

## Az okság egy determinisztikus világban

(Tisztelt hallgatók!) Eredetileg úgy terveztem, hogy ebben az írásban választ adok néhány, engem érdeklő kérdésre, így arra is, hogy van-e valami a világban, ami megfelel a leírásainkban szereplő ok-okozati viszonyoknak, és hogy a tudományos leírások, vagy magyarázatok hivatkoznak-e oksági összefüggésekre, és ha igen, kiküszöbölhetőek-e a kauzális magyarázatok az elméletekből? Sajnos egyik kérdésre sem sikerült egyértelmű választ adnom. A kauzalitás problémáját talán David Hume határozta körül először, a „Tanulmány az emberi értelemről” című könyvében: „Minden, tényekre vonatkozó okoskodás az ok és okozat viszonyán nyugszik.” A kauzalitásnak nevezett viszonyt „a priori okoskodással soha, semmilyen körülmények közt nem ismerhetjük fel, mert ez az ismeret csakis abból a tapasztalatból származik, hogy bizonyos dolgok állandó kapcsolatban vannak egymással.” „Egyetlen dolog sem tárja fel érzékelhető tulajdonságai által, sem az okokat, amelyek létrehozták, sem a hatásokat, amiket kiválthat.” „Minden okozat az okától teljesen eltérő történés.” „Ebből az állításból: azt tapasztaltam, hogy ez és ez a dolog mindenkor ezzel és ezzel a hatással jár, erre az állításra: más dolgok, amelyek külsőleg az előbbihez hasonlítanak, máskor hasonló hatásokkal járnak együtt, a megszokás segítségével jutunk, nincs olyan, nem tapasztalatra hivatkozó érvelés, amivel ezt bizonyítani lehetne. Hume levonja a következtetést: „a múlt hasonlóságát a jövőhöz semmiféle tapasztalatból származó érveléssel nem lehet bizonyítani, hiszen minden ilyen érv a jövőnek a múlttal való hasonlóságán alapszik.” Hume rövid elemzése elválasztja a kauzális viszonyt a „Ha A, akkor B.” logikai kapcsolattól. Úgy tűnik, ha lennének minden körülmények között érvényes kauzális törvények, akkor azokat ki lehetne fejezni egy „Ha A, akkor B.” alakú mondattal, ahol A lenne az ok, B pedig az okozat. Így az okot minden körülmények között követné B, az okozat. A hétköznapi helyzetekben gyakran fejezzük ki az oksági kapcsolatot „Ha A, akkor B.” alakú feltételes állításokkal, pl.: „Ha villámlik, akkor dörögni fog az ég.”, és ritkábban mondjuk: „A villámlás mennydörgést okoz.”. Ilyenkor úgy képzeljük, a villámlás ténye, önmagában, logikai értelemben elégséges ahhoz, hogy később mennydörgést halljunk, vagy, ha a villámlást nem mindig követte tapasztalatunk szerint mennydörgés, akkor kiegészítjük még egy kauzális faktoral, például így: „Ha villámlik és a Földnek van légköre, akkor mennydörgést fogunk hallani.” Újabb és újabb eseményekkel egészítjük ki az „ok”-ot, ám elégséges alaphoz talán sosem jutunk. Így, az okság naiv értelmezése szerint, egyszer, legfeljebb végtelen sok új körülmény felsorolásával meghatározzuk egy esemény, például a mennydörgés elégséges alapját, vagyis azokat a körülményeket, azt az eseményrendszert, ami mellett az okozat bekövetkezése világleírásunkban logikailag szükségszerű. Az események ilyen rendszere olyan ok lenne, ami mellett az okozat biztosan bekövetkezne. Nyilvánvaló, hogy ehhez csak a világ egészének állapotait tekinthetjük egy esemény elégséges alapjának. A hétköznapiakban viszont elfogadunk sok olyan oksági magyarázatot, ami nem teljes leírása a világ valamely állapotának, így, szigorú értelemben nem szolgáltat teljes bizonyosságot, sem abban az értelemben, hogy az adott eseményrendszer az egyetlen, ami kiválthatta a magyarázni kívánt okozatot, sem abban az értelemben, hogy az okoknak a magyarázatban megjelenő rendszerét mindig, 1 valószínűséggel követi a magyarázni kívánt okozat. Ha tehát a világ determinisztikus lenne, a kauzális viszonyok redukálhatóak lennének logikai viszonyokra, amelyek ilyen alakúak lennének: „Ha a világ  $t$  időben ilyen és ilyen volt,  $t+dt$  időben olyan lesz.” A teljes bizonyossághoz mindig szükségünk van a világ egészének leírására, mert bármit hagyunk ki, az hatással lehet a világ jövőbeni állapotára. Minden természettudomány, de legnyilvánvalóbban a fizika, kísérletei során, mikor valami megismételhető helyzetet hoz létre, arra törekszik, hogy a laboratóriumban történeteket csak a laboratóriumban történetekkel magyarázza, amihez a kísérletet fizikailag elkülöníti a külvilágtól, hogy a kint történő dolgok fizikailag csak alig lehessenek hatással a kísérletre. Ezen kívül van még egy eszköze: a külvilág hatásai általában zaj formájában jelentkeznek, aminek mértéke és jellege megjósolható, és ami a mérési eredményeket megjósolható formában változtatja meg, ezért kiküszöbölhető, igaz a kísérlet pontossága ekkor csökken. Ha a fizikusok nem tudtak volna a külvilágtól valamennyire független kísérleteket végezni, nem jutottak volna ilyen következtetésekre, mint pl. „A golyó legurulását a nehézségi erő okozza.” Azt gondolom, hogy a fizika fejlődése, önmagában egy érv a mellett, hogy világunk

nagyjából, egészében determinisztikus, még akkor is, ha közelebről nézve elmosódott, és nem ismerhetjük egy adott,  $t$  időbeli állapotát tetszőleges pontossággal, tehát nem tudjuk tetszőleges pontossággal megjósolni, milyen lesz  $t+dt$  időpontban. Ha ugyanis a világ gyakran mutatna indeterminisztikus viselkedést, egy kísérletet sem pontosan megismételni nem lehetne, sem általánosításra nem adna semmilyen alapot. Ha Hume kételyét a jövő múltához való hasonlóságát illetően, kísérletezés közben nem lehetett volna felfüggeszteni, ha a világ nagymértékben indeterminisztikus lett volna, a kísérleteket legfeljebb kitalálni lehetett volna, megvalósítani, megismételni nem. Nagyon sok olyan eset volt, amikor a világ jövőjére vonatkozó becsléseink ugyanolyan pontossággal váltak be, mint amennyire a méréseink pontatlanok voltak. A kérdés csupán az, hogy hogyan lehet egy részleteiben nem kiszámítható rendszer determinisztikus? Lehet-e többről szó, mint ami az ideális gázokra jellemző, tehát, hogy, bár a rendszer részleteit nem ismerhetjük egyszerre tetszőleges pontossággal, például nem tudhatjuk minden részecske lendületét, és helyzetét, a rendszer hőmérsékletét, nyomását, térfogatát mégis tetszőleges pontossággal kiszámíthatjuk? Egy tartályban lévő ideális gáz egyetlen molekulájának sorsát sem ismerjük, de tudjuk, hogy legvalószínűbben milyen gyors, és hogy milyen valószínűséggel mozog valamilyen adott sebességgel.

