

SZÉKELY LÁSZLÓ

## Kockázik-e Isten?

*A kvantummechanikai véletlen kérdése a filozófia  
kontextusában*

### Bevezetés

A 20. század első harmadától kezdődően a véletlen problémája különös hangsúllyal jelenik meg a közgondolkodásban, amennyiben a kvantummechanika révén megváltozó fizikai világkép a véletlen fogalmát új természettudományos összefüggésrendszerbe helyezte. *A ma uralkodó fölfogás szerint* az új fizika nem csupán a tér és az idő tekintetében követeli meg filozófiai fogalmaink újragondolását, hanem a véletlen kérdésében is, amennyiben a kvantummechanikának a fizikusok többsége által követett – koppenhágai – értelmezésében a véletlen *a Heisenberg-féle határozatlansági relációk* következtében önálló – „objektív” – ontológiai státuszra tett szert. Ez a ma általánosan elfogadott – már-már közhelyszerűnek tűnő – álláspont ugyanakkor egyáltalában nem természetes vagy magától értődő: azt még a tér és az idő tekintetében fizikai forradalmat megvalósító Albert Einstein sem tudta elfogadni. „Isten nem kockázik” – tiltakozott a német fizikus az új fizikai világkép e mozzanata ellen,<sup>1</sup> és –

A szerző ez úton mond köszönetet az Országos Tudományos Kutatási Alapnak, amely a K79194-es OTKA számú kutatás keretében támogatta a jelen tanulmány megszületését.

1 E nevezetes kijelentés a visszaemlékezések szerint Einstein szavajárása volt a kvantummechanika koppenhágai fölfogásáról vitatkozva – ám Einstein műveiben leírva nem található meg. Az egyetlen hely, ahol szerepel egy ehhez hasonló kijelentés, Einstein Bornhoz 1926. december 4-én írt levele: „Mindenesetre meg vagyok győződve arról, hogy Isten nem kockázik” – írja Einstein e levélben a kvantummechanika Born által javasolt interpretációjával vitatkozva. (Vö. *The Born-Einstein Letters*, translated by Irene Born, Walker and Company, New York, 1971.) A népszerűvé vált kijelentésben tömören kifejezett álláspont részletes taglalását, és szintúgy az ortodox, koppenhágai interpretációt követő vitapartnerek reflexióit elolvashatjuk a német fizikus 70. születésnapjára készített, P. A. Schilpp által szerkesztett kötet elején található szellemi önéletrajzban. (Vö. A. Einstein: *Autobiographical Notes, illetve Remarks Concerning the Essays Brought together in this Cooperative Volume*, in Schilpp, Paul. A., [ed.]: *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, New York, 1949.) A vonatkozó szöveget magyarul is olvashatjuk Einstein írásainak 2005-ös gyűjteményes kötetében (Einstein, Albert: *Válogatott írásai*, Budapest, Typotex, 1985, 213–225, 433–438.).

mint látni fogjuk – ha ezt a kétségen kívül vallásos, teológiai tartalommal bírójelentést megfosztjuk e tartalmától és pusztán metaforikusan értelmezzük, akkor az a tudományfilozófia legszigorúbb kritikája előtt is megállja helyét. A fizikusok többsége által képviselt állásponttal szemben ugyanis nem arról van szó, hogy Einstein ne lett volna képes követni a fizika új fejleményeit, hanem éppen ellenkezőleg: a vitatársak filozófiai elfogultsága vagy képzetlensége akadályozta meg őket abban, hogy megértsék Einstein kritikájának valódi természetét, és azt ne a kvantummechanika korlátozott megértésére vezessék vissza.

Jelen írásunkban e nevezetes einsteini problémafölvetés fizikai és filozófiai–metateoretikus dimenziójával fogunk foglalkozni. Néhány korábbi írásunkban a relativitáselmélet tér- és időfölfogásának meghatározó filozófiai szerepet tulajdonító nézetekkel szemben a filozófiatörténet nagy személyiségeinek (így Kantnak, Bergsonnak vagy Heideggernek) és a közjük kétségen kívül nem tartozó, de jelentős magyar filozófusnak, Palágyi Menyhértnek gondolatait követve az einsteini fizika filozófiai jelentőségének korlátozott voltára hívtuk föl a figyelmet.<sup>2</sup> Most ugyanezen szellemiségben a véletlen filozófiai fogalmának és problémájának szuverenitását fogjuk hangsúlyozni a véletlenül vonatkozó új kvantummechanikai tanítás ellentétében.

E tekintetben – akárcsak a tér és az idő esetében – két szintet fogunk megkülönböztetni. Az első szint a filozófiát általában érinti. E szinten vizsgálva a kérdést nyilvánvaló, hogy a természettudományos elméletek filozófiai jelentőségének megítélése már maga is filozófiai előfeltevéseket kíván meg. Ezért ez az ítélet szükségképpen filozófiai premisszák függvénye lesz, hiszen a természettudomány nem nyilváníthatja ki önkényesen saját filozófiai relevanciáját. Nevezetesen, a természettudomány és ezen belül a fizika csak bizonyos filozófiai álláspontokat – így pl. a létezőket lényegük szerint fizikai természetűeknek tekintő fizikalizmust – elfogadva juthat kitüntetett pozícióba a filozófia területén. Ezzel szemben minden olyan filozófia számára, amely a valóságot nem tekinti azonosnak a mérhető, megfigyelhető, empirikusan tanulmányozható dolgok puszta összességével, a természettudománynak csupán korlátozott jelentősége lehet. Az a tézis pedig, hogy a valóság csupán az utóbbi dolgok együtteséből áll, már maga is egy – bizonyíthatatlan – filozófiai állítás, amely premisszaként – mint egy lehetséges filozófiai álláspont – ugyan elfogadható, de a filozófiai tradíció számos nagy műve alapján egyúttal kérdésessé is tehető.

