

VÉLEMÉNY

CZIRJÁK Attila

"Wigner függvények a
kvantumoptikában"

c. angol nyelvű PhD értekezéséről

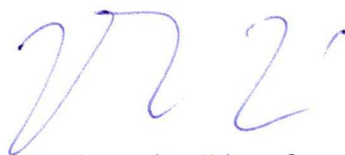


1. A kvantummechanika egyik alapvető tulajdonsága a Heisenberg-féle határozatlanság. Ennek megfelelően, a koordináta és impulzus operátorok nemkommutativitása miatt a klasszikus eloszlásfüggvény kvantummechanikai általánosítása messze nem könnyű feladat. Ez elsőnek nagy hazánkfiának, Wigner Jenőnek sikerült. Az általa megalkotott Wigner függvény azóta is az érdeklődés központjában van. Czirják Attila és témavezetője, Benedict Mihály által választott tudományos célt ilyen szempontból aktuálisnak és fontos témának tartom.
2. A PhD dolgozat 94 oldalas, ebből kb. 22 oldal egy jól megírt áttekintés a Wigner függvényről. Az általam megszokottól eltérően a saját és irodalmi rész elkülönítése nem éles, talán mert a disszertáció négy, eléggé különböző altémából áll. A jelölt megfelelően ismerteti saját tudományos eredményeit, majd 3-3 oldalon előbb angolul, majd magyarul összefoglalja azokat. Az értekezést 113 tételből álló hivatkozási lista zárja. A disszertáció jó felépítésű.
3. Az irodalmi összefoglalás megfelelő, kitűnik belőle, hogy a jelölt tájékozott a szakirodalomban. Az egész disszertáció nagyon jól van megírva, egy példányt, mint a téma "kézikönyvét" szívesen tartanék a könyvespolcomon.
4. Az alkalmazott vizsgálati módszerek a Szegedi Tudományegyetem fizikus hagyományainak megfelelően színvonalasak, a nemzetközi tudományos élet jelenlegi szintjén modernnek.
5. A tudományos eredmények tézisszerű összefoglalása világos, az eredmények jól kivehetők, annak ellenére, hogy a jelölt eredményeit explicite nem foglalta össze formális tézispontokba. Segíti a bíráló munkáját, hogy a tézispontok mellett a jelölt feltüntette azt, hogy az adott tudományos megállapítás melyik dolgozatában került publikálásra. Az összefoglalóban leírt összes eredményét új fontos tudományos

eredménynek tekintem. Közülük külön kiemelném a következő három eredményét:

- a. Kidolgozta a külső elektromos tér hatására Dirac-delta potenciálból alagút effektussal kilépő elektron Wigner-függvényes leírását. Kimutatta, hogy az elektron az alagutat nullától különböző, véges sebességgel hagyja el.
 - b. Kidolgozta a Wigner operátor általánosítását, meghatározta az általánosított Wigner operátor kapcsolatát az s-parametrizált kvázivalószínűségi sűrűségfüggvényekkel.
 - c. Karakterisztikus időket vezetett be az atomi Schrödinger-macska állapotok termikus környezetbeni viselkedésének leírásánál.
6. A bírált munka Czirják Attila 11 publikációjára támaszkodik, ebből 4 közlemény a tudományterület vezető nemzetközi folyóirataiban jelent meg (Phys. Rev. A, J. Phys. A, Opt. Commun., Quantum Optics). A közlemények általában egy szerzői kollektíva közös munkája alapján készültek, a jelölt részarányának meghatározása nem feladatom, azt viszont ki kell emelnem hogy a 11 közleményből hétben Czirják Attila az első szerző. Ennek megfelelően megállapítom, hogy Czirják Attila közleményeinek száma és színvonala minden szempontból kielégítik a PhD követelményeket.
7. Az értekezéssel kapcsolatban van néhány kérdésem ill. megjegyzésem:
- a. A 2.8 közelítés lehetővé teszi az analitikus vizsgálatot, ami fontos a jelenségek mélyebb megértéséhez. Ugyanakkor mindig célszerű tisztába lenni azzal, mennyi és milyen hibát vittünk be a modellbe a közelítéssel. Történtek ilyen becslések?
 - b. Igazolja a 2.23 képlet környékén a Wigner függvény stacionaritását egy nem analitikus közelítésen, hanem numerikus módszereken alapuló számolás is?
 - c. Ugyanezt szeretném megkérdezni a nem-nulla alagútbóli kilépéssel kapcsolatban. Látszik a kilépő impulzus nem-zéró volta egy nem analitikus közelítésen, hanem numerikus módszereken alapuló számolás esetén is?
 - d. A 2.6 egyenletben a potenciál pozitív, a 2.8 képlet feletti szabad hullámfüggvénynek szintén nincs (-1) szorzója, hogyan alakul ki a 2.8 összefüggésben a negatív előjel?