A fizika egy helyben toporgott volna a görög kor óta, ha művelői nem tudtak volna különbséget tenni egy rendszer, vagy egy dolog lényeges, a belső kauzális folyamatokat tükröző tulajdonságai, és azok között, amik a környezet megváltoztatásával maguk is megváltoznak. A természet megfigyelői rájöttek, hogy csak akkor ismerhetnek fel természeti törvényeket, vagy szabályszerűségeket, ha a kísérletüket a lehető legjobban elkülönítik a környezettől. Ebből adódik egy probléma: minél jobban elkülönül egy kísérlet a világ többi részétől, a benne megfigyelt jelenség annál kisebb valószínűséggel történik meg újra, mert a kísérletet annál nehezebb lesz megismételni, minél több feltételnek tesz eleget. (pl.: részecskegyorsítók) A jelenségek körét leíró elméletek általában zárt, izolált rendszerek viselkedéséről szólnak, amelyekben a többi jelenségkör szabályszerűségeit elhanyagolható mértékűre csökkentik. Az olyan esetekben, amikor egy másik jelenség hatása nem elhanyagolható, például a hétköznapi életben, vagy egy nehéz feladatban, a jelenségkörök elméleteit kombinálnia kell a tudósnak, ami bonyolultabb elmülethez vezethet, mint amiket összekapcsol.

A természettudományok fejlődéséhez nélkülözhetetlen volt, hogy a tudósok gondolatban, vagy kísérleteik során, izolált rendszereket hoztak létre. Ehhez szükség volt arra a gondolati lépésre is, hogy, ha a világ, vagy annak egy nagyobb részére igaz valamilyen tulajdonság (predikátum), akkor vagy van egy legkisebb része, amire még igaz a kérdéses tulajdonság, de aminél kisebbre már nem, vagy a tárgy minden felosztásából kapott részei öröklük ezt a tulajdonságot. Így alakult ki pl. a „tömegpont” fogalma a tömeggel rendelkező, kiterjedt testek fogalmából. Egy sikerült, negatív vagy pozitív eredményű, az elméletet cáfoló vagy megerősítő kísérlet, mint izolált rendszer mindig rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, amiket a kísérletező az igazolni kívánt, vagy éppen felállítandó modell szempontjából lényegesnek tart.

Russell kétféle izolált rendszert különböztet meg az „Ok fogalmáról” című írásában.

„Viszonylag izolált egy adott időszakasz folyamán az olyan rendszer, mely ugyanolyan módon fog viselkedni, valamely kijelölhető hibahatáron belül, ezen egész időszakasz alatt, bárhogy is van megalkotva a világegyetem fennmaradó része.”

„Gyakorlatilag izolált egy adott időszakasz folyamán az olyan rendszer, ha lehetnek a világegyetem a rendszeren kívüli részének olyan állapotai, amelyek a kijelölt hibahatárnál nagyobb effektust hoznának létre (okoznának), de okunk van azt hinni, hogy ilyen állapotok ténylegesen nem fordulnak elő.” (mert valószínűtlenek)

Russell szerint egy rendszer izolált voltát előre nem bizonyíthatjuk be, például nem lehetünk biztosak abban, hogy a naprendszer a gravitáció szempontjából viszonylag izolált marad-e? „az izolált rendszerek csak annyiban fontosak, írja, amennyiben lehetővé teszik a természeti törvények felfedezését, a tudomány végleges struktúráját tekintve nincs semmiféle elméleti jelentőségük.” (Az elméleteket mindig kísérletek igazolják, amelyekben a kísérletező fel tud

mutatni egy, legalább gyakorlatilag izolált rendszert, amely az igazolni kívánt elméletnek, modellnek megfelelő módon viselkedik, aminek viselkedését a modell megjósolja.) „Az a filozófusok által alapvetőnek tekintett eset, amikor egy A eseményt egy másik, B esemény okának nevezzük, valójában nem más, mint a gyakorlatilag izolált rendszerek legegyszerűsítettebb példája. Általános tudományos törvények eredményeként megtörténhet, hogy bármikor fordul elő egy bizonyos időszakos folyamán A, mindig B követi. Ebben az esetben A és B olyan rendszert alkotnak, ami az egész időtartam folyamán gyakorlatilag izolált. Ennek előfordulását a jószerencse adományának kell tekintenünk, mindig sajátos körülményeknek lesz köszönhető, és nem volna igaz, ha a világegyetem fennmaradó része megváltozna, bár ugyanazon törvények maradnának rá érvényesek.” (Csakhogy, mindig megváltozhat-e egy determinisztikus világ úgy, hogy a viselkedését leíró általános törvények igazak maradnak, de a változások egy adott, viszonylag izolált rendszerben az előre kijelölt hibahatárnál nagyobb hatást keltenének?)

