

Szabó Gábor

Játék és kvantumelmélet

„... kutya nehéz, felség, úgy hazudni, ha az ember nem ösmeri az igazságot ...” (EP)

Honnan tudjuk, hogy egy játék szabályai koherens valóságot rajzolnak ki?

John Wheeler, amerikai fizikus egyszer a következő példával állt elő. Képzeljünk el, hogy amőbázunk. A játékot azonban ezúttal szokatlan szabályok szerint játsszuk. A játék amerikai változatának szokásos menete az, hogy a kérdezőt kiküldik a szobából, majd a bentiek gondolnak egy tárgyra, személyre vagy fogalomra. A visszatérő kérdező ezután sorban mindegyüknek feltesz egy-egy kérdést, legfeljebb húszat. De tegyük fel, hogy ezúttal a bent maradók *nem gondolnak semmire*, hanem a következőkben állapotodnak meg. Megvárják a kérdező első kérdését, és az első kérdezett csak *ezután* gondol valamire, és a frissen kitalált tárgy fényében választ ad a kérdésre. Társai természetesen csak a választ hallják, a tárgyat, amire a kérdezett gondolt, nem ismerik. Ezután jön a második kérdés. A második kérdezett dolga azonban már nehezebb; neki úgy kell már tárgyat választania, hogy erre a tárgyra az első és a második kérdésre adott válasz is stimmeljen. És így tovább, az egymást követő kérdésekre adott válaszoknak mindig tekintetbe kell vennie a korábbi kérdések által kirajzolt lehetséges ontológiát. Hová vezet egy ilyen játék?

Ezt az analógiát Wheeler a kvantumelmélet filozófiai interpretációja körül gyűrűző idestova nyolcvan éves vitában hozta fel. Kvantumelméletről szeretnék beszélni. Arról a kvantumelméletről egyébiránt, amelynek matematikai alapjait ugyanaz a Neumann János tette átláthatóvá, aki a játékelméletet is megalkotta. A kvantumelméletről való beszéd nehézsége abban áll, hogy az elmélet olyan matematikai formalizmusban van megfogalmazva, amelytől éppen azért nem tekinthetünk el, mert a formalizmust nem övezik a hagyományos intuíciónak és a klasszikus szemléletnek azok a támpillérei, amelyek egyéb tudományos elméleteinket körülbástyázzák. A kvantumelmélet éppen ezek kritikai felülvizsgálatát követeli. Hadd éljek tehát én is egy hasonlittal.

Képzeljünk el egy dobozt, amelyben három golyó van. A játék a következő. Mindkét kezünkkel belenyúlunk a dobozba, és kihúzzunk belőle két golyót, egyet a bal, egyet a jobb kezünkkel. Azt találjuk, hogy az egyik golyó fehér, a másik fekete. Visszatesszük a golyókat, megrázzuk a dobozt, majd ismét húzzunk: ugyancsak egy fehéret és egy feketét. Jó sokáig folytatva a húzogatóást újra és újra csak egy fehér és egy fekete golyó akad a kezünkbe. Kérdés: milyen színűek a golyók a dobozban?

Kezdjük el számba venni a lehetőségeket. Nyilván nem lehet a dobozban mindegyik golyó fehér vagy fekete. De talán lehet két fehér és egy fekete, vagy fordítva, két fekete és egy fehér. De ha, mondjuk, két fekete van benne, akkor hogyan lehet, hogy soha nem ezeket húzzuk ki? Miért van, hogy a kihúzott golyók közül az egyik mindig a fehér?

Ez a kognitív disszonancia, azt hiszem, jól példázza azt a helyzetet, amelyben a kvantumelmélet megérteni kívánó fizikus vagy filozófus találja magát. Adva van egy tapasztalati tények millióit tökéletes pontossággal reprodukálni képes elmélet, mégis hiányzik az az ontológia, amely mindezt alátámasztaná. Mégis milyen színűek a golyók a dobozban, kérdezzük?

Nyilván nem logikai ellentmondás azt gondolni, hogy a dobozban két fekete golyó van és egy fehér. Ekkor azonban magyarázattal kell szolgálni arra, hogy miért is mindig csak az egyik feketét húzzuk ki. Néhány húzás esetén még apellálhatunk a véletlenre, de ahogy a húzások száma szaporodik, egyre nehezebb lesz elhinni, hogy sohasem talál két feketére a kezünk. Egy szisztematikusan torzító statisztikába vetni a bizodalmunkat: nem éppen racionális stratégia.