- e. A háromdimenziós 2.6 egyenletben ill. közvetlenül alatta az egydimenziós esetben rendben van a mennyiségek dimenziója?
 - f. Az 1.62. képletben a Schrödinger-macska állapot normája nem 1, ez elírás, vagy valamilyen célzatos választás?
 - g. Az 1.61. képletnek lehetne egy sokkal szemléletesebb alakot adni, amelyben látszana, hogyan alakul ki az eredetileg körszimmetrikus Wigner-függvényen az ellipszis két főátlója.
8. A disszertáció kifejezetten tetszetős, szép kiállítású, az ábraanyag színvonalas, jól szolgálja a megértést. Alig találtam elírást.
9. Összefoglalva, a disszertáció alkalmas a nyilvános vitára. Czirják Attila jelentős eredményességről tett tanúbizonyságot egy aktuális kutatási területen. Mindezek alapján fenntartás nélkül javaslom- egyéb más feltételek teljesítése esetén *Summa cum Laude* minősítéssel - a PhD fokozat odaítélését a jelölt számára.



Janszky József
a fizikai tudomány doktora

Opponensi vélemény

Czirják Attila



"Wigner Functions in Quantum Optics"
 („Wigner-függvények a Kvantumoptikában”)
 című egyetemi doktori (Ph. D.) értekezéséről

A tipikusan kvantummechanikai jelenségekről általában igen nehezen vagy egyáltalán nem alkothatunk szemléletes képet, ugyanakkor állandóan törekszünk arra, hogy a kvantummechanikai formalizmus eredményeit a klasszikus fizikában megszokott módon értelmezzük. A Wigner-függvények a fizika legkülönbözőbb, egymástól távoli terülein történő széleskörű felhasználása annak köszönhető, hogy amellet hogy egzakt kvantummechanikai leírást tesznek lehetővé, sokszor a szemléletességet és a klasszikus fizikával való szoros kapcsolatot is megtarthatjuk segítségükkel. Azáltal, hogy a Wigner-függvények a hagyományos statisztikus leírásban használt fázistéren vett eloszlásfüggvények kvantummechanikai általánosítását jelentik, sokszor segítenek abban, hogy a matematikai tárgyalás során fizikai intuíciónkat is eredményesen használhassuk.

Czirják Attila dolgozata a Wigner-függvényes módszerre támaszkodva néhány, többnyire a kvantumoptikával kapcsolatos időszerű elméleti feladat megoldásához jelent magas színvonalú hozzájárulást. Világosan kitűnik, hogy a jelölt a kapcsolódó szakirodalmat kellő mélységben ismeri, és a vizsgált területek aktív, alkotó kutatójává vált. Munkáját részben nemzetközi együttműködések keretében végezte, a szakterület több vezető kutatójával dolgozott már együtt.

Az angolul írt disszertáció felépítése áttekinthető és logikus, az anyag az angol szaknyelv magas szintű bírását bizonyítja. A saját eredmények jól elkülöníthetők az előzményektől. Ez utóbbiak ismertetését a jelölt alaposan, ugyanakkor helyenként talán túlzott tömörséggel oldotta meg. Kerekébbé tette volna a bevezetést, ha az a töltött részecskék valószínűségi fázistéren értelmezett Wigner-függvényeire, valamint a fotoionizációra vonatkozó korábbi eredmények rövid összefoglalását is tartalmazza, s ennek alapján az első fejezetben tárgyalt tunnel-probléma vizsgálatának aktualitása jobban kihangsúlyozható lett volna. Kiemelem, hogy a dolgozat igen szép kivitelezésű, gondosan megszerkesztett munka, csak néhány jelentéktelen sajtóhibát találtam.