Am ha a fizikalizmus filozófiai álláspontját választjuk – azaz a létezőket alapvetően fizikai jellegűeknek tekintjük, s ennek megfelelően tudatosan föladv a filozófia prioritását a természettudo-

<sup>2</sup> Lásd pl. Székely László: Fizikai és filozófiai tér-idő. Palágyi Menyhért tér-idő elmélete és a relativitáselmélet tér-idő fölfogása, *Magyar Filozófiai Szemle*, 1994/3–4. 323–342; uő: A világtalanítás stációja: Albert Einstein relativitáselmélete a létre vonatkozó heideggeri kérdés kontextusában, *Világosság* 2002/10–12. 139–155; uő.: Albert Einstein és a XX. századi fizika mitológiája, *Világosság*, 2007/11–12. 127–144.

mánnyal szemben, filozófiai ontológiánkat az adott kor fizikai elméleteire kívánjuk ráépíteni –, Einstein kételye a koppenhágai interpretációban jelenlévő „ontológiai” véletlennel szemben akkor is jogos marad. Az elfogulatlan vizsgálódás révén ugyanis kiderül, hogy a legszigorúbb fizikalista koncepcióban sem adódik szükségképpen a véletlennek az az „objektív” szerepe, amelyet a koppenhágai irányzat tulajdonít neki.

Mielőtt azonban konkrét tárgyunkra térnénk, röviden kitérünk a véletlen különböző filozófiai értelemeire.

### A „véletlen” fogalma a filozófiában

A „véletlen” korunk tudományaiban és filozófiai elemzéseiben alapvetően két jelentéssel szerepel, s ezek egyikének is két verziója van. A véletlen első – különösen, de nem kizárólagosan Hegel és a Hegelt „talpra állító” „dialektikus materializmus” által hangsúlyozott – értelme a belső, alapvető, lényegi összefüggések nélküli, és ennyiben „értelmetlen” egybeesésekre vonatkozik. Ezen fogalomhasználatban a véletlennek semmi köze sincs a determinizmushoz, az előre meghatározottsághoz, illetve ezek tagadásához. A klasszikus, elcsépelet, ám filozófiailag mégiscsak helyes és kifejező példával: ha valakire munkában menet vagy séta közben ráesik egy téglára, ez értelmetlen, balszerencsés véletlen, függetlenül attól, hogy az érintett személy élettörténetét, belső mentális folyamatait és késztetéseit, valamint az adott épület állagának romlását figyelembe véve ez az esemény előre meghatározott és kiszámítható volt-e vagy sem. Sőt, egy ilyen eseményt véletlennek tekinthetünk akkor is, ha az illetőre valaki szándékosan ejtette rá a téglát, ám e cselekedete nem a konkrét személy megtámadására irányult, hanem csupán a károkozás vagy gyilkolás ferde késztetése vezette, hiszen ezen esetben teljesen esetleges és az esemény szempontjából lényegtelen, hogy éppen az adott személy vált áldozattá. Viszont nyilván nem tekinthető véletlennek, ha a téglát kifejezetten és tudatosan az illető személynek szánták, hiszen ezen esetben az a két tény, hogy a téglára lezuhant és az adott személyt találta el, belsőleg, lényegileg függ össze.

A véletlen másik – s a jelen tanulmány szempontjából jelentős – fogalma a determinizmus kategóriájához tartozik, és ennek hiányát, illetve korlátozott érvényre jutását jelenti. Ebben az értelemben szubjektív vagy ismeretelméleti és objektív vagy ontológiai véletlenről beszélhetünk. Az előbbi esetben a véletlen – tehát a determinizmus korlátolt érvényesülése – az eseményt érzékelő szubjektum relációjában jelenik meg. A terminus arra vonatkozik, hogy a szubjektumnak – amely lehet akár az egyedi ember, akár egy tudós közösség vagy a társadalom egésze mint „meta-szubjektum” – nem áll rendelkezésére (akár ismeretei hiányossága miatt, akár azért, mert valóban nincsenek ilyenek) azon okok és egyéb determináló tényezők összessége, amelyek alapján az érintett esemény bekövet-

kezése levezethető, illetve megindokolható volna. A második esetben viszont kifejezetten arról van szó, hogy az esemény ontológiailag sem volt előre meghatározva. Így a véletlen mint a determináltság hiánya jelölhet ismeretelméleti és ontológiai hiányt is, és nem zárható ki, hogy az ismeretelméleti értelemben vett véletlenek tagadhatatlan jelenléte ellenére ontológiai véletlen egyáltalában nem létezik.

A teljesség kedvéért meg kell említenünk még, hogy a görög filozófiában létezett a véletlennek egy további fogalma, amellyel karakterisztikusan Platónnál találkozhatunk: e fogalom az értelmetlen, vak, céltalan folyamatokra és eseményekre vonatkozik. Ebben az értelemben egy determinált és belső összefüggéseket mutató rendszer is „véletlen”, ha azt nem tudatos, célszerű tervezet hozta létre. A véletlen e fogalmát azonban az újkori filozófia már nem használja.

Ugyanakkor egyik oldalról a szabad akarat és az erkölcs lehetősége, másik oldalról a determinizmus – azaz az objektív véletlen tagadása – közötti feszültség már a hellenisztikus filozófiában, Epikurosz kozmológiai tanításában kifejezésre jut. Ő ugyanis kifejezetten az akarat szabadságának és az erkölcs lehetőségének kozmológiai biztosítására változtatta meg az „objektív” véletlent kizáró, csak a szubjektív, ismeretelméleti véletlent megengedő korai atomista kozmológiát, és vezette be az atomok esési pályájának minden előzmény, ok és más meghatározó tényező nélküli – ebben az értelemben spontán-„véletlen” – elhajlását. E kozmológiai újítás tehát határozottan erkölcsi megfontolásból fakadt, és végeredményben azon az előfeltevésen nyugodott, hogy az ismeretelméleti véletlen önmagában nem elégséges az emberi szabadsághoz és szabad akaráthoz, aminek következtében Epikurosz számára úgy tűnt, hogy egy objektív véletlen nélküli kozmológia a *szabad mérlegelést és döntést* előfeltételező erkölcsöt kizárja. Az *objektív véletlen* és az *erkölcs lehetősége* közötti kapcsolat azóta is a filozófiai viták súlyos feszültségű problémája, amely – mint minden valódi filozófiai kérdés – sohasem juthat nyugvópontra. S ennek során azóta is alapvetően az epikurosz előfeltevésre építkező megfontolások, és a szubjektív, ismertelméleti véletlent elegendőnek tartó, az objektív véletlent zárójelbe tévő, vagy azt kifejezetten tagadó elméletek küzdenek egymással. *Ha a kvantummechanika új szemléletmódját a filozófia tematizálta, és az a közgondolkodásban is jelentős érdeklődést váltott ki, akkor ez sem egyszerűen a „véletlen” kérdésének köszönhető önmagában, hanem a véletlen, a szabad akarat és az erkölcs összetett viszonyának.*

