

Bírálat

HOFER-SZABÓ GÁBOR

*Causality, Locality and Probability*

*in Quantum Theory*

című akadémiai doktori értekezéséről

A kvantummechanikának szinte kezdetétől fogva – ahogy kiderült a mikrorészecskék megfigyelésének véletlen jellege, amit a Born-szabály kvantitatív keretek közé helyezett – paradox tulajdonságokkal lepte meg a klasszikus fizika szigorú kauzalitásához szokott szakmabelieket, majd a tágabb érdeklődő közönséget is. Schrödinger híres macska-paradoxonja mutatott rá először, hogy nem lesz könnyű a mikrovilágról kitáruló ismereteket az egész világra érvényes keretnek tekinteni. Ezt élesítette ki az Einstein-Podolski-Rosen szerzőhármas híres cikke, amely rámutatott, hogy igazán nehezen értelmezhető tulajdonságok jelennek meg az együtt induló, de később eltávolodó mikrorendszerek közötti korrelációkban. Az egyszerűnek látszó magyarázatok – a mérések által eddig még fel nem tárt “rejtett paraméterek” bevezetése – alól John Bell húzta ki a szőnyeget, aki az igen-nem kérdésekre épülő korrelációkat folytonosan változtatható irányokkal gazdagította, és az erre épülő trükkös, de jól megvalósítható kísérleti javaslataival durván kizárta a túl egyszerű magyarázatok lehetőségét.

Természetes, hogy a nehezen értelmezhető megfigyeléseknek ez az áradata kezdettől, de leginkább a Bell-kísérletek felfutása óta felkeltette a filozófusok figyelmét. Ennek a kutatási iránynak igen aktív hazai képviselője Hofer-Szabó Gábor, aki fizikus kollégáival együttműködve, színvonalas folyóiratokban megjelent dolgozatok sorával demonstrálta, hogy sikeres művelője ennek a nehéz határterületnek. Ezekre a munkákra épült a most bírálatra kerülő akadémiai doktori értekezés.

A publikációs tevékenység alapján a munka feltétlenül megfelel az akadémiai doktori cím elvárásainak. A benyújtott dolgozat tíz fejezete egy-egy megjelent egyszerezős publikáció szövegével egyezik, ezeket rövid bevezetés előzi meg. Az új eredményeket a szerző tíz tézispontban foglalja össze, amelyek egy önálló bevezetéssel és módszertani áttekintéssel együtt a téziszűzetben jelennek meg, a szabályoknak megfelelően. Ezek után a bírálónak nem marad más feladata, mint hogy a tartalomra koncentrálna igyekezzen kiemelni néhány fontos eredményt, és kérdéseket tegyen fel néhány vitára érdemes problémáról.

Áttérve a tartalomra, a munka egyik világosan megfogalmazott célkitűzése: a klasszikus fizikában megszokott ontológia feladása, cserébe a lokalitás és kauzalitás megvédéséért. Szubjektív véleményem ettől határozottan eltér: úgy gondolom, hogy a lokalitás lazításával, konkrétan a sok részből összetevődő, ezért multi-lokális mérési apparátus

aktív bevonásával sokat megőrizhetünk a kvantumos rejtélyek által fenyegetett klasszikus ontológiából. Mégis úgy gondolom, hogy Hofer-Szabó Gábor és munkatársainak megközelítése egy érvényes kutatási irányzat korrekt kijelölése, és a dolgozat ebben a választott irányban értékes eredményeket mutat be.

Az értekezés ennél általánosabb megközelítésekkel is foglalkozik: az első három fejezetben éppen a standard kvantumelmélettől való különböző irányú lehetséges eltérések hatásait vizsgálja, az orthodox filozófiai szemlélet túlélési esélyeinek szempontjából. Ilyen hatások feltérképezése – kicsit más megközelítésben – fizikusoknál is aktív kutatási terület, a megismeréséhez ajánlom Brunner et al. összefoglalóját (Rev. Mod. Phys. 86 (2014) 419.)

Fizikusként szoknom kellett a szűkebb közösségemben elterjedt fogalomköről helyenként erősen eltérő gondolatvilághoz és szóhasználathoz, de el kell ismernem, hogy lényegében ugyanazokról a kérdésekről beszélünk, csak máshova tesszük a hangsúlyokat. Meglepett, hogy a Born-szabályt – ha jól láttam – meg sem említi a disszertáció, talán annyira alapdogmának érzi, ami nem is érdemel filozófiai elemzést, pedig fizikus körökben a kvantum-alapkérdések vizsgálatának nagyon lényeges része a Born-szabályt reprodukáló “kollapszus-modellek” konstruálása és elemzése.