„Az okság által megvalósítani vélt alapvető funkció nem más, mint az, hogy lehetőséget ad a jövőnek a múltból való levezetésére. Minden olyan rendszer, amiben az ilyen levezetések lehetségesek: determinisztikus rendszer.” Lehet, hogy, mint Hume állítja, az oksági összefüggést sosem figyelhetjük meg, sőt még csak meg sem érthetjük (ezt a természettudomány tapasztalatban igazolt oksági magyarázatai cáfolni látszanak), mivel nem ismerhetjük fel a feltételezett okban a hatást, sem az okozatot? Lehet, hogy Russellnek igaza van, mikor azt állítja, hogy csak a filozófusok és a tudományokban járatlanok állítják azt, hogy a természettudományok világleírásaikban, vagy helyzetleírásaikban ok-okozati viszonyokat tételeznek fel. Lehet, hogy a fizikából, sőt az összes természettudományos leírásból kiküszöbölhető az okság fogalma, anélkül, hogy a modell veszítene megjósoló erejéből. Ám, ha a tudományok modelljeit mint eszközöket tekintjük, amelyek egy rendszer t időpontbeli, mérhető állapota függvényében előállítja egy t+dt időpontban mérhető állapotát, akkor az ok-okozati viszony, mint leegyszerűsítés hasznosnak bizonyult, például az élő, vagy szerves kémiai rendszerek magyarázataiban. Gimnáziumi tanulmányaimból, (melyek rendkívül felületesek voltak), úgy tűnik hogy az ok-okozati viszony ugyan helyettesíthető ilyen kifejezésekkel, mint hogy A megnöveli B valószínűségét, de, ha majdnem biztos bekövetkezéstről van szó, mindig, fölöslegesen bizonyítani kellene a kérdéses, A-ból és B-ből álló rendszer gyakorlati függetlenségét, tehát az az elmélet, amiből kiküszöböltük az oksági magyarázatokat, bonyolultabb lesz az előzőnél, sőt, az sem biztos, hogy megalkotható. Ezen értekezés szerzője amellettt teszi le a garast, hogy a világ túlnyomó része determinisztikus, és, ha van olyan része, amely vagy csak kiszámíthatatlan, vagy valóban véletlenszerű, vagyis indeterminisztikus, akkor ezeknek a részeinek a története nagyjából különválasztható a világ determinisztikus tartományaitól, mivel a determinisztikus részek modelljeiben az indeterminisztikus részek elhanyagolhatók, nem rontják el a determinisztikus tartomány természeti törvényeit. Kétséges, hogy lehet-e értelmet adni a kauzalitásnak egy objektíve indeterminisztikus világban, ahol csak korrelációk léteznek, és az okról csak azt mondhatjuk el, hogy megnöveli az okozat bekövetkezésének valószínűségét, valamint hogy időben megelőzi valamennyivel az okozatot. Egy indeterminisztikus világban az ilyen korrelációkat nem tudjuk természeti törvényekből, mint egyedi esetek sokaságait levezetni. Sőt, ha a világ véletlenszerű volna, az olyan állításokat, mint pl. „A dohányzás megnöveli a tüdőrák valószínűségét.” nem lehetne igazolni, mivel az igazoláshoz végrehajtott kísérleteket nem tekinthetjük gyakorlatilag izolált rendszereknek. Ez nem jelenti azt, hogy a mi világunk nem lehet objektíve indeterminisztikus, részleteiben véletlenszerű, csak azt, hogy eddig sok esetben bevált a világ egy részének determinisztikus leírása, amely a modell értelmezési tartományát gyakorlatilag izoláltnak és legalábbis kis időtartamokra megjósolhatónak tekintette. Az a tény, hogy létezik egy objektíve determinisztikus fizikai modell, ami közelítőleg bevált, valószínűtlenné teszi, hogy a világ objektíve indeterminisztikus lenne. Van a világleírásoknak egy másik olyan általános feltevése, ami, mivel legtöbbször beválik, az ellen szól, hogy az eseményeket megmagyarázó törvényszerűségek, a fizikai törvények pontról pontra változzanak. Ezt Russell fogalmazza meg, „Az anyag végső összetevői” című írásában. Perspektívának nevezi egy megfigyelő által egyidejűnek észlelt összes esemény halmazát. Az elv: „ha egy perspektívában adva van egy különös entitás, akkor az egyik, vele (a téridőben)

szomszédos perspektívában rendszerint lesz egy hozzá nagyon hasonló különös entitás, mégpedig ez az utóbbi csak igen kis nagyságrendben fog különbözni az előbbitől, egy olyan törvénynek megfelelően, amely csupán e két dolognak a perspektivikus térben elfoglalt helyzetkülönbségére hivatkozik, és nem utal semmi más dologra a világegyetemben.”

E. Szabó László „A nyitott jövő problémája” című könyvében egy olyan álláspontot fejt ki, amelyik tagadja, hogy a kauzalitás visszavezethető lenne a természeti törvény és a tudományos magyarázat fogalmaira, és felvázolja a kauzalitás ontológiai elméletét, amit ugyan nem vall, de ami a könyvében fellelhető összes kauzalitás-értelmezések között az egyetlen, ami összhangba hozható a kvantumelmélet előtti, de Einstein speciális relativitás-elméletét elfogadó makroszkopikus fizikai felfogással, sőt abból ered. Mielőtt rátérné a kauzalitás ontológiai elméletére, röviden ismertetem azokat a konkurens, vagy előd-elméleteit, melyeket E. Szabó a Nyitott jövőben megemlít.

Az okság *episztemikus* felfogása szerint: „egy A esemény oka a B eseménynek, akkor, ha létezik egy olyan T természeti törvény, (vagy törvények rendszere), amiből és A-ból logikailag következik B.”

A kauzalitás ezen értelmezése legalább két problémát okoz. Az egyik, hogy természeti törvénynek tekinthetjük-e az olyan, nyilvánvalóan igaz modellek tételeit, mint a családtervezés-elmélet. (Ha igen, akkor eseménynek kell tekintenünk az olyan eseteket, mint pl. Ha nagynénémnek gyereke születik Hondurasban, akkor én Budapesten azonnal nagybácsivá változom.) B ugyan logikai következménye A-nak és egy T elméletnek, de mégsem tekintenénk az A és B közötti viszonyt kauzális kapcsolatnak. Másrészt, Hume szerint, aki elsőként határozta el a kauzális viszonyt a logikai következtéstől, azt az esetet, ha A-ból és a logikai axiómákból, mint T elméletből logikailag következik B, nem tekinthetjük valódi kauzális kapcsolatnak. Mint mondja, lehetségesnek kell lennie, hogy A és B egymástól függetlenül is létezzenek. Ez utóbbi gyakran olyan esetekben sem áll fenn, amikor A-ból és a logikai axiómákból önmagában nem következik B, de A-ból, a logikai axiómákból és egy T természeti törvényből következik B. Erre jó példa, hogy ha egy autó sebessége kétszeresére változik, akkor mozgási energiája négyszeresére nő. Mégsem tekinthetjük az autó sebessége és energiája közti viszonyt kauzális kapcsolatnak. Sőt, vannak olyan, *modus ponens* formájú fizikai levezetések, pl. Az impulzusmomentum megmarad. A műholdnak nincsen hajtóműve. A műhold távolodik a földtől. Tehát a műhold lassul., amelyek megfelelnek az episztemikus értelmezés követelményeinek, de, adott esetben a sebesség csökkenését nem tekinthetjük a távolodás kauzális következményének, azaz a *modus ponens* fennáll, de a kauzális viszony nem.

