

Opponensi vélemény
Hofer-Szabó Gábor
*Causality, Locality, and Probability in Quantum
Theory*
c. akadémiai doktori értekezéséről

Máté András

A 20. század fizikája (és matematikája) jó alaposan felforgatta a világról alkotott fogalmainkat. A 19. század viszonylag szemléletes és megszokott fogalmakkal operáló, középfokú tanulmányok alapján átlátható és megérthető, mindennapos tapasztalatainkhoz köthető tudományos elméletei helyébe absztrakt formulák, egyenletek sokasága lép, amik már semmi olyan látható és megfogható dologról nem szólnak, mint a súly, a méterrúdon lemérhető hosszúság vagy a geometriai alak. Számos egyszerűnek és könnyen átláthatónak tekintett fogalmunkról, mint a sokaság (halmaz) vagy az egyidejűség kiderült, hogy nem akármilyen csapdákat rejtene. Az újkori természettudományban központi szerepet játszó (és a filozófiában már korábban is sokat vitatott) okság-fogalom szerepe is igencsak érdekesen alakul ezen a fejlődésen belül – alapvetőnek és sziklaszilárdnak hitt vélekedéseink időnként megkérdőjeleződnek. Ilyen például az, hogy nem lehetséges távolhatás, a természetben egy ok csak fizikai hatás révén válthat ki okozatot, a hatás terjedési sebességének pedig – ezt már nem szemléletünk, hanem a relativitáselmélet mondja – a fény sebessége szab felső határt. Einstein a húszas évek végétől kezdve érvelt amellett, hogy a kvantumelmélet bizonyos következményei és a lokális kauzalitás elve között ütközés van. Schrödinger egyik levelében az elv megkérdőjeleződését egyenesen a vudu-varázsláshoz hasonlítja. A hatvanas évektől kezdve, John Stewart Bell munkássága nyomán viszont előbb elméleti érvek, aztán kísérleti bizonyítékok születtek arra, hogy a kvantumelmélet predikciói helytállóak és a lokális kauzalitás elvéből (meg más, ugyancsak alapvetőnek tekinthető elvekből) levezetett (Bell-féle) egyenlőtlenségek tényleg sérülnek. A vudu varázslatok lehetőségét ettől még nem feltétlenül kell elfogadnunk, de a világ mindenestre bonyolultabb, mint azt mindennapos józan eszünkkel hisszük.

Kell-e, hogy a filozófusnak mindez fejtörést okozzon, vagy maradjanak csak az ilyen problémák a fizikusok körében, legfeljebb csak egy szűk, a fizika és a filozófia határmazsgyjén elhelyezhető, a filozófia más területeitől

is elkülönülő kutatási szektor foglalkozzon vele? A filozófia történetében hasonló kérdés már elég sokszor felmerült, és a filozófiai kérdésekre jellemző módon soha nem született rá végérvényes, kimerítő válasz. Azt viszont elmondhatjuk, hogy a lehetséges válaszok, pozíciók jelentősen finomodnak, differenciálódnak az évszázadok során. Az ezzel kapcsolatos metafilozófiai vitákat most mellőzve hadd foglaljunk állást az arany középút mellett. Egyfelől a filozófiának vannak sajátos, más tudományokra nem redukálható kérdései. Ne várjuk azt, hogy a szabad akarat, a determinizmus-indeterminizmus vagy a realizmus-antirealizmus problémáját más tudományok fogják megoldani a filozófia helyett. Másfelől azonban ezek a kérdések másként vetődnek fel, mások lesznek a lehetséges, vitaképes válaszok attól, hogy a fizika, a biológia vagy a matematika másmilyennek mutatja számunkra a világot. Ez a középútas megközelítés tehát ahhoz az Arisztotelésztől Quine-ig és számos kortársunkig húzódó vonalhoz csatlakozik, amelyik a filozófia önazonosságát fenntartva, mindig is érdekeltséget a kortárs tudományos fejlődés eredményeiben és tudomásul vette, hogy a legsajátosabb filozófiai kérdésekről sem lehet ezek ignorálásával érdemlegeset mondani. Ebből a nézőpontból olvasva Hofer-Szabó Gábor disszertációját – amely egyértelműen a fenti határmezsgye-szektorba tartozik – a területen nem specialista filozófus is igencsak talál elgondolkoznivalót. Az eredmények filozófiai továbbgondolása azonban más tanulmányok tárgya lehet – az opponensi értékelés feladata mindenekelőtt a munka minőségének megítélése, már amennyire ez az opponens kompetenciájának határai között megtehető.

