
tudományos főmunkatárs
Kvantumoptikai és Kvantuminformatikai Osztály
MTA Wigner FK