Harmadrészt egyáltalán nem biztos, hogy, ha vannak egyedi kauzális kapcsolatok, vagyis van valami „A rendezett eseményhalmaz, aminek következtében B egyedi esemény megtörtént”. („A oka B-nek”, ezt akkor mondhatjuk, ha van egy olyan modell, amiben az A-re jellemző mennyiségekből egyértelműen meghatározható egy bizonyos konkrét, az A kiterjedésétől függő kiterjedésű, téridő tartományban történt események minden olyan jellemzője, ami az A-ban ismert volt, és a B konkrét egyedi eseményeinek megfelelő B halmaz beletartozik ebbe, az A által determinált halmazba. Lehetséges, hogy vannak olyan kauzális viszonyok, amik nem visszavezethetőek természeti törvényekre. A kauzalitás episztemikus értelmezése, emiatt, az összes, lehetséges, valóságos kauzális kapcsolat halmazára nézve nem lesz teljes. Hume szerint a kauzalitást mindig szabályszerűségeken keresztül ismerjük fel, de E. Szabó arra figyelmeztet, hogy nem minden kauzális kapcsolatnak kell valamilyen szabályszerűségben kifejeződnie, vagyis, hogy a regularitás a kauzális kapcsolat felismerésének, és nem magának a kauzális kapcsolatnak a feltétele.

Az okság *modális* értelmezése szerint: „A téridő egy adott tartományában végbement A partikuláris esemény oka a téridő egy adott tartományában végbemenő B eseménynek, ha igaz a következő tényellenes állítás: „Ha A nem következett volna be, B sem következett volna be.”” Ez az ok szükségességének elve. A modális értelmezés szerint például az orosz mesében, mikor többen, köztük macskák, kutyák, és egerek húznak ki egy répát a földből, ezek együttes húzása okok egy

nem szükséges, de elégséges rendszerét alkotja, tehát mindegyik résztvevőre szükség van, de az egész pótolható lenne egy traktorral, a „répa kijött a földből” esemény oka nem lehetne sem a sok résztvevő együttes húzása, sem az, hogy egy traktor húzta, hanem az, hogy egy bizonyos húzóerőnél nagyobb erő hatott a répara. Az okság modális értelmezése összhangban van a fizikára támaszkodó értelmes kauzális magyarázatokkal, és megmagyarázza, miért jogos az okokra vonatkozó kérdésünk. A kauzalitás modális értelmezése függ a tényellenes kondicionálisok értelmezésétől, ezáltal attól is, mit tekintünk lehetséges világoknak. A tényellenes kondicionálisokat, pl: „Ha a kenguruknak nem lenne farkuk, felborulnának.” David Lewis szerint, akitől a modális értelmezés származik, ezt úgy kell értenünk, hogy „az olyan lehetséges világokban, amelyekben a kenguruknak nincsen farkuk, de minden más vonatkozásban olyan, mint a mi világunk, (amit Lewis aktuális világnak nevez), a kenguruk felborulnának.” Lewis a lehetséges világokat azzal korlátozta, hogy „a fizika lehet más a lehetséges világokban, mint az aktuálisban, de a logika és a matematika nem”. Ezt legalább kétféleképpen lehet értelmezni, úgy is, hogy a lehetséges világok nem lehetnek ellentmondásosak, és úgy is, hogy minden lehetséges világ hasonlít valamilyen matematikai struktúrára, ám egyik esetben sem lennének lehetségesek kauzális viszonyok, egyetlen ok-okozatra épülő magyarázatunk sem lehetne igaz, kivéve azokat az eseteket, amikor A-ból és a logikai axiómákból következik B, tehát azokat az eseteket, amiket Hume javaslatára nem tekintettünk kauzális kapcsolatnak. Ez azért van, mert a világból csak akkor távolíthatjuk el szabadon bármely elemét, anélkül, hogy ezzel megszüntetnénk, vagy lehetetlenné tennénk annak okozatait, (még akkor sem, ha azt az aktuális világ fizikai törvényekből levezethetjük), ha egyetlen esemény sem elégséges oka egyetlen másiknak sem, sőt nem lehet eleme kauzális faktorok egy elégséges de nem szükséges rendszerének sem. Lewis megszorításával, vagy anélkül, a lehetséges világok csak annyit kauzális viszonyt engednek meg az események között, amennyit azok a törvények magyaráznak, amikkel a lehetséges világok megalkotását korlátozzuk. Ha a logika és a matematika állításaival korlátozzuk az újrakombinálhatóság elvét, akkor pont azok a viszonyok maradnak érvényesek, amiket kizártunk a kauzális kapcsolatok köréből. Minden a lewisinél erősebb megszorítást önkényesnek tarthatnak azok, akik, esetleg pusztán logikai alapon elfogadják a lehetséges világok lehetőségességét. Mivel a kauzalitás modális értelmezése a lehetséges világok elméletén alapszik, ezen belül azon, hogy milyen világok lehetségesek, és ennek csak a logikával való korlátozásánál erősebb megszorítása esetén engedne meg kauzális kapcsolatokat, ráadásul csak olyanokat, amelyek egy, minden lehetséges világban érvényes természeti törvény egyedi esetei, következményei, ezért a modális értelmezést nem tekinthetjük a kauzalitás teljes elméletének.

Sem az ok szükségessége, sem elégségesége nem lehet igaz egy indeterminisztikus világban. Az a lehetőség, hogy a világ lehet indeterminisztikus is, indokolja a kauzalitás valószínűségi értelmezését.

Az okság *valószínűségi* értelmezése szerint A oka B-nek, akkor, ha  $p(A \wedge B) > p(A)p(B)$ . (és B egy szinkronizált koordinátarendszerben később, vagy legfeljebb egyidejűleg történik A-val, kiegészítés szerzőtől). Az okozat megtörténhet az ok nélkül is, sőt, fordítva, az is megtörténhet, hogy, bár bekövetkezik az ok, az okozat elmarad. Az A és B események közti ok-okozati viszony abban áll, hogy az ok bekövetkezése megnöveli az okozat bekövetkezésének valószínűségét. Ebben az értelemben a dohányzás tüdőrákot okoz. Ha eltekintünk A és B időbeli sorrendiségétől, a pozitív korreláció szimmetrikus viszony, a kauzális kapcsolat aszimmetrikus, tehát, mondhatják a valószínűségi értelmezés ellenzői, a kauzalitás valószínűségi értelmezése nem tükrözi a kauzalitásban megjelenő aszimmetriát. Fontosabb probléma, hogy egy  $p(A \wedge B) - p(A)p(B)$  korrelációt nem csak az magyarázhat, hogy a két esemény közül az előbbi a későbbi oka, hanem egy C közös ok is, amelyik egyidejű, vagy korábbi, mint a korábbi esemény.