A disszertáció tíz, korábban már publikált (részben igen rangos helyeken megjelent) írásból áll össze, változtatás nélkül, csak egy áttekintő bevezetéssel bővítve. Ennek ismeretében különösen szembeötlő, mennyire egységes, logikusan végigvezetett kutatást mutat be a tíz írás a fent körülírt, Einstein és Bell nevével fémjelzett témakörben. Amit kapunk, az voltaképpen a témakör alapvető fogalmainak és elveinek diszkussziója: milyen feltételek között érvényesülnek, milyen logikai (levezethetőségi) kapcsolatok vannak közöttük, mi az elvek és feltételek gyengítésének, ill. szigorításának következménye. Említsük meg a legfontosabb szereplőket. Sorrendben az első a klasszikus, azaz kommutatív eseményalgebrán alapuló és a kvantummechanikai, nem-kommutatív reprezentáció párosa. Einstein realitás-kritériuma arra ad elégséges feltételt, hogy a mérhető mennyiségek, illetve a rájuk vonatkozó elméleti predikciókból mikor következtethetünk vissza a fizikai valóságra. Reichenbach közös ok-elve azt mondja ki, hogy ha két esemény között korreláció van, de nincs követlen okság vagy logikai kapcsolat, akkor a korreláció mögött kell lennie közös oknak. Bell lokális kauzalitási elve a távolhatás kizárása elvének ad a kvantumelmélet fogalomkörének megfelelő formát. Végül a konspirációmentesség, mint követelmény nagyjából annyit jelent, hogy a mérési elrendezések megválasztása és a fizikai vlóságnak a mérések eredményéért felelős momentumai legyenek egymástól valószínűségelméleti értelemben függetlenek. Természetesen ezek az elvek és a fogalmak

er3oteljes operacionalizálásra szorulnak, amely a kvantumelmélet szokásos algebrai és valószínűségelméleti apparátusában történik meg. Fontos kitérőt képez a negyedik fejezet, amely a fizika egy másik matematikai apparátusát is behozza a képbe: a kauzális gráfokon adott véletlen változók sztochasztikus dinamikájára vonatkozó Markov-feltételt veti össze – a két matematikai apparátust egy közös elméletben egyesítve – a lokális kauzalitás elvével, és kimutatja, hogy megfelelő feltételek mellett az előbbi speciális esete az utóbbinak.

Mint már hangsúlyoztuk, a dolgozat felépítése imponálóan következetes, módszeres. Ehhez hozzátehetjük, hogy a szerző rendkívül alapos, precíz munkát végzett, az egész írás a részletkérdések kidolgozásában is fáradhatatlan munkáról tanúskodik. Egyedül az írásmű technikai kivitelezése, pontosabban a tíz írás összeszerkesztése hagy maga után némi kívánnivalót. A keresztshivatkozásokban néhány helyen nem sikerült megbirkózni a L^AT_EXszámlálóival, így a 152. oldalon (8.2) számmal jelölt egyenletre a következő két oldal szövege végig mint (10.6)-ra hivatkozik. (Más egyenlet- és ábraszámozásoknál nem biztos, hogy jól fejtettem meg a feladott rejtvényt.) Nem lettek update-elve az irodalomjegyzékek sem, hanem néhány saját cikk az egyik fejezet irodalomjegyzékében még csak benyújtottként, másutt viszont megjelentként szerepel. De ezek persze teljesen lényegtelen, a tartalmat nem érintő dolgok. A dolgozat, amennyire meg tudom ítélni, teljesen megfelel az MTA doktora cím követelményeinek, ezért javaslom a nyilvános vitára való kitűzést és a doktori cím megadását.

Budapest, 2020. január 5.

Máté András CSc