Az értekezés nagy része a Bell-féle kísérletek gondolatvilágában mozog. Ennek talán legalaposabb körbejárása a 3. fejezetben található, amely klasszikus analógiákon keresztül szemlélteti a kérdéskör logikai szerkezetét. Amit hiányolok belőle, az a mérőeszközök, mint fizikai tárgyak működésének figyelembe vétele, erre vonatkozik az alább felsorolt kérdéseim közül az utolsó. Megelőlegezve: a kerülendő vagy támogatandó ortodoxiának szerintem lényeges része az a hit, hogy a mérőeszköz a megfigyelt tárgy valamilyen objektív tulajdonságát olvassa le, többé-kevésbé pontosan, de mindenképpen személytelen passzivitással. Szerintem ez a kvantumjelenségek világában nem teljesül, az egyedi mérési eredmények a részecske-detektorok aktív közreműködésével alakulnak valamilyenné. A Born-szabály csodája az, hogy a mérőeszközöknek ez a látszólag káros aktív beavatkozása a *statisztikából* eltűnik; az összes többi tulajdonság erre épül. Ennek valamilyen szintű figyelembe vételét hiányolom a tárgyalásban, különben mindent jó és magas színvonalú elemzésnek látok.

Jó észrevételnek tartom az 5. tézisnek azt a megállapítását, hogy egy inverz fénykúpot lefedő adatok akkor tudják leárnyékolni egy másik, az elsővel a lefedésnél korábban átmetsző fénykúp adatait, ha a dinamika markovi. Azonban a markovitás nem egybites (van vagy nincs) tulajdonság; a kiválasztott szabadságfokok fizikai dinamikája általában nem szigorúan markovi, csak bizonyos közelítésben. Kérem, kommentálja ezt a körülményt.

Ehhez némiképpen kapcsolódik az érdekes 9. tézis; valóban, szisztematikusan könnyebb lehet teljesíteni akármilyen általános követelményt valószínűségek dinamikájára, mint determinisztikus dinamikára.

Érdekes a 10. tézis felvetése: a közös okok a mérési elrendezés különböző részeiből eredhetnek, ennek lehetnek azonosítható következményei. Egyet értek a végső negatív megfogalmazással: ezen a területen még sok maradt a tisztázni való. Szubjektíven meglepne, ha a majdani tisztázásban döntő szerep jutna filozófiai meggondolásoknak, de teljes nyitottsággal várom a fejleményeket.

És most a további kérdések:

- Kérem, adjon a lehetőség szerint rövid definíciókat ezekre a fogalmakra: d-szeparáció; izotón folyam. Kérem, hogy majd a védés szóbeli előadásán se mulassza el a nem közismert fogalmak definiálását.
- Kérem, foglalja össze röviden Seevinck és Uffink állítását, és annak cáfolatát alátámasztó érveit.
- A nem-kommutativitás szerintem azt fejezi ki, hogy egy hullámmozgást megpróbálunk részecske-fogalmakkal leírni, és ez nem teljesen sikerül. Egyet ért-e ezzel az állítással?
- A 9. tézisben rendszeresen emleget Clauser-Horne bázist és egyenlőtlenségeket, anélkül, hogy hivatkozna ezekre a szerzőkre. Fizikusoknál az alaphivatkozás a négyesrész CHSH cikk: Clauser-Horne-Shimony-Holt, Phys. Rev. Lett. 23 (1969) 15. Ez a dolgozat világos interpretációt mutat be: a beérkező részecskék se már feltárt, se még esetleg rejtett formában nem hordoznak olyan információt, ami meghatározná az egyedi mérés kimenetelét; a mérés eredménye nem a megfigyelt részecskék valami eleve létező tulajdonságának passzív megjelenítése, hanem a mérés folyamatában születik. Ez egybehangzik a tézisbeli következtetésekkel, vagy eltér tőlük?

A kérdéseimre adott válaszoktól függetlenül a tézisekben leírt eredményeket a Szerző önálló kutatási eredményeinek fogadom el, ezek alapján javaslom az értekezés nyilvános védésre bocsátását, és sikeres védés esetén az MTA doktora cím megadását.

Budapest, 2019. július 3.

Geszti Tamás

a fizika tudomány doktora