### A klasszikus fizika determinista jellege

Bár a 20. század előtti újkori fizikát egyszerűen deterministaként szokták tárgyalni, e kérdés jóval összetettebb, amennyiben a determinista fizikai világgép csupán a 18. század végére szilárdult meg. Kétségtelen, hogy Descartes fizikája determinista, de e determinizmus nem annyira fizikai elméletként, mint természetfilozófiai tételként jelenik meg nála: annak következménye, hogy Descartes a

teremtett világot Isten „elvele elrendelt”, tudatosan tervezett természeti törvényei szerint önjárónak tartja, és Isten tökéletességével összeegyeztethetetlen volna számára, ha e törvények nem fednék le az egész kozmoszt. Ugyanakkor a fizikai világ Descartes-nál mégsem teljesen predeterminált, hiszen az emberi lélek, amely a tobozmirigyben lakozik, annak mozgatásával vissza tud hatni rá. Ez nem jelenti ugyanakkor azt, hogy helye volna nála az objektív véletlennek: ha az emberi lélek nem aktivizálja magát, a fizikai világban minden determináltan történik. Aktivizálódása és hatása a fizikai világra a tobozmirigyen keresztül ugyanakkor nem véletlen esemény, hanem megvannak a maga lelki-akarati okai. S mivel Descartes számára az emberi lélek akarati tevékenysége nem predeterminált Isten által, a fizikai létezők és az emberi lelkek együtteséből összeálló létezők világa sincs predeterminálva. Hasonló igaz Leibniz fizikájára is, amely a kartézianus világhoz hasonlóan nem tartalmaz objektív véletlent, azzal az eltéréssel, hogy Leibniznél Isten előre ismeri valamennyi emberi lény lelki-akarati tevékenységét, s ebben az értelemben világa predeterminált. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a német filozófus ontológiájában ne volna helye a szabad akaratnak: Isten nem határozza meg akarati döntéseinket, ezekben szabadságot ad nekünk – csak éppen előre látja, miképpen fogunk élni e szabadsággal.

Descartes és Leibniz fizikájával szemben Newtonnál a fizika nem határozza meg teljesen a természet működését, törvényei nem elégségesek a világrend biztosítására. Ez azonban nem jelenti azt, hogy Newton világgképében bármiféle helye volna az indeterminizmusnak és az objektív véletlennek: ott, ahol a fizikai törvények már nem működnek, megjelenik Isten mint transzcendens tényező.

Mint már jeleztük, a tisztán determinista fizikai világgkép csupán a 18. század végére, illetve a 19. század elejére alakult ki, amikor is a világegyetem valamennyi létezőjére (így tudati-lelki, valamint biológiai és kémiai létezőire is) kiterjesztett mechanikus szemléletmód jegyében a francia matematikai fizika (Langrage, Laplace és a többiek révén) kidolgozta a newtoni mechanika kifinomult matematikai eszközeit. Ezen eszközök birtokában ugyanis a fizikai világ immáron matematikailag is előre kiszámíthatónak tűnt, és ez szemléletes formában jelent meg az úgynevezett „Laplace-démon” képzetében. Eszerint ha egy démonikus lény egy adott időpontban ismeri egy zárt fizikai rendszer valamennyi összetevőjének helyzetét, impulzusát és energiáját, matematikai egzaktsággal kiszámíthatja a rendszer valamennyi múlt- és jövőbeli állapotát. Mármost, ha a materialista szemlélet jegyében az emberi tudatot, illetve akaratot is teljes egészében testi-fizikai rendszerekre (például az emberi agyra) vezetjük vissza, és minden fizikán túli „metafizikai” hatást kizárunk, akkor a világegyetem egésze zárt rendszerré válik, és így Laplace démonja a világegyetem jelenéből teljes múltját és jövőjét kiszámíthatja. Ma már igen valószínű, hogy a Laplace-démon ideája akkor is hibás, ha a világ mechanikus jellegére vonatkozó előfeltevést igaz-

nak tekintjük: egy soktényezős rendszer esetében a matematika oly bonyolulttá válik, hogy a jövő előrejelzésére hivatott fizikai egyenletek rendszere valószínűleg nem csupán az emberi végesség és korlátozottság miatt, hanem elvileg is megoldhatatlanná válik. Mindenestre erre utal, hogy az első tekintetre egyszerűnek tűnő úgynevezett *három-test problémára* sem sikerült mindeddig általános megoldást találni. Ezért igen kézenfekvő az az ontológiai föltevés, hogy a soktényezős mechanikai rendszerek esetében a kölcsönös egymáshatások bonyolultsága kaotikussá teszi a rendszert, s ez kizárja a pontos matematikai kiszámíthatóságot. A Laplace-démon képzetének e téves volta ugyanakkor még nem jelenti az objektív véletlen jelenlétét: a matematikai-számszerű kiszámíthatóság hiánya nem zárja ki a teljes determinizmust.

A Laplace-démon elvi lehetősége mint az objektív véletlen természettudományos tagadása, és a sorsunknak, jövőnknek, akarati aktusainknak előre meghatározottsága mindenestre csupán a 19. század sajátos materialista–pozitivisták szemléletmódjában jelenhetett meg új eszmeként. A Laplace-démon által illusztrált determinista ontológia ugyanis egyáltalában nem volt újdonság, hiszen Kálvin predesztinációtana ugyanilyen teljesen determinált világot kínál, s ugyanazon filozófiai kérdéseket veti föl számunkra, mint a 19. század természettudományos világképe. De hasonló nézeteket képviselt Pascal és a janzenizmus is. A 19. századi természettudományos determinizmus ezekhez képest annyiban új, hogy nem Isten kezébe teszi le, hanem a természetnek adja át sorunk, életünk, akarati aktusaink predetermináltságát. E tekintetben a 19. századi természettudományos determinizmusban Démokritosz és Leukipposz kozmológiai determinizmusának modern változatát fedezhetjük föl. Ha a Laplace-démon ideáján keresztül szemléltetett kiszámíthatóság a matematika bonyolultsága miatt nem is teljesül, a két rendszer közös abban, hogy a jövő mindkettőben bennfoglaltatott a jelenben, és ez maradéktalanul igaz sorsunkra és lelki-tudati tevékenységünkre is.