De mi egyéb lehetőségünk marad? A kvantumelmélet megértésének nehézsége pontosan abban áll, hogy a klasszikus intuíciónk számára megnyugtató lehetőségek köre igen hamar kimerül, és rögtön az árok partján találjuk magunkat: ugrunk vagy sem? Hajlandóak vagyunk-e egy koherens történet érdekében mélyen belenyúlni az episztemológia és ontológia hagyományos kategóriáiba?

Milyen revíziók jöhetnek itt szóba? Mielőtt a golyós példánkon mindezt illusztrálnám, hangsúlyozni szeretném, hogy ezek a megoldási javaslatok igen mesterkéltnek és adott esetben abszurdnak tűnhetnek. De itt már régen nem vagyunk abban a helyzetben, hogy *common sense* intuíciókkal kipárnázott lehetőségek közül válogathassunk kedvünkre. Az kvantumelmélet kutatásának egyik jelentős ága a különféle ún. *no-go*-tételek bizonyítása, amely tételek éppen az ilyen szívünknek kedves magyarázatok logikai lehetőségét zárják ki. Munkaidőben jó magam is ilyen aszketikus feladatokkal bíbelődöm.

Hogyan húzhatunk tehát mindig egy fehér és egy fekete golyót a dobozból? Nincs más hátra, valamelyik alapvető fizikai-metafizikai fogalmunkat kell újragondolnunk. Kezdjük a tulajdonság fogalmával. A klasszikus fizika inkább elfedi, a kvantumelmélet azonban ismét felszínre hozza azt a filozófiai belátást, hogy tulajdonságokkal nem *per se* rendelkeznek a tárgyak, hanem valamely interakcióban tesznek rájuk szert. A sötét dobozban elvégre nincs is színe a golyóknak, legfeljebb ilyen vagy olyan fényvisszaverő képessége, amely aztán, napvilágra hozva a golyókat, a megvilágítástól függően különféle színekben realizálódik. Elvégre

fehérnek és feketének csak a kihúzott golyókat látjuk, a kérdés pedig az, hogy mi van odabent.

Itt van tehát egy új gondolati lehetőség: a fizikai tárgyak tulajdonságairól megfigyelés során szerzünk tudomást, de a megfigyelés, vagy fizikus zsargonnal mérés, nem egy már preegzisztáló tulajdonságot hoz a felszínre, hanem mintegy *létrehozza* a tulajdonságot. Az atomi mikrorendszerek és a makroszkopikus mérőeszközök méretbeli különbségére tekintettel kézenfekvőnek tűnik a mérőeszközöknek a megfigyelésben hangsúlyosabb szerepet tulajdonítani annál, mint ahogy azt a klasszikus fizikában megszoktuk.

Rendben, játszunk el azzal a gondolattal, hogy a fekete és a fehér tulajdonságok valamilyen ismeretlen mechanizmus révén a húzások során születnek. Hová vezet az a feltevés? Mivel a fehér és fekete golyók hol a bal, hol pedig a jobb kezünkben fordulnak elő, célszerű lesz egy újabb kategóriát bevezetnünk: a *véletlen* fogalmát. Azt mondhatjuk, hogy a bal kezünkkel kihúzott golyó azért lesz hol fehér, hol pedig fekete, mert valamilyen véletlen mechanizmus a golyók előzetes paramétereinek illetve a kihúzás mikéntjének függvényében hol a fehér, hol pedig a fekete színt realizálja. Első körben nem kell konkrét elképzeléssel rendelkezünk erről a mechanizmusról, elég ha az a golyók előfordulási valószínűségeit reprodukálja. Legyen ez a valószínűség, mondjuk, 50-50 százalék mindkét kezünk esetében. Vagyis mintha két pénzérmét dobna fel a természet, és ez alapján döntené el, hogy milyen színű golyót tesz a bal illetve a jobb kezünkbe. Igen ám, de két pénzérme esetén keresztkombinációk is lehetségesek, vagyis az egyik érmével kaphatunk fejet, a másikkal írást, míg a golyók esetében vegyes színkombináció nem fordult elő. Ahogy a matematikusok mondják, a pénzérmék valószínűségei függetlenek, a golyók színei azonban *korrelálnak*: ha az egyik fehér, akkor a másik fekete. Hogyan lehetséges, hogy a két golyó színeit létrehozó mechanizmusok bár véletlenszerűek, mégis, úgy tűnik, nem függetlenek: ha az egyik golyónál a fehér színt választják, akkor a másikonál a feketét?