H. Reichenbach szerint nincsenek véletlen pozitív korrelációk, minden pozitív korreláció mögött direkt vagy közös ok típusú kapcsolat áll. A sokaságon megfigyelt pozitív korrelációknak mindig létezik direkt, vagy közös ok típusú kauzális magyarázata. Vagyis, az eseménytípusok közti pozitív korrelációt az egyedi események közti direkt kauzális kapcsolat, vagy sok, egy eseménytípusba tartozó közös ok magyarázza. (Példa a közös okra: Az ionizált részecskék valamint elektronok

árama közös oka a villámlásnak nevezett fényjelenségnek, és a mennydörgésnek.) A kauzalitás valószínűségi értelmezésének csak olyan esetekben vehetjük hasznát, amikor egyedi események időbeli sokasága áll rendelkezésünkre, egymástól független események olyan sorozata, amelynek minden eleméről egyértelműen eldönthető, beletartozik-e egy  $A'$ ,  $B'$ , vagy  $C'$  eseménytípusba. Lehetségesek olyan esetek is, mikor  $B$  egyszerre direkt oka  $A$ -nak, és egy része része események egy olyan  $C$  halmazának, ami közös oka  $B$ -nek és  $A$ -nak.  $C$  csak akkor lehet közös oka  $A$ -nak és  $B$ -nek, ha  $C$ -re, vagy  $\neg C$ -re a korreláció eltűnik, vagyis amire  $p(A \wedge B/C) = p(A/C)p(B/C)$ , valamint  $p(A \wedge B/\neg C) = p(A/\neg C)p(B/\neg C)$ . Reichenbach közös-ok-elve olyan, nagyon erős, általános érvényességre igényt tartó állítás, ami csak empirikusan igazolható. A Reichenbach-féle közös-ok-elvet úgy tűnik, semmi nem cáfolja a hétköznapi tapasztalatban, egybeesik magyarázat iránti igényünkkel, és folyománya lenne a világ determinisztikus és folytonos voltának, főleg, ha tágan értelmezzük az esemény fogalmát, és eseménytípusnak fogadjuk el, hogy valamilyen természeti törvény érvényes a téridő valamilyen tartományára. A Reichenbach elvet a tapasztalat igazolhatja, de ha levezethető egy modellből, ami összhangban van a kvantumelmélet előtti fizikai világgéppel, akkor egymást kölcsönösen valószínűbbé teszik. E. Szabó szerint van olyan fizikai jelenség, ami rácáfol a Reichenbach-elvre, de ez tudomásom szerint a kvantummechanika jelenségkörébe tartozik. Ezen írás szerzőjének az a véleménye, hogy az érzékelhető világnak létezik olyan, nem teljes, de elég széleskörű „fizikai” leírása, magyarázata, ami nem vesz tudomást a kvantumjelenségekről, vagy a kvantumelmélet szerint véletlen jelenségeket olyan eseményeknek tekinti, amiknek van racionális, oksági magyarázata, amik mögött egy, még nem ismert, de elvben megismerhető kauzális viszony áll. Szerző némileg naiv, tudomány és racionális rekonstrukció előtti nézete szerint a hagyományos fizika jó közelítéssel beválik az olyan jelenségek magyarázataként, amik érzékelhető léptékűek, és nem kifejezetten a világ nem-folytonos vagy véletlenszerű jellegének bemutatására szolgáló kísérletek. Szerző gimnáziumi tanulmányai során elhitte, hogy minél közelebről, minél részletesebben figyeljük meg a természetet, annál valószínűbb, hogy olyan eseményekkel találkozunk, amiket eddig csak a kvantumelmélet magyarázott meg, vagy amiket a kvantumelmélet sokkal jobban megközelít, mint a determinisztikus és folytonos világot tételező fizikai elméletek.

A kauzalitás *ontológiai* értelmezése szerint: a világ lokális, determinisztikus, és markovi tulajdonságú, sőt a téridő minden tartományában történik valami. Ez utóbbi feltétel megenged folytonos és úgynevezett diszkrét változó világokat is. (Diszkrét változó például egy elektron energiaszintje, a pálya alakja, a közölt energia függvényében. Ha kisebb energiát közlünk egy atommal, mint az adott és a következő energiaszint különbsége, az energia nem nyelődik el. Diszkrét változó például Hume szerint az idő és a tér ideája is, vagyis minden időtartam valamilyen legkisebb, véges hosszú ideig tartó időtartam egész számú többszöröse, minden kiterjedés egy legkisebb, véges kiterjedés többszöröse. Hume az ideákat az érzékelésből származtatja, és az érzékelés, valóban diszkrét értékekre képezi le az ebből a szempontból folytonosnak tekinthető világot, van legkisebb érzékelhető távolság, aminél sűrűbb pontsorozatokat már görbének vagy foltnak látunk, és van olyan legkisebb időintervallum, aminél ha kevesebb idő telik el két esemény között, akkor egy eseménynek látjuk/halljuk. Természetesen a látás és a hallás által érzékelhető legkisebb időtartam különböző.) A kauzalitás ontológiai elmélete összhangban lesz E. Szabó azon nézetével, amit a valószínűség fizikalista értelmezésének nevez, és ami szerint a valószínűség hagyományosan értelmezett fogalma teljesen elhagyható a természettudományokból. Ez azért tűnhet szükségesnek, mert a valószínűség nem teljesen ugyanolyan tulajdonsága a fizikai eseményeknek, mint az időtartamuk, vagy egy fizikai entitásnak az esemény során fellépő összes energiaváltozása, és egyáltalán nem úgy viszonylik az eseményhez, mint ahogy pl. egy tárgy hőmérséklete a tárgyhoz. Ennek ellentmondani látszik, hogy egy idealizált fizikai rendszer, pl. gáz entrópiája egyrészt kiszámolható olyan adatokból, mint a hőmérséklet, a gáz nyomása, a molekulák száma, másrészt egyenlő a gáz adott entrópiához tartozó állapota valószínűségének logaritmusával. E. Szabó tézise szerint „nincs az eseményeknek olyan tulajdonsága, amely a valószínűségnek felelne meg. Amit valószínűségnek nevezünk, az nem más, mint egy, a dolgoknak az adott