### A koppenhágai interpretáció által sugalmazott fizikai világkép újdonsága

A kvantummechanika koppenhágai interpretációja egy olyan világképet kínál számunkra, ahol nem csupán a Laplace-démon szerinti kiszámíthatóság, hanem eleve maga a fizikai világ determináltsága kérdőjeleződik meg. A *koppenhágai interpretáció* viszonya a 19. századi fizikához ezért nagyon hasonlít az epikuroszi kozmológiának a korai atomizmushoz való viszonyához. Ráadásul az a mód, ahogy a determinizmust a koppenhágai interpretáció megtöri, ugyancsak a görög előképet idézi: indeterminizmusa az elemi részecskéknek „önkéntes”-véletlenszerű viselkedéséből fakad, s ez igen hasonlít ahhoz, amiképpen Epikurosz atomjai minden ok és előzmény nélkül elhajolnak egyenes zuhanási pályájuktól. A lényegi különbség a filozófia

szempontjából mindösszesen csupán annyi, hogy amíg Epikurosz tudatosan erkölcsi tanítása érdekében, az erkölcs irányából visszafelé vezetette be az atomok elhajlását, a kvantummechanika esetében *látszólagosan* a természet elfogulatlan vizsgálódása vezetett az elemi részecskék viselkedésének indeterminizmusát állító – és ennek következtében *az akarat szabadságát és az erkölcs lehetőségét az objektív véletlen fennállásához kötő* filozófiák számára kedvező – fizikai elmélethez. A következőkben a dolognak ezt a „látszólagos” voltát fogjuk fölmutatni, mintegy „dekonstruálva” a koppenhágai interpretáció e tekintetben vélelmezett filozófiai jelentőségét.

Az előbbieken már jeleztük, hogy a – széles körű elterjedtsége és a fizikusok többsége által irányában megnyilvánuló radikális elkötelezettség okán a tudományfilozófiában és a tudománytörténetben gyakran „ortodox”-ként emlegetett – koppenhágai interpretáció véletlenfölfogásának hivatkozási alapját a Heisenberg-féle *határozatlansági relációk* képezik. Mint láttuk, a Laplace-démon ideájában szereplő kiszámíthatóság és teljes determinizmus előfeltételezi, hogy egy adott időpontban ismerjük a rendszer elemeinek energiáját, impulzusát és helyzetét. Mármost a Heisenberg-féle határozatlansági relációk ezt kizárják. Konkrétan: az egyik reláció szerint minél pontosabban adott egy részecske impulzusa, annál kevésbé adott annak pontos helyzete, és fordítva: minél pontosabban adott helyzete, annál kevésbé adott impulzusa. A másik határozatlansági reláció szerint pedig ugyanez igaz az energia és az időpont tekintetében. Következésképpen azok az adatok, amelyek szükségesek egy részecske jövőbeli pályájának és fizikai viselkedésének meghatározásához, a kvantummechanika szerint csak hiányosak lehetnek. Mivel e határozatlanság értéke abban az esetben, ha egy adat-pár mindkét tényezője közelítőleg adott, igen kicsi, az gyakorlatilag csak az elemi részecskék világában jelentős, a makroszkopikus világban elhanyagolható. Szemléletes példával: ha igaz, hogy a fizikai világ olyan, mint amilyenek a határozatlansági relációk leírják, az elemi részecskék méretének világában lehetetlen a biliárdjáték. E játék ugyanis azon alapul, hogy a dákóval impulzust és energiát adunk át a golyónak, mégpedig úgy, hogy – természetesen nem matematikailag, hanem intuitív módon – előre kiszámítjuk ennek hatását a golyó mozgására, beleértve ebbe a golyó ütközését más golyókkal és az energia meg az impulzus ennek során történő átadását az ütközésben elért golyóknak. A jó játékosnak természetesen nem kell ismernie a fizikát, ám ami jó játékosná teszi, az az, hogy előre látja a dákóval átadott impulzus és energia fontiekből leírt jövőbeli hatását. Mármost az elemi részecskék méretének világában mindez lehetetlenné válna, mert a golyók vagy nem rendelkeznének pontos hellyel, impulzussal és energiával (legalábbis ezt állítja a koppenhágai interpretáció). Következésképpen a golyók minden magyarázat nélkül, összevissza mozognának, „véletlenül” eltérnének a megszokott és várt pályáktól, és ezen eltérések nem mutatnának kiszámítható szabályszerűséget.

Mivel a kvantummechanika előrejelzései a fizikai tapasztalatban sokszorosan beváltak, és ma már számos rá alapozott technikai eszköz működik sikeresen, kétségbevonása nyilván indokolatlan és tudománytalan lépés volna, így azt a filozófiának is el kell fogadnia. S a koppenhágai interpretáció hívei éppen erre hivatkozva állítják, hogy nincs más választásunk: el kell ismernünk a kvantummechanika indeterminizmust és ezzel az objektív, ontológiai véletlen jelenlétét fizikai világunkban – amely másik oldalról (s ezt már egyes filozófusok állítják) megoldja az akarat szabadságának évezredes filozófiai problémáját is. Így – e vélekedés szerint – megtörténhet az, amiben számos filozófus kételkedett: a természettudomány a filozófián kívülről pontot tehet egy klasszikus, nagy, megoldhatatlannak tűnő probléma diszkussziójának végére.

Csak hogy ez az érv alapvetően *hibás* és *csúsztatásokon* alapul.

