

A kvantumoz szerkezetű agy és a topológikus tudat

A kvantummechanika felfedezése óta nagyon sok tudós felvetette már a kérdést, hogy vajon a kvantumvilág törvényszerűségei szerephez jutnak-e az agy működésében? S ha igen, akkor az agy lehetséges kvantumelmélete révén közelebb juthatunk-e a tudatosság kérdésének megválaszolásához? A jelen írásban ezt a két fontos kérdést fogjuk a mai ismereteinek fényében részletesen szemügyre venni, s felvázolunk egy olyan új logikai nyelvezetet, melynek segítségével a fenti két kérdést újszerű megvilágításba helyezhetjük, s általa lefektethetjük a gondolkodó, tudatos agy fizikájának alapjait.

Egy kvantumfizikus számára teljesen ésszerű a következő álláspont: mivel agyunk világunk része, s mivel alapját tekintve világunk törvényei kvantumozak, ezért az agyműködésnek is kvantum-sajátosságokkal kell rendelkeznie. A kvantumfizika sikerdiadala révén ma már szinte kétség sem merül fel érvényességét illetően, noha az általa napvilágra került ismeretelméleti és filozófiai problémák ma ugyanúgy érvényesek és megválaszolatlanok, mint nyolcvanöt évvel ezelőtt. Alkalmazásának köszönhetően a fizikusok mára teljesen átitatódtak az elképzeléssel, s mondhatni teljesen megrészegültek a hullámfüggvény dogmájának mindenható érvényességétől. A hullámfüggvény fogalmát egyes fizikusok manapság már nemcsak a kvantumfizika, de a fizika egészének általános és elsődleges fogalmaként kezelik, ami természetesen a gondolkodó agy fizikáját is magában foglalja. A hullámfüggvény fogalmát 1920-ban vezették be, s azóta nagy erőfeszítések folytak jelentéstartalmának tisztázására is. Ma a legtöbb fizikus úgy véli, hogy a hullámfüggvény mint eszköz szilárd alapot szolgál az alapvető fizikai problémák megoldásához. Számunkra azonban most nem is az a fontos, hogy a valóság értelmezése és leírása szempontjából a kvantumelmélet teljesnek vagy hiányosnak tekinthető-e, hanem az, hogy alkalmazhatósága érvényes-e az elme logikai szerkezetére és ezáltal az agy működésére?

Mint tudjuk a kvantumfizika sajátosságai, mint például az állapotok szuperpozíciója, teljesen értelmetlen eseményekhez vezet, ha megpróbáljuk a hétköznapi valóság szintjére átültetni – emlékezzünk csak a híres Schrödinger-macskája problémára. A kvantumelmélet jóslatai és a józanész közt feszülő ellentmondások felvetik bennünk azt a kérdést: vagy a logikánk nem helyes, vagy pedig a hullámfüggvény alkalmazása nem tekinthető egyetemes érvényűnek. A kvantumelmélet érvényességnek helyreállítása érdekében egyesek azzal a javaslattal éltek, hogy a szuperpozíció klasszikus szintű megszűnéséért az úgynevezett dekoherencia a felelős, mely a kvantumérés folyamataként áll elő, vagyis akkor, amikor a szóban forgó megfigyelt kvantumrendszert klasszikus szintre nagyítjuk. Ilyenkor a rendszert jellemző sűrűségmátrix átlón kívüli – képzetes – értékei lenullázódnak, lehetővé téve a rendszer klasszikus értelmezését. Kvantumkoherens állapotban ugyanezek az elemek nullától eltérőek, ami viszont előtérbe helyezi a kvantumoz sajátosságát, s így a rendszer klasszikus értelmezése lehetetlen. Ennek a megközelítésnek vannak természetesen előnyei, de továbbra is megválaszolatlanul hagyja azt a kérdést, hogy a kvantumelmélet a valóság teljes leírását nyújtja-e [3, 4]?

A kvantumelmélet megjelenése után nagyon sok tudós reménykedett abban, hogy segítségével végre talán fényt deríthetünk, és magyarázatot adhatunk az emberi elme és tudat talányára is. A gondolkodási és a kvantumoz folyamatok között megfigyelhető látványos azonosságok révén megszületett az agyműködés úgynevezett kvantumhipotézise, mely szerint a tudatosság az anyag azon kvantumsajátosságait tükrözi, melyekből az agy felépül. Így tehát

az olyan kvantumjellemzők, mint például a határozatlanság, spontán átmenetek, interferencia és alagútjelenségek az agy folyamataira is alkalmazhatókká váltak. Ennek értelmében az általános gondolkodási folyamat olyan kapcsolatban áll a logikai folyamatokkal, amilyen kapcsolat a kvantumfolyamatok és a klasszikus szint között található – ilyen például a kvantum-káosz bevezetése is [3]. Az így született elképzelések sikerei ellenére mégis azt mondhatjuk, hogy az agy kvantumos leírása nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Az ellentábor képviselői ugyanis jogosan hozhatják fel azon kételyeiket, melyek szerint az ilyen modellek nem szolgáltattak jól ellenőrizhető jóslatokat sem a kvantumos agy hipotézisének alátámasztására, sem annak tagadására.