eseményhez megfelelő/kedvező állását jellemző fizikai mennyiség.” Ezen értekezés szerzőjének naiv, tudomány előtti meggyőződése szerint, minél nagyobb részét vesszük bele a világnak egy esemény környezetébe, minél pontosabban határozzuk meg a környezet állapotát, annál pontosabban tudjuk meghatározni az adott esemény valószínűségét. Ha magához az eseményhez hozzávesszük a környezet mind nagyobb tartományának az adott partikuláris eseménnyel összeférhető állapotait, az így konstruált, az eredeti eseményre nézve kedvező események relatív gyakoriságának összege az eredeti esemény valószínűségéhez tart. Ha modellünk mind nagyobb és nagyobb részét írja le a világnak, a világ egyre nagyobb részét értjük, tehát egyre nagyobb részét vehetjük egy adott szempontból gyakorlatilag izoláltnak. Viszont minél pontosabban határozzuk meg, mit értünk kedvező esemény alatt, az annál ritkább, valószínűtlenebb lesz, míg végül a világ egy olyan állapotát értjük majd kedvező esemény alatt, ami mellett az esemény megtörténhet. Ha tehát az esemény alatt a világ egészének azon állapotait értjük, ami mellett az eredeti esemény megtörténhet, akkor az esemény valószínűsége egy adott  $t$  időpontban, determinisztikus világot alapul véve 0-hoz, vagy 1-hez tart, minél tágabb környezetével azonosítjuk az eseményt. E. Szabó ezt a valószínűségről szóló ötödik tézisében vitatja. E. Szabó E. Szabó második tézise szerint: „A „valószínűség” elnevezést csak gyűjtőfogalomként szabad használnunk. A valószínűség más és más konkrét, fizikai szituációkban más és más fizikai mennyiségekből képzett, dimenziótlan mértéket takar.” E szerint nem állíthatjuk, hogy egy esemény valószínűsége általában megegyezik az adott eseményhez tartozó eseménnytípusba tartozó események relatív gyakoriságával. E. Szabó ötödik, legfontosabb, meglepő tézise a valószínűségről: „A valószínűségnek nevezett fizikai mennyiség értékét nem befolyásolja, hogy az a folyamat, aminek eredményeképpen egy egyedi esemény megtörtént, determinisztikus-e vagy sem. Továbbá, a priori nem állíthatjuk, hogy ez az érték csak 0 vagy 1 lehet, csupán azért, mert a folyamat determinisztikus.” Ez utóbbi tézis ellentmond ezen értekezés szerzőjének intuíciójával, mi szerint ha teljesen pontosan ismerjük egy esemény körülményeit, akkor a véges és determinisztikus világ valamilyen  $t$  időpontban vett állapotáról egyértelműen eldönthető, hogy lehetséges-e az adott állapot mellett az adott eseménnytípusnak megfelelő egyedi esemény az adott  $t$  időpontban. Általánosságban: a determinisztikus világ egy állapotáról mindig eldönthető, megengedi-e az adott eseménnytípusnak megfelelő egyedi esemény bekövetkezését. Szerencsére a kauzalitás ontológiai elmélete, legalábbis felületesen szemlélve, nem függ E. Szabó ötödik tézisétől, annak igazságától függetlenül összhangban van a relativitáselmélet utáni, de kvantummechanika előtti fizikával és hétköznapi tapasztalatainkkal, sőt azzal a, tévesen analitikusnak tekintett mondattal, hogy „minden változásnak megvan a maga oka”.

A kauzalitás ontológiai elmélete szerint:

1. Az elemi fizikai történések mindig partikulárisak. (E. Szabó szerint az összetett események közti kauzális viszony mindig visszavezethető az összetett dolgok elemi alkotórészei közötti kauzális viszonyokra, például két, véges tömeggel rendelkező test közötti vonzás igazi kauzális magyarázata az, hogy a testek tömeggel rendelkező részei között a gravitációs kölcsönhatást közvetítő részecskék vagy hullámok terjednek, és elnyelésükkor a tömeggel rendelkező test a kibocsájtó test irányába mozdul.) Kauzális viszonyt csak partikuláris események közt tételezhetünk fel, vagyis az univerzum történetének olyan elemi történései között, amiknek meghatározott téridőbeli helye és helyzete van. Amikor eseménnytípusok közt regularitást tapasztalunk, akkor mindig arról van szó, hogy az egyik eseménnytípusba tartozó egyedi, partikuláris esemény áll kauzális kapcsolatban egy másik típusba tartozó partikuláris eseménnyel. A partikuláris események közötti kauzális kapcsolat okozza a regularitást, és nem fordítva, mint az episztemikus értelmezés szerint.
2. Van a világban olyan, hogy oksági kapcsolat, és ok-okozati viszony. A kauzális kapcsolatot mindig a négy, ismert alapvető fizikai kölcsönhatás, (gravitáció, elektromágnesesség, gyenge kölcsönhatás (neutron bomlik protonra, elektronra és még valamire eseményeket magyarázza), erős kölcsönhatás (atommagok bomlása és egyesülése, neutron bomlása protonra és még valamire, stb. eseményeket magyarázza) valósítja meg. Ezen értekezés szerzője szerint ez ellentmond annak a Neumann János által felállított tételnek, miszerint a kvantummechanika által leírt véletlenszerű folyamatok nem vezethetők vissza

determinisztikus folyamatokra. A kauzalitás ontológiai elmélete, mivel determinisztikus világot tételez fel, nem összeegyeztethető a kvantummechanikával, ami szerint a mikrofizikai történéseit alapvetően valószínűségi törvények írják le. Ennek ellenére talán megállja a helyét, mint a világ érzékelhető tartományába tartozó számos jelensége leírásának mintája, eseménye kauzális magyarázatának sémája.