### **A kvantummechanika koppenhágai képe csupán egy „értelmezés”**

Az előbbieken bemutatott érvelés lényege, hogy a kvantummechanika koppenhágai értelmezését, és ennek részeként az objektív fizikai véletlent el kell fogadnunk, hiszen a tapasztalat által sokszorosan alátámasztott tények szólnak mellette. Csak hogy már e fölfogás nevében benne van az, hogy csupán „interpretáció”.<sup>3</sup> Ez persze önmagában még nem volna probléma, hiszen egy-egy értelmezés tekintetében könnyen előfordulhat, hogy nincs elfogadható alternatívája. A koppenhágai interpretáció tekintetében azonban ésszerű alternatív értelmezések vannak jelen a mai fizikában, és ezek ugyanúgy összeegyeztethetőek a fizikai tapasztalattal, mint a koppenhágai értelmezés. Ennek következtében pedig két dolog válik nyilvánvalóvá: egyrészt a tapasztalat nem kényszeríti ki a koppenhágai értelmezés elfogadását, másrészt a kvantummechanika és annak koppenhágai értelmezése nem azonos.

És ez igaz a határozatlansági relációkra is, amelyek eredendően nem többek fizikai összefüggéseket leíró matematikai formuláknál. A koppenhágai indeterminista interpretáció szerint – mint ahogy a biliárd-hasonlatnál láttuk – e határozatlansági relációk azt fejezik ki, hogy az elemi részecskék nem rendelkeznek egyidejűleg pontos helyzettel és impulzussal, illetve pontos időbeli meghatározottsággal és energiával, aminek következtében a fizikában megjelenik az ontológiai véletlen és a fizikai valóság indeterminálttá válik. Az ezen interpretációban a határozatlansági relációk az egyes részecskék és a belőlük álló rendszerek fizikai valóságát írják le – mégpedig maradéktalanul, minden tényezőt figyelembe véve. Az egyik ezzel ellentétes alternatív interpretációtípus az úgynevezett statisztikai

<sup>3</sup> A koppenhágai interpretáció korhoz kötött, „esetleges” jellegéről lásd: Szegedi Péter: Tudományfejlődés és kulturális légkör, *Világosság*, 1987/10. 647–655.; Cushing, J. T.: *Quantum Mechanics – Historical Contingency and the Copenhagen Hegemony*, The University of Chicago Press, Chicago and London, 1944.



értelmezés, amely a határozatlansági relációt csak részecske-, illetve rendszersokaságok esetében tekinti érvényesnek, s eközben nem zárja ki, hogy az egyes részecskék vagy rendszerek a hagyományos értelemben jól meghatározottak legyenek (azaz, hogy alkalmasak legyenek a képzeletbeli mikrofizikai biliárdjátékra). De megemlíthető még a Bohm-féle holista értelmezés is, amely a fizikai világot olyan összefüggő egésznek tekinti, ahol a távoli régiók is kapcsolatban vannak egymással, és ezúton áll helyre a teljes determinizmus.<sup>4</sup> A határozatlansági relációkból tehát nem szükségképpen következik az indeterminizmus és az objektív véletlen fizikai bevezetése: azok nem zárják ki a kvantummechanika determinista interpretációit, s a fizikában ténylegesen adottak ilyen interpretációk. Megjegyzendő, hogy Ervin Schrödinger, a kvantummechanika Bohr és Heisenberg melletti harmadik nagy alapító személyisége mindvégig határozottan elutasította két társa interpretációját, és fölfogásukat bírálva azt gyakran Sancho elveszett, azután váratlanul, minden magyarázat – minden „okási előzmény” – nélkül fölbukkanó szamarával jellemezte.<sup>5</sup> Az ő esetében pedig nehéz volna a kvantummechanika fogyatékos megértését fölronni.

#### **A kvantummechanika teljességének kérdése és Einstein kiállása a determinizmus mellett**

Ebben a kontextusban jelenik meg a kvantummechanika teljességének kérdése, amely kapcsán Einstein kritikája a kvantummechanikai indeterminizmussal szemben megfogalmazódott.

A kvantummechanikai indeterminizmus és az általa állított objektív fizikai véletlen kérdése szorosan összefügg a kvantummechanika teljességének kérdésével. A koppenhágai interpretáció szerint a kvantummechanika teljes abban az értelemben, hogy tárgyterületének összes lehetséges fizikai tényezőjére kiterjed, azokat magában foglalja, azaz nincsenek olyan, az elméletbe be nem került, vagy az elmélet által el nem ért tényezők, amelyek figyelembevételével a kvantummechanikában indetermináltként megjelenő folyamatok determináltként jelennének meg. A teljesség tétele tehát azt jelenti, hogy a kvantummechanikai indeterminizmus és véletlen nem ismeretelméleti, hanem „objektív”, „ontológiai”, és ez még akkor is igaz, ha Bohr az indeterminizmust a megfigyelő mint szubjektum és a megfigyelés tárgya mint objektum egymáshoz rendeltségére vezeti vissza. Az a mód ugyanis, ahogy a megfigyelő és a tárgy egymást feltételezi, és amiképpen a megfigyelés befolyásolja a megfigyelés tárgyát, ebben a szubjektumot és az objektumot összekötő fölfogásban is szigorú, a szubjektum akaratától és szándékaitól független,

4 A különböző determinista interpretációkról lásd: Szegedi Péter: U tószó Blohincev *A kvantummechanika elvi kérdései – Kvantummechanikai méréselmélet* című könyvéhez (Budapest, Gondolat, 1987).

5 Vö. Schrödinger, E. (1952): Unsere Vorstellung von der Materie, in uó: Was ist Materie?, Audio CD-ROM, Köln, 2002.

ebben az értelemben objektív törvények szerint történik, és a fizikai világ ontológiájának részét képezi.

A koppenhágai interpretációval szemben viszont például a statisztikai interpretáció szerint a kvantummechanika nem teljes. Törvényei nem az egyes részecskékre vagy rendszerekre, hanem részecskékből álló sokaságokra vonatkoznak, míg az egyes részecskék konkrét adatait nem ragadja meg, azok olyan fizikai tények, amelyek kívül maradnak az elméleten.