Abban a ténylegesen is elvégzett fizikai kísérletben, amelyet golyós példánk modellezni hivatott, a problémát egy további komponens színesíti: a *távolság*. Azok a mérések, amelyeket esetünkben a bal és a jobb kézzel való húzások modelleznek, a valós szituációkban igen nagy távolságra vannak egymástól, a jelenlegi kísérleti technika mellett mintegy 30 kilométerre. Hogyan lehetséges, hogy megfigyelhető tulajdonságokat létrehozó véletlen mechanizmusok között a nagy távolság dacára korreláció van: amikor az egyik oldalon egy bizonyos kimenetet kapunk, mondjuk feketét, akkor a másikon mindig az ellenkezőjét, fehéret? A válasz egy újabb filozófiai fogalom, a *kauzalitás* újragondolását sürgeti.

Milyen oksági magyarázattal szolgálhatunk korreláló eseményekre? Kiindulópontunk ismét a klasszikus fizika világképe. Ha két esemény korrelál,

vagyis együtt jár, akkor ez vagy azért lehetséges, mert az egyik esemény okságilag hat a másikra, vagy azért, mivel egy harmadik, régebbi esemény hat mindkettőjükre. Ahogy a filozófusok mondják, korreláló események közötti oksági kapcsolat vagy *direkt* vagy *közös ok-típusú*. Kezdjük az előbbivel. A két húzás kimenetele között azért van korreláció, mivel az egyik kimenetele kauzális hatással van a másik kimenetelére. Kissé bizarrul fogalmazva, amikor kihúzom a bal oldali golyót és az a véletlen mechanizmus révén fekete lesz, akkor egy ismeretlen jel „üzen” a másik kezembe akadó golyónak, hogy az szíveskedjék fehér lenni. Abszurd feltevés, de logikailag legalább nem ellenmondásos. Sokkal jobbra itt úgysem számíthatunk.

De mi van akkor, ha a két golyót *egyszerre* húzzuk ki? Ekkor melyik üzen melyiknek? De hát van-e olyan, hogy „egyszerre”? Újra csak megfordítva a kérdést, szükség van-e a direkt oksági hatás kizárásához arra, hogy a két mérés tökéletesen egyszerre menjen végbe? A kísérleti fizikusok ennél kevesebbel is beérik. A relativitás elmélete azt tanítja, hogy semmilyen hatás, így kauzális jel sem haladhat gyorsabban a fénynél. Ha a nagy távolságban levő méréseket tehát viszonylag szűk időkülönbséggel végezzük el, akkor a direkt kauzális hatás kizárható lesz a relativitáselméletre hivatkozva. A kísérleteket valóban elvégezték nanoszekundumos időablakkal. A korreláció mit sem változott.

Marad tehát a közös ok-típusú magyarázat: annak a feltételezése, hogy a két véletlen mechanizmus közötti korrelációt valamilyen, a múltban bekövetkezett események okozzák. Bármilyen meglepő, a kérdés ezen az igen általános szinten is eldönthető. A kutatások a hipotetikus múltbeli okok és a megfigyelhető felszíni adatok között olyan rafinált összefüggéseket tártak fel, amelynek segítségével bizonyos típusú okok a mérhető adatokra való hivatkozással *a priori* kizárhatók. Ez a „kísérleti metafizika” a modern kutatások egyik legizgalmasabb része.

Hol is tartunk? Fenekestül felforgattunk mindent, hogy egy egyszerű jelenséget értelmezni tudjunk. Újragondoltuk a tulajdonság fogalmát, bevezettük a véletlent, feltérképeztük a kauzális mintázatokat. Folyamatosan módosítjuk, hangoljuk a játékszabályokat, amely alapján, véljük, a természet úzi velünk nagy játékát. Megpróbáljuk beazonosítani azt a tárgyat, amely körül vélhetően az egész játék forog. De mi a biztosítékunk, hogy a játékszabályok egy koherens valóságot rajzolnak körül? Hogy nem Wheeler amőbájában veszünk-e részt, ahol a kérdezett csak utólag gondol valamire, miután mi feltettük a kérdést? Ha gondol egyáltalán...

Nem tudom a választ, és azt sem tudom, hogy Wheelernek igaza van-e akkor, amikor azt mondja, hogy a kérdés, az információ ontológiailag előbbre való az objektumnál: *IT FROM BIT*, ahogy ő fogalmaz. Azt viszont gondolom, hogy a megértés hol szabálykövető, hol a szabályokat kreatívan változtató figyelmes mozgása a legjobb játék, amely embernek adatott.