Vajon valóban szükségünk van-e a kvantummechanikára az agy működésének magyarázatánál? Ma már tudjuk, hogy a több napig teljes sötétséghez szoktatott egyén képes a zöld színű fény egy fotonját is tudatosan érzékelni, ami azt jelenti, hogy az érzékelési küszöb elérte az egykvantumos szintet. Ha pedig az érzékszerveink képesek erre, akkor joggal feltételezhetjük, hogy az ennél is finomabb gondolati impulzusok érzékelése automatikusan kvantumos szinten zajlik. Az ilyen eredmények valójában csak tovább erősítették azon fizikusok hitét, akik már a kezdetek-kezdetén azzal a feltételezéssel éltek, hogy a tudatosság valójában kvantumos jelenség. A kérdés valójában a következő: megfogalmazhatóak-e a logikusan gondolkodó agy törvényei a hullámfüggvény alkalmazása nélkül? A hullámfüggvény leírást mellőző elképzeléseket azóta tekintik értelmetlennek a fizikában mióta Einstein Niels Bohrral folytatott, híressé vált vitájában alul maradt. Ma a legtöbb fizikus abban is egyet ért, hogy a kvantumos szuperpozíció leírása egyértelműen hullámfüggvény leírást igényel. Azonban August Stern mátrixlogikája igazolta, hogy a gondolkodás szuperponált sajátossága a hullámfüggvény fogalom nélkül is megalkotható [1, 2].

Ennek megértéséhez meg kell ismerkedjünk két alapvető valószínűségi-függvény fajtával: az egyik a kvantummechanikai valószínűségi-függvény, ami a komplex számok halmazán értelmezett, valamint a tenzoriális valószínűségi-függvény, ami valós értékű:

$$|\Psi\rangle \text{ és } |\zeta\rangle$$

Egy kétállapotú rendszer esetében tehát kétféle normalizációs szabály írható fel. Kvantumos rendszernél, például egy feles spinű részecskénél a komplex amplitúdókra érvényes négyzetes törvényt alkalmazzuk:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Egy klasszikus kétállapotú rendszer esetében viszont a lineáris normalizáció szabályát használjuk:

$$q + \bar{q} = 1,$$

ahol a q és a \bar{q} hagyományos valószínűségek. Míg a kvantummechanikában a valószínűségeket a valószínűségi amplitúdóból számoljuk ki, addig a mátrixelméletben közvetlenül, számolás nélkül származtathatók. Ennek értelmében tehát a kvantumos és a logikai jelenség abban különbözik egymástól, hogy négyzetes vagy lineáris normalizációt használunk. Vajon miért választott volna a természet két különböző normalizációs eljárást? Lehet, hogy valójában több szabály van, csak még nem ismerjük őket!

Az előbbiekből természetesen merül fel bennünk a kérdés: vajon milyen kapcsolat áll fenn a kétfajta valószínűségi függvény között? Ennek a kérdésnek a megválaszolásával jobban megérthetjük a kognitív logika és a kvantummechanikai Hilbert-tér közötti kapcsolatot is.

Tömören azt is mondhatjuk, hogy a kvantumfizika valójában a komplex valószínűségi amplitúdók elmélete. Mivel a valószínűség felírható így is:

$$\Psi\Psi^*=p,$$

ezért a Ψ -t a valószínűség i -edik vagy képzetes gyökeként is kifejezhetjük:

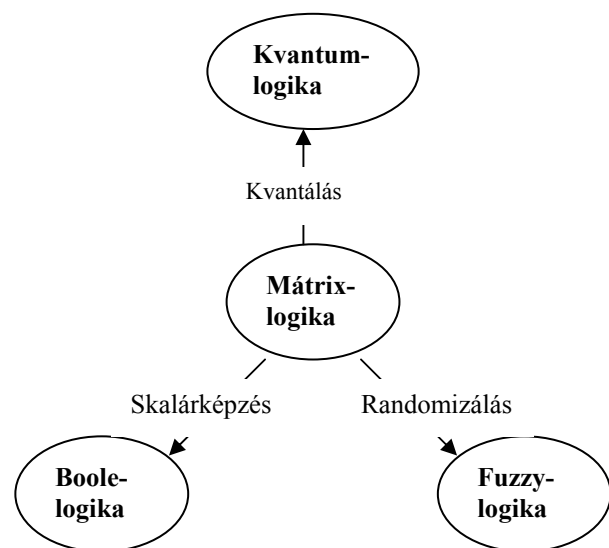
$$\Psi = \sqrt[p]{i},$$

amiből az következik, hogy a $|\zeta\rangle$ ebben az esetben elsődleges helyet foglal el a leírásban. Ám $|\zeta\rangle$ komponenseit is megkaphatjuk belső szorzatként, ami viszont megfordítja a prioritásokat, vagyis ekkor a Ψ lesz alapvetőbb:

$$|\zeta\rangle = \begin{pmatrix} \langle\Psi|\Psi\rangle \\ \langle\varphi|\varphi\rangle \end{pmatrix}$$

Ebből a leírásból fontos tények származtathatók. Eleddig a kvantummechanika a $\Psi\rightarrow p$ következményt vizsgálta. Az értelem elméleténél viszont ennek pontosan az ellenkezőjét, azaz a $p\rightarrow\Psi$ átalakulást, vagy ha általánosan akarunk fogalmazni a $p\leftrightarrow\Psi$ felcserélési szimmetriát, vagy a logikai érték és a komplex valószínűségi amplitúdók egymásba alakulását kell tanulmányoznunk. Az ilyen típusú szimmetria abban az esetben válik igazán fontossá, ha elfogadjuk azt a feltevést, hogy az emberi elme képes változást eszközölni a gondolkodó agy hullámfüggvényén. Vagyis a gondolkodó agy problémáját ezáltal leegyszerűsítjük a kvantum/klasszikus határ fizikai problémájára. A Hilbert-teret és a hagyományos valószínűség ζ terét felcserélő szimmetria egyúttal tehát a kvantumos állapotokat kell, hogy összekapcsolja a folytonos kontinuummal. A kvantumosról a klasszikus szintre történő átment viszont magyarázattal kell, hogy szolgáljon a diszkrét állapotok tudatkontinuumba való beágyazódására is. Ez a folyamat hasonlatos a mozgó film egymást követő álló kockáinak mozgás illúziójához. Azt is mondhatjuk tehát, hogy a tudat áramlata – a mozgó filmhez hasonlóan – egyfajta kvantumos illúziónak tekinthető, melynek hatására a külvilág és a szubjektív információk végül egy egységes értelmi folyamattá állnak össze. Mai ismereteink fényében pedig azt mondhatjuk, hogy maga a tudatosság elve, vagyis a képeket egymásba alakító állapot pedig akkor áll elő, amikor a tudat teljesen önviszonyuló, amit tiszta tudatosságnak is szoktak nevezni.

A kvantumállapotokat és a hozzájuk kapcsolódó logikai kijelentéseket tekintve tehát valódi célunk egy olyan összekapcsoló mechanizmus vagy elv feltárása, melyben az agy kvantumos állapotai egyúttal logikai kijelentések is. A Stern által felfedezett mátrixlogika rávilágít, hogy a határozatlanság és a szuperpozíció ebben a logikai szerkezetben teljesen makroszkopikus, azaz hullámfüggvény nélkül is értelmezhető [1]! A mátrixlogika nem mindennapi módon köti össze a kvantumfizikát a klasszikussal. Formáját, azaz nyelvezetét tekintve ugyanis ez a logika kvantumos szerkezetű, míg lényegét



tekintve klasszikus. Mivel a leírásában fontos logikai függvényeket diszkrét mátrixokkal vagy operátorokkal jellemezzük, ezért joggal várhatnánk, hogy minden egyes Boole-logikai érték, az operátorok hatására ismét konkrét értékbe és nem az egyes állapotok szuperpozíciójába megy át. Feltevésünk azonban a logika mátrixformalizmussal való leírásában nem helytálló. A művelet köztes értékei ugyanis gyakran nem engedelmessé válnak a hagyományos valószínűségi normalizáció törvényének és szuperponált állapotokat képviselnek. Ennek eredményeként a mátrixlogika olyan új típusú intelligens folyamatokat is engedélyez, melyeket az agy nem hajthatna végre, ha működését csak a klasszikus törvények irányítanák. A fentiek igazolására most nézzünk meg egy mátrixlogikai műveletet, melyben a 0 és az 1 Boole-logikai értékeket normalizált vektorként, a logikai függvényt pedig mátrixoperátorként írjuk fel – innen a mátrixlogika elnevezés is:

Ebben az az érdekes, hogy klasszikusnak számító információbitek kerültek szuperpozícióba a logikai mátrixformalizmusnak köszönhetően, ami a hagyományos hullámfüggvény leírásban

$$\langle 0 | \vee | 1 \rangle = (1 \ 0) \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = (1 \ 0) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = 1, \text{ ahol az } \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ képezi a szuperponált értéket.}$$

nem lehetséges!