Einstein a kvantummechanika ezen statisztikai értelmezése mellett állt ki, és érvelt az objektív véletlent bevezető koppenhágai interpretáció ellen. Érvrendszerének egyik pillére a tudományos racionalizmus és a determinizmus elvének összekapcsolása, amelynek metodológiai és teológiai aspektusa is van. Metodológiailag tekintve Einstein szerint nem tekinthető kielégítőnek egy olyan tudományos elmélet, amely föladja a determinizmust. Ugyanis a tudomány célja szerinte a világ racionális leírása, és értékelésében a determinizmus föladásával a racionális világgép egy fontos mozzanatról mondunk le. Az ő szavaival: „Az a próbálkozás, hogy a kvantumelméleti leírást az individuális rendszerek teljes leírásának tekintsük, természetellenes elméleti értelmezésekhez vezet – (tehát az indeterminista leíráshoz – Sz. L.) –, amelyek azonban rögtön fölöslegessé válnak, amint elfogadjuk, hogy a leírás rendszersokaságokra és nem egyes rendszerekre vonatkozik.”<sup>6</sup> Következésképpen a kvantummechanika jelen elméletét nem szabad véglegesnek és teljes leírásnak tekinteni – érvel Einstein –, hanem a fizikai leírás átmeneti fázisának, amelyet meggyőződése szerint elméleti felfedezések és a kvantummechanika jelenlegi, indeterminista fázisának meghaladása fogják követni. Bár ő maga nem fogalmaz ilyen radikálisan, de bírálata szerint a mai kvantummechanika (s ez alatt ő a koppenhágai értelemben vett kvantummechanikát érti) egy rossz módszertan nevében önelégülten véglegesnek és teljesnek deklarálja magát, föladva a determinizmust mint a tudományos elméletek megalkotásakor követendő racionális értéket. E mögött pedig a további kutatás fáradalmaitól való félelem rejtekezik.

Bár a kvantummechanikai indeterminizmus kritikájában Einstein nem hivatkozik a teológiai aspektusra, a determinizmus melletti elkötelezettségének teológiai dimenzióját panteista istenképben találhatjuk meg. Noha Spinoza Istenére hivatkozik, az legalábbis kérdéses, hogy Isten és a természet mennyiben azonos nála. Az viszont egyértelmű, hogy a természetben adódó rendet és racionális szépséget Isten megjelenésének vagy megnyilvánulásának tekintik. Egy indeterminált világ pedig, ahol minden meghatározó tényező vagy ok nélkül történhetnek események, kétségkívül kevésbé szép és racionális, mint egy rendezett, determinált világ. Továbbá Spinoza mellett olykor Leibnizre is hivatkozik, s nyilvánvaló, hogy a kvantummechanikai indeterminizmus sérti az elégséges ok elvét. Ezért számára az objektív véletlen elismerése és az ebből adódó

<sup>6</sup> Einstein, Albert: A kvantummechanikai indeterminizmusról, in uő: *Válogatott írásai*, i. m. 221.

indeterminizmus a természetben jelenlévő, azzal azonos vagy abban megnyilvánuló Isten tökéletességének csorbulását jelentené (függetlenül attól, miképpen értelmezzük Einstein fölfogását Isten és a világ kapcsolatáról). *Röviden összefoglalva*: egy indeterminált világ, amelyben az objektív véletlennek szerepe van – azaz a „kockázás” –, szerinte nem volna méltó Istenhez. Ennyiben a német fizikus Spinoza mellett Descartes és Leibniz követője is.

Persze mondhatja valaki, hogy mindez szép, de nem sokat ér, ha a természet megismerése mégiscsak a *kockázó Isten*, azaz az *objektív véletlen* és az indeterminizmus mellett szól. Csakhogy ezen a ponton jelenik meg a problémakör tudományfilozófiai dimenziója. Már láttuk, hogy a fönti ellenérv a fizika jelen állapotát hamis fényben mutatja be, hiszen a kvantummechanika-interpretációk között vannak az objektív véletlent tagadó determinista fölfogások is. Azaz a tudomány még egy szigorúan fizikalista módon értelmezett világ esetén sem szól a kockázó Isten mellett. Másrészt az alternatív interpretációk jelenlététől független tudományfilozófiai tény, hogy a természet kutatása és az ennek során tudomásunkra jutott empirikus adatok és ismeretek nem határozzák meg egyértelműen természettudományos elméleteinket és fizikai világgépünket. Ez a tény kifejeződik mind Ernst Mach tudományfilozófiájában, mind Poincaré konvencionalizmusában, mind pedig a Lakatos–Duhem–Quine-féle *aluldetermináltsági tétel*ben, amely a tudományos elméletek *empirikus aluldetermináltságát* állapítja meg. Mármost Einstein valamennyi metateoretikus fejtegetése tudatosan e tényből indul ki, és ennek fényében a determinizmus melletti elkötelezettsége egy ismeretelméleti–metodológiai norma melletti elkötelezettségként adódik. Éppen az elméletek empirikus aluldetermináltságára hivatkozva utasítja el azt az eljárást, amely egy indeterminista elméletet véglegesnek tekintve föladja a determinizmust mint az elméletalkotást orientáló metateoretikus normát, s lemond arról, hogy a determinizmus érvényesítése érdekében további kutatásokat folytasson.

Persze azért a kvantummechanika teljességének–nem teljességének kérdése némileg összetettebb, mint azt a föntiek sugallják. Nevezetesen, a teljességre vonatkozó állítás nem üres deklaráció, hanem komoly alapjai vannak. Bár újabban néhány fizikus és tudományfilozófus – közöttük Szabó László – rámutatott az ilyen bizonyítások korlátozott érvényességére,<sup>7</sup> komoly érvek szólnak amellett, hogy bizonyos, ésszerűnek tekinthető föltevések mellett a kvantummechanika matematikai rendszerébe nem vezethetőek be az úgynevezett „rejtett paraméterek”, azaz a rendszerben egyszerűen matematikailag nincs hely determinatív, az objektív véletlent kikapcsoló tényezők beiktatására. Ha ez valóban így van, akkor az az einsteini föltevés, hogy egy jövőbeli, szélesebb körű, determinista elmélet a mai kvantummechanikát részelméletként vagy közelítő elméletként majd magában foglalja, matematikailag kizárt. Ez azonban nem jelenti még a fizikai világ indeterminált voltának igazolását.