A disszertációban megfogalmazott következő eredményeket a jelölt által kapott új tudományos eredményekként ismerem el.

- Külső homogén sztatikus elektromos tér hatására delta-potenciállal kötött elektron tunnel-emissziója fázistérbeli dinamikájának részletes analitikus és numerikus elemzése (1., 2. tézispontok).
- A Wigner-operátor általánosítása a trace-class paritás operátor alapján (3. tézispont).
- Az atomi Schrödinger-macska állapot termikus környezetben folyó időbeli fejlődésének leírása a master-egyenlet segítségével (4. tézispont).
- Kétnívós atomok rendszere Wigner-reprezentációjának grafikus szemléltetésére alkalmas módszer kidolgozása, s ennek alkalmazása az atomi Schrödinger-macska állapot dinamikájának értelmezésében (5. tézispont).

•A kétnívós atomokból és egymódusú fényből álló kvantumrendszer egyesített Wigner-függvényének bevezetése és alkalmazása a Jaynes-Cummings- modell elemzésére (6. tézispont).

•A redukált együttes Wigner-függvények bevezetése, és ezek segítségével az atom-mező rendszer összefonódott állapotai korrelációs tulajdonságainak elemzése (7. Tézispont).

Megjegyzem, hogy a tézisek megfogalmazása helyenként nem kellő körültekintéssel történt. Például a 3. tézispontban a „ Meghatároztam a sajátállapot bázisát.” mondat igen furcsán hat. Tartózkodnék a 7. tézispontban szereplő következő megfogalmazástól is : „Ezek segítségével rámutattam ... tulajdonságaira”.

Az értekezésben közölt eredmények egyrészt rangos nemzetközi folyóiratokban (pl. egy-egy cikk a Physical Review-ban, Journal of Physics-ben ill. az Optics Communications-ben), másrészt fontos nemzetközi konferenciák Proceedings-ében jelentek meg . Az összesen 11 közleményből 8 jelent meg referált folyóiratban, ezekből 5-ben a jelölt első szerző. Külön kiemelném, hogy az értekezésben használt matematikai formalizmust a jelölt meggyőző gyakorlottsággal és pontossággal használja.

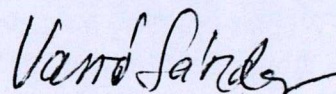
Az értekezést mind a tartalmi mind a formai követelményeknek megfelelő, az átlagosnál magasabb színvonalú, értékes munkának tartom , és a "summa cum laude" fokozattal való minősítését javaslom (az alábbi kérdésekre adott válaszoktól függetlenül).

1. Kérdés : A jelölt az alagút-effektusra vonatkozó részben többször említi a fotoionizáció tunnelionizációs határesetét. Tekintettel arra, hogy a fény elektromos vektorának iránya fényfrekvenciával periodikusan előjelet vált az ionizálandó atom helyén, természetesen felvetődik a kérdés, hogy hogyan módosulnának a dolgozatban közölt eredmények, ha az elektromos tér valamilyen realiztikus bekapcsolását, vagyis a tranzienseket is figyelembe vennénk ?

2. Kérdés : Milyen (a valódi téridő-felfogás keretében megfogalmazható) fizikai jelentése van a tunnel-probléma fázistérbeli elemzése során a Wigner-függvényre kapott negatív tartományoknak ?

3. Kérdés : A (3.17) formulában az általánosított paritás operátor a harmonikus oszcillátor energiasajátállapotain vett hatásával van értelmezve. Adható-e, és ha igen, hogyan, egy bázistól független értelmezés ? Adható-e egy tetszőleges, a konfigurációs téren értelmezett függvényre vett hatás alapján a fizikai rendszertől független definíció ?

Budapest, 2000. Április 14.



Dr. Varró Sándor
tudományos tanácsadó
MTA SzFKI