3. A téridő minden tartományában történik valami.
4. Einstein speciális relativitáselmélete, pontosabban a téridő Minkowski-féle modellje helyes. Ez azzal alapozható meg, hogy a relativitáselmélet kiinduló téziseinek: „a fénysebesség határsebesség, a fény sebességét minden egy inerciarendszerhez képest állandó sebességgel mozgó rendszerben ugyanannyinak,  $c$ -nek mérik, a relativitás elve, vagyis, hogy egy inerciarendszerhez képest  $v$  sebességgel mozgó koordináta-rendszerből nézve ugyanolyannak mérjük/látszik az előbbi rendszer, mint az előbbiből nézve/mérve az utóbbi, továbbá, hogy a fizikai törvények ugyanolyan alakúak a hozzánk képest állandó,  $v$  sebességgel mozgó rendszer megfigyelője számára, mint a mi inerciarendszerünkben, végül, hogy a hozzánk képest álló és állandó  $v$  sebességgel mozgó koordináta-rendszer óráit szinkronizálhatjuk egyazon fényjel segítségével, úgy, hogy a megfigyelők  $r/c$ -re, és  $r'/c$ -re állítják óráikat” egyikét sem cáfolta meg a tapasztalat. Ezekből az elvekből, mint axiómákból kiindulva levezethető, hogy egy, pontszerű téridőbeli eseményt, amit a mi rendszerünkben egy  $(x, y, z, t)$  vektor jellemez, a mi inerciarendszerünkhöz képest képest állandó,  $v$  sebességgel mozgó koordináta-rendszerben milyen  $(x', y', z', t')$  adatok jellemeznék. A két koordináta-rendszerbeli helyzetet meghatározó Lorentz-transzformáció levezethető a speciális relativitáselmélet axiómáiból is, és szerző tudomása szerint ez az egyetlen levezetés, amelyik nem tartalmaz olyan kifejezést, ami a magyar gimnáziumokban tanított matematika segítségével nem érthető meg. A négydimenziós világban, két esemény, A és B térbeli távolsága a mi, K rendszerünkben:  $(\sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2})$  nem egyenlő hozzánk képest  $v$  sebességgel mozgó K' rendszerben mért távolságával:  $(\sqrt{(x'_A - x'_B)^2 + (y'_A - y'_B)^2 + (z'_A - z'_B)^2})$ , és A és B időkülönbsége a K rendszerben:  $(t_A - t_B)$  nem egyenlő a K' rendszerben mért  $(t'_A - t'_B)$  időkülönbséggel. Bármilyen inerciarendszerben állandó viszont a speciális relativitáselmélet szerint A és B ívelemnégyzete, vagyis az  $(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2 - c^2(t_A - t_B)^2$  mennyiség. Ennek állandóságát az garantálja, hogy egyik inerciarendszerről a másikra Lorentz-transzformációval juthatunk, ami mellett az ívelemnégyzet csakugyan ugyanakkora marad, bármilyen  $v < c$  sebességgel mozog is egy inerciarendszerhez képest a K' rendszer. Az, hogy két esemény, A és B ívelemnégyzete pozitív, negatív, vagy 0, egyértelműen meghatározza, milyen viszonyban lehetnek egymással. A táblán látható ábra illusztrálja (fénykúpok), hogy az origóhoz, az „itt és most”-hoz képest negatív, pozitív vagy 0 ívelemnégyzetű események hol helyezkednek el a négydimenziós tér egy kétdimenziós szeletében. Azok az események, amelyeknek az Origótól számított ívelemnégyzete pozitív, egyidejűek az Origóval, a 0-val, a koordináta-rendszer egy olyan P pontján, amelyik az origót a szóban forgó A esemény helyével összekötő egyenesen fekszik, és amire igaz, hogy  $(r_P(0) - r_P(A)) = (t_A)c$ , sőt, egyidejűek az Origóval egy az előbbi ponton átmenő olyan hiperbola mentén, mely szimmetrikus az A helyét az Origóval, 0-val összekötő egyenesre. A téridő azon tartományát, amelyek Origótól vett ívelemnégyzete pozitív, az „itt és most”-tól térszerűen szeparáltaknak mondjuk. Ez azt jelenti, hogy az ebbe a tartományba  $(C(0,0,0,0))$ , tartozó események nem lehettek, nem lehetnek kauzális hatással az „itt és most”-ra, mivel a fény sebességénél gyorsabb hatás az ontológiai értelmezés alapelvei szerint nincs, és térbeli távolságuk nagyobb, mint az a távolság, amit a fény az adott eseményt jellemző idő alatt megtesz. Természetesen az „itt és most” sem lehet hatással a  $C(0,0,0,0)$  egyetlen eseményére sem. Az ábrán látható, hogy  $C(0,0,0,0)$  a  $0=t$  egyenesre szimmetrikus, egyaránt végtelen halmazt tartalmaz az „itt és most” kronológiai múltjából:  $K-(0,0,0,0)$ , és kronológiai jövőjéből:  $K+(0,0,0,0)$ , valamint az  $x=ct$  és  $x=-ct$  egyenesek határolják. Azok az események, amelyek az  $x=ct$ ,  $x=-ct$  egyeneseken belül jelennek meg koordináta-rendszerünkben, vagyis azok az



események, amelyeknek az Origótól számított ívelemnégyzete negatív, a  $t$  tengelyre szimmetrikus halmazban helyezkednek el. Az  $x=ct$  és  $x=-ct$  egyenesek négy részre osztják a téridőt. Az Origó  $J-(0,0,0,0)$ -val jelölt hátrafénykúpjába tartozik a kronológiai múlt minden olyan eseménye, aminek az Origótól vett ívelemnégyzete negatív. A  $J+(0,0,0,0)$ -ba és  $J-(0,0,0,0)$ -ba tartozók, alkalmas  $v$  sebességgel mozgó koordináta-rendszerben egyhelyűnek tűnnek. Az „itt és most” csak a  $J(0,0,0,0)$  fénykúp elemeivel lehet oksági kapcsolatban, a  $C(0,0,0,0)$  egyetlen elemével sem. Természetesen a  $J-(0,0,0,0)$  elemei hatással lehetnek az „itt és most”-ra, fordítva ez lehetetlen, és az „itt és most” hatással lehet a  $J+(0,0,0,0)$ -ra, fordítva ez lehetetlen.  $J(0,0,0,0)$ -nak és  $C(0,0,0,0)$ -nak egyetlen közös eleme van, az „itt és most”, az egyetlen esemény, ami az Origóval egyhelyűvé és egyidejűvé tehető egyszerre, aminek az ívelemnégyzete 0. Koordináta-rendszerünk minden olyan pontja, amelyiknek az ívelemnégyzete 0, egyidejű az „itt és most”-tal, az esemény helyszínén. Ezzel a tulajdonsággal a fénykúp palástjának pontjai rendelkeznek. A téridő minden eseménye elhelyezhető az ábrán, és vagy  $C(0,0,0,0)$ -ba, vagy  $J(0,0,0,0)$ -ba tartozik, vagy maga az „itt és most”.