7 Szabó E. László: *A nyitott jövő problémája*. Typotex, Budapest, 2002, 221–243.

Egyrészt mind a statisztikai, mind pedig a Bohm-féle értelmezés érvényben maradhat. Másrészt csupán az válhat ez úton bizonyossá, hogy a meghatározó tényezőkhöz – a „rejtett paraméterek”-hez – a jelenlegi kvantummechanika rendszerének egészét megőrizve (vagy azt továbbfejlesztve, „megszüntette-megőrizve”) nem férhetünk hozzá, és azokat képtelenek vagyunk elméletünkbe beágyazni. Persze ez egy pozitivista szemléletmódban az ilyen tényezők létezésének föltételezése ellen szól – ám egy fizikai elmélet filozófiai interpretációjakor egyáltalában nem vagyunk arra kötelezve, hogy az interpretációt a pozitivista horizonton belül végezzük el. A pozitivista megközelítésben ez esetben adódó indeterminizmus pedig nem természettudományos tétel lesz, hanem a pozitivista értelmezés következménye. (Mint amiképpen már a Bohr- és Heisenberg-féle fölfogás háttérében is helyesen fedezi föl Einstein a fizikai valóság nyersen pozitivista fölfogását.)

### Kvantummechanika, objektív véletlen, akaratszabadság

A félreértések elkerülése végett: fenti fejtegetéseinkből egyáltalában nem következik a fizikai világ determináltsága. Érveink csupán az ellen az elterjedt tévhit ellen szólnak, hogy a kvantummechanika a tudományok állítólagos „vitathatalanságával” eldöntötte volna a determinizmus kérdését az objektív véletlen és az indeterminizmus javára. E tévhit cáfolata azonban egyáltalában nem zárja ki a világ indeterminált jellegét, mint amiképpen azt sem, hogy ez az indeterminizmus ténylegesen oly módon valósuljon meg, mint amiképpen azt a koppenhágai interpretáció leírja. Teljesen nyitott az a kérdés, hogy a kvantummechanikában fölbukkanó véletlen pusztán ismeretelméleti véletlen-e, mint amiképpen ezt a statisztikai interpretáció és Einstein állítja, vagy pedig a fizikai realitás ontológiai sajátja. Ahogy mindennapi életünkben és a tudományos kutatásban folyamatosan találkozunk véletlen jelenségekkel, de teljesen eldönthetetlen, hogy e véletlenek mennyiben ismeretelméletiek és mennyiben ontológiaiak, úgy ez az eldönthetlenségi szituáció most a kvantummechanikán belül is megjelenik.

De vajon nem kellene-e mégis, mindennek ellenére preferálnunk az emberi szabadságra és a szabad akaratra hivatkozva a koppenhágai interpretációt, amely az objektív, ontológiai véletlent magában foglalva ugyanúgy szabaddá teszi a szubjektumot, mint a korai görög atomistákhoz képest Epikurosz elmélete tette?

Popper szavaival: „mély elkötelezettséget érzek, hogy filozófusként védelmezzem az emberi szabadságot [...] és azt a valamit, amelyet tradicionálisan szabad akaratnak nevezünk...”<sup>8</sup> „Meggyőződésem, hogy az indeterminizmus doktrínája igaz, és hogy a determinizmus nélküli mindenféle alapot. Legfőbb érv, amely alátámasztja e meggyőződésemet intuitív: egy olyan mű megalkotását, mint

<sup>8</sup> Popper, Karl: *The Open Universe – An Argument for Indeterminism*. Hutchinson, London, 1988. XXI.

Mozart G-moll szimfóniája, annak minden részletével együtt, lehetetlen előre megjósolni. Őszintén elismerem, hogy ez szorosan összefügg a szabad akarat tradicionális problémájával...<sup>9</sup>

Popper itt – mintegy Epikurosz követőjeként, aki az „atomok elhajlásá”-val ugyancsak a szabadság és az erkölcs érdekében vezet be kozmológiájába az objektív véletlen – az emberi kreativitás és szabad akarat érdekében egyértelműen az objektív véletlen, azaz a „kockázó Isten” mellett teszi le a voksot. Álláspontja tudományfilozófiailag reflektált, hiszen nem esik abba a csapdába, hogy a kvantummechanika koppenhágai interpretációjának vulgáris filozófiai értelmezésére hivatkozva természettudományos tényként nyilvánítsa ki az objektív véletlen létezését, hanem világossá teszi, hogy azt csak mint az emberi szabadság, illetve szabad akarat realitása iránti reményből eredő „kellés”-t vezethetjük be. A determinizmus–indeterminizmus, illetve a szabad akarat és az emberi kreativitás tekintetében nagyon sokan éreznek-gondolkodnak Popperhez hasonlóan, és a kvantummechanikai indeterminizmus népszerűségének is végeredményben ez az érzület a titka. Csakhogy Popper álláspontja – az akaratszabadság problémájának más hasonló, a téma irodalmában markánsan jelenlévő megközelítéseivel együtt – alapvetően hibás, mivel a szubjektum szabadsága és a fizikai világ indeterminizmusa között nem áll fönt az itt föltételezett összefüggés.

Az nyilvánvaló, hogy az objektív fizikai véletlen, valamint az akaratszabadság összekapcsolására csak a fizikalista világfölfogásnak van szüksége. A szabadság és a világ fizikai–testi, természettudományosan leírt aspektusa között sem Kant, sem Ernst Mach filozófiájában, sem Husserl fenomenológiájában nincs ilyen összefüggés, hiszen e filozófiák kontextusában a természettudományos leírás érvényessége korlátozott: csak a létezők egy aspektusát írják le, vagy – mint Machnál – csupán operatív értékű gondolati konstrukciók. De a szabadságnak és a fizikai indeterminizmusnak ez a kapcsolata nem áll fenn azokban a hagyományos, realista ontológiákban sem, amelyek nem kötelezik el magunkat a monista–fizikalista ontológia mellett. Ha ugyanis a szubjektum nem redukálható teljesen fizikai létezők konfigurációjára, akkor – bármily erős fizikai determináltságot is tételezünk föl egyébként – nyilvánvaló: a szabadság kérdése annak függvényévé válik, hogy ez a fizikára nem redukálható mozzanat képes-e visszahatni, s ha igen, mennyire a fizikai világra (mint amiképpen ezt Descartes esetében láttuk). Így az akaratszabadság kérdése nem a fizikai világgal fog összefüggenni, hanem a *szubjektum* ezen, a fizikai világra nem redukálható mozzanatának természetével.