5. A világ lokális: az „itt és most”-ra, bárhol is helyezkedik el az a téridőben, igaz, hogy csak a  $J$ -(itt és most) halmaz elemei lehetnek hatással rá, és az „itt és most” csak a  $J$ +(itt és most) elemekre lehet hatással.
6. A világ determinisztikus: van egy olyan  $f$  függvény, amely a világ egy  $t$  időpontbeli állapota, vagy  $t$ -nél korábbi állapotainak sorozata függvényében megadja a világ állapotát, egy véges  $dt$ -vel későbbi,  $t+dt$  időpontban.
7. A világ markovi: egy adott  $t$  időpontnál későbbi állapotai, adott  $t$  időpontbeli állapot mellett nem függenek a  $t$ -nél korábbi állapotoktól. Átfogalmazva: a rendszer korábbi állapotai a jövőbeliekre csak a jelenbelieken keresztül lehetnek hatással. Determinisztikus és indeterminisztikus rendszerekre egyaránt igaz lehet a markovitás. A Markov-tulajdonságra példa az érmefeldobások időbeli sorozata. A következő érmefeldobás csak az érme pöckölésének utolsó pillanatától fogva determinisztikus, onnantól fogva, hogy az érme megszűnt érintkezni kezemmel, és az akkori mozgásállapota, gyakorlatilag izoláltnak tekintve a körülményeket, teljesen meghatározza, hogy az érme fejjel lefelé esik, vagy fordítva. Ha az érme szimmetrikus, hiába búvölöm meg feldobás előtt, a végeredmény szempontjából csak az számít, hogyan dobtam fel. Ha egymás után százszor is fejre esik az érme, ha a feldobások egymástól függetlennek tekinthetők, annak a valószínűsége, hogy százegyedszerre is írás legyen, pontosan  $\frac{1}{2}$ , szimmetrikus érme esetén.

A kauzalitás ontológiai értelmezése szerint az „itt és most”, a  $(0,0,0,0)$  oka az összes olyan esemény, ami a  $J-(0,0,0,0)$ -ban történt, vagyis az „itt és most” oka az „itt és most” egész hátrafénykúpja. A markovitás miatt elég, ha a  $J-(0,0,0,0)$ -t csak egy, az  $x=ct$  és  $x=-ct$  egyeneseket metsző, a táblán látható ábrán  $S$ -el jelölt, folytonos görbe mentén ismerjük. A téridő egy, az Origót időben megelőző, az Origó hátrafénykúpjába simuló,  $b$  tartományában történeteket egyértelműen meghatározza az  $S$  görbe mentén történetek összessége. Ugyanígy, az „itt és most”, a  $(0,0,0,0)$  hatással lehet, sőt hatással van a  $J$ +(itt és most)-ban majdan történő események mindegyikére. E. Szabó így ír: „Bármilyen is történjék a téridő egy  $X$  tartományában, annak hatása van a téridő  $J+(X)$ -el jelölt tartományának egészére. Ha más nem, a legkisebb átrendeződése a térenergia-eloszlásnak, megváltoztatja a gravitációs tér tulajdonságait  $J+(X)$ -ben.” Az eseménytípusok közötti korreláció a partikuláris események közötti kauzális kapcsolatok, pontosabban az egyes partikuláris események és azok kauzális kapcsolatainak tulajdonsága. E ponton megjegyzendő, hogy a partikularitás önmagában nem jelent többet, mint hogy az események meghatározott téridőbeli koordinátákkal és helyzettel jellemezhetőek, nem kell minden eseménynek egyedinek lennie, elég, ha eseménytípusok egy meghatározott téridőbeli helyzettel jellemzett kombinációja, vagyis hogy eseménytípusok által megadott eseményhalmazok metszetébe tartozik, és itt és itt, ekkor és ekkor történik egy meghatározott koordináta-rendszerben.

Az okság ontológiai értelmezése mellett Reichenbach közös-ok-elve automatikusan igaz, minden két, vagy több korreláló eseménytípusra. Az ontológiai értelmezés, mint ezt a táblán látható

második ábra mutatja, még az olyan, nem egyértelmű esetekben, mikor B egyszerre direkt kauzális kapcsolatban van A-val, és része A és B, C közös okának is egyértelműen meghatározza A és B közös okainak halmazát, ezt az ábrán  $\lambda_{AB}$  jelöli, és ez az S görbe azon pontjainak halmaza, amelyek egyszerre lehetnek hatással A-ra és B-re. A kauzalitás ontológiai elmélete tehát kezelni tudja az olyan eseteket is, mikor egyszerre van két esemény között direkt, és közös-ok típusú kauzális kapcsolat. Jelen értekezés szerzője szerint az okság ontológiai értelmezése a kauzalitás egy, a hétköznapi józan ész elveivel, pl. „minden változásnak megvan a maga oka” és a kvantumelmélet előtti, klasszikusnak nevezett fizikával egyaránt összhangba hozható értelmezése, aminek az igazsága azon múlik, hogy a világ valóban olyan, amilyennek a speciális relativitás szerint tapasztalhatjuk, érzékelhetjük, mérhetjük, továbbá, ha a világegyetem determinisztikus és végül, ha markovi. Jelen értekezés nem tér ki arra, hogy mit jelentene a kauzalitás egy indeterminisztikus világban. Elsősorban azért, mert egyetlen lehetséges világ sem lehet minden részletében indeterminisztikus, ha van olyan pontja, ahonnan megfigyelhető. A világ megfigyelhetőségének feltétele, hogy legyenek kiszámítható részfolyamatai, különben nem tudnánk értelmezni a róla szóló adatokat, még akkor sem, ha azok nem érzékszervi adatok formájában lennének adottak, amely utóbbi esetnek feltétele, hogy a megfigyelő létezessen a feltételezett indeterminisztikus világban. Ha nem lennének kiszámítható részfolyamatok, nem tudnánk az eseményeket jellemző adatokat elhelyezni a téridőben, emiatt nem tudnánk leírni a világot. Ezért számúznunk kell az olyan világokat a lehetséges világok közül, amelyek pontról pontra változnak, és amelyekre nem teljesül Russell perspektíva-hasonlósági kritériuma. Végkövetkezésem tehát az, hogy egy lehetséges, indeterminisztikus világnak tartalmaznia kell determinisztikus, vagy legalábbis annak tűnő részfolyamatokat.

Kiegészítés: a kauzalitás ontológiai elméletéhez kapcsolódik Howard Stein tétele, ami egy tétel a speciális relativitáselmélet mellett a Minkowski téridőben. Sajnos a szerző által használt szövegszerkesztő nem tartalmaz formális logikai jelöléseket, ezért, az ívelemnégyzetet a determináltság, eldöntöttség fogalmával összekapcsoló fontos tételt nem tudta kimondani. Stein tétele, és rövid bizonyítása megtalálható a „Nyitott jövő problémája” A relativitáselmélet konzekvenciái című fejezetében.