Ha viszont fizikalista ontológiát feltételezünk, akkor az általánosan elterjedt nézettel szemben az objektív véletlen sem tehet szabadá bennünket. Ha ugyanis a szubjektum fizikai létezők konfigurációja, vagy ilyen konfiguráció működésének eredménye, akkor ugyan az objektív fizikai véletlen következtében jövője indeterminálttá válik, de ez még nem fog szabadságot jelenteni számára. Mivel a

9 Uo. 41.

fizikalizmus fölfogásában a szubjektum maga is fizikai folyamatok eredménye, a szubjektum viselkedése, érzései, vágyai, döntései továbbra is fizikai események következménye lesznek, csak éppen ezen események között jelen lesz az objektív fizikai véletlen is. Ám azon a tényen, hogy sorsom és akaratom fizikailag determinált, nem változtat az, hogy a determináló folyamatok között véletlen fizikai események is vannak. Ez csak a predetermináltságot zárja ki. Viszont valódi szabadság és szabad akarat csupán akkor képzelhető el, ha a szubjektumnak van egy olyan összetevője, amely kívül van a fizikailag–empirikusan determinált létezők körén, s így azt fizikai folyamatok nem determinálhatják. Az objektív fizikai véletlennek csak akkor lehet szerepe a szubjektum szabadságában, ha szubjektivitásának van egy olyan nem fizikai jellegű összetevője, amely képes a fizikailag még nem determinált folyamatok nem fizikai jellegű determinációjára. Ám ha feltételezünk egy ilyen összetevőt, akkor már nincs szükség a szubjektum szabadságához a fizikai világ indetermináltságára, mert azt is feltehetjük, hogy az képes egy teljesen determinált fizikai világra is kívülről hatni. Így egy sajátos paradoxonba ütközünk. *Ha nem vagyunk fizikalisták, nincs szükségünk arra, hogy a szubjektum szabadsága és szuverenitása érdekében az objektív fizikai véletlenhez fellebbezzünk. Ha pedig elfogadjuk a fizikalizmus előfeltevését, a szubjektum az objektív fizikai véletlen ellenére is értelmetlen fizikai folyamatok játékanak eredményévé válik.*

Visszatérve Popper példájára: ha elfogadjuk a fizikalizmus előfeltevését, Mozart kreativitása és az a folyamat, amelyben megkomponálta a G-moll szimfóniát, fizikai komplexumok funkciójává, illetve folyamattá válik. Ha a fizika indeterminált, akkor ez természetesen azt fogja jelenteni, hogy a G-moll szimfónia megkomponálása nem volt előre meghatározva. Csakhogy e koncepcióban a szimfónia előre nem determinált elemei a zeneszerző fiziológiájában és a komponálásban mint fizikai folyamatban bekövetkezett objektív véletlenek által lesznek meghatározva, s így ugyanúgy a fizikai folyamatok függvényeivé válnak, mint egy predeterminált világban. Ha az állítjuk ugyanis, hogy a nem predeterminált mozzanatok Mozart alkotó szellemének adtak játékteret, és e játékteret e szellem töltötte be, akkor – mivel a fizikalizmus miatt ez az alkotó szellem is fizikai folyamat eredménye – a nem predeterminált folyamatokat végül mégiscsak a fizika (s a fizika részeként az értelmetlen fizikai véletlen) fogja determinálni. Így Mozartnak *nem lesz* szabadsága, és mindez mindaddig így is marad, amíg nem tesszük föl, hogy Mozartnak van egy nem fizikai természetű, a fizikára visszavezethetetlen mozzanata, azaz amíg föl nem adjuk a fizikalizmust.

Popper logikája szerint Einstein a determinizmus mellett kiállva kétségbe vonta Mozart alkotó szellemét, kreativitását. Csakhogy ne feledkezzünk el arról, hogy Einstein nemcsak hegedült, hanem kiváló, a professzionális zenészekkel összemérhető Mozart-játékos volt, akit például prágai éveit alatt elsősorban ebbeli minőségében és nem fizikusként ismertek. De sokat mond az a visszaemlékezés is, mely szerint 1930. április 12-én, a berlini filharmonikusok koncertje

után az ifjú Yehudi Menuhin játékát a következő szavakkal köszönte meg: „most már biztosan tudom, hogy van Isten az égben”<sup>10</sup>.

Einstein meg volt győződve arról, hogy a természet racionálisan leírható és megérthető, de ebbeli tulajdonságát végső, megmagyarázhatatlan csodának tartotta. S előbbi megnyilvánulása arra utal: a zenében is ilyen végső, megmagyarázhatatlan csodát látott. Számára mind a zenében, mind a tudományban a végső, megmagyarázhatatlan transzcendens jelent meg, s ezért nem volt szüksége az emberi kreativitás és az indeterminizmus egymáshoz kapcsolására. „Saját létünk – és egyáltalában a teremtmények létének – értelmét kutatni objektív szempontból mindenkor értelmetlennek tűnt föl nekem.” „A legszebb, amit megélhetünk, a titok érzete. Ez az az alapérzés, amely minden igazi művészet és tudomány bölcsőjénél jelen van. [...] Részemre elég az élet örökkévalóságának misztériuma...”<sup>11</sup>

Az objektív véletlen, a szabadság és az akaratszabadság tárgykörében tehát a kvantummechanika – s általában a természettudomány – a ma divatos közvélekedéssel ellentétben nem kínál és nem kínálhat megoldást. E fogalmak olyan valódi, klasszikus filozófiai problémákat jelölnek ki, amelyek lényegük szerint a filozófiai-metafizikai és teológiai vizsgálódások tárgykörébe tartoznak, és amelyek az emberi létezés más nagy kérdéseire hasonlóan sohasem juthatnak el a végső megoldáshoz. Nem egyszerűen elméleti kérdésekről van szó velük kapcsolatosan, hanem véges, de a végtelen irányában affinitással bíró ittlétünk föloldhatatlan alaproblémáiról.

10 Vö. Jammer, Max: *Einstein and Religion: Physics and Theology*, Princeton University Press, 1999, 19.

11 Einstein, Albert: *Hogyan látom a világot?*, in *Válogatott írásai*, 346, 349.