A fenti javaslatok egyikében bemutattuk, miként származtatható a kvantum valószínűségi függvény a logikai valószínűségből vont *i*-edik vagy képzetes gyökvonás segítségével. Ez egy igen újszerű és elvont képzet, melyet mint elméleti kiindulási alap a legtöbb fizikus nagy ellenszenvvel fogadna. Már csak azért is, mert így a tudat diktálná a fizika törvényeit – ami viszont nagy támogatásra találna azon tudósok köreiben, akik már régóta feltételezték, hogy a végső valóságot a tudat képezi. Természetesen az előbbi feltevéseket, melyekre Stern jutott, kísérletileg is igazolni kell¹. A kvantummechanika egyik fontos törvénye a hullámfüggvény unitér fejlődése. Ennek elvetésére komoly érveket kell felhozni. Az egyik ilyen – Stern szerint – az agy működésének nem unitér jellege, ahol a linearitás nem érvényes. Míg a kísérleti kvantumfizikusok egyik célja a makroszkopikus Schrödinger-féle macskák ellentmondásos kimutatása, addig az agyban könnyedén megfigyelhetők, és szinte kérésre előállíthatók a kvantum szuperponált állapotok – lásd fenti egyenlet –, rámutatva: a gondolkodó agy belsejében a kvantumelvek sokkal tisztábban és közvetlenebbül észlelhetők, mint magában a kvantumfizikában. Stern harmadik érve pedig a nemkommutatív mátrixlogikában megvalósítható úgynevezett harmadik kvantálás, mely sikeresen áthidalja a kvantumleírás és a téridő között húzódo rést. Ennek lényege, hogy az időre is ugyanúgy felírható egy kommutációs reláció, mely révén az idő is a megfigyelhető fizikai mennyiségek sorába emelkedik [1, 2]. Vagyis ahogy a geometria révén a térbeli pontok közötti kapcsolat tanulmányozható – állítja Stern –, az időbeli okozati kapcsolatokat a logika, pontosabban a nemkommutatív mátrixlogika segítségével tárhatjuk fel és érthetjük meg. Ez a tudatos folyamat időbeli aszimmetriájára utal – erről Penrose is ír [4] -, miszerint a gondolkodás időben előre, míg a megértés időben visszafelé halad!

A fizikai rendszereket jellemző dinamikai egyenletek a rendszer azon állapotait szolgáltatják, melyeket fejlődése alatt az adott rendszer felvehet. Ehhez hasonlóan az értelem dinamikai egyenletei pedig azokat a lehetséges logikai kijelentéseket nyújtják, melyekre fejlődése alatt az adott értelmi rendszer juthat. Az ellenpéldák ellenére a legtöbb fizikus nem igazán hajlandó elfogadni a fizikai állapotok értelmi kijelentésektől való függését. A

¹ A meditációban – mint például a TM technika gyakorlása alatt – feltárt újszerű fiziológiai és tudati állapotok kísérleti eredményei komoly egyezést mutatnak a Stern által elméletileg feltárt elme és tudatminőségekkel, mely jó kiindulási alap lehet az említett igazoláshoz. Ugyanakkor a mátrixlogika formalizmusa kiváló nyelvezetet szolgálhat a magasabb tudatállapotok jellemzőinek értelmezésére.

mátrixlogika segítségével könnyedén áthidalható ez a pszichológiai küszöb, hisz itt a rendszer logikai kijelentései egyúttal a rendszer fizikai állapotai is egyben, és a két minőség alapvetően függ egymástól. A logikai és a fizikai állapotokat egymáshoz kapcsoló duális elv új megvilágításba helyezi az agy és az érzéki tapasztalatok kapcsolatát övező problémát. Eszerint a tudat teljes megértéséhez nem elegendő, ha csak az agy fizikai állapotára vonatkozó információkat gyűjtjük be, valamint az elmét sem érthetjük meg teljes egészében, ha csupán az általa megreformált és manipulált logikai kijelentések rendszerét vizsgáljuk. A helyes elméletnek egységesen kell tárgyalnia az állapotok és a kijelentések rendszerét. Az itt megadható dualitási elv szorosan kapcsolódik a fizika húrelméletei között felfedezett dualitáshoz, mely a tudat elvét valóban a teremtés alapvető szintjére helyezi – kifejtését lásd később. Mivel az agy fizikai működésének alapját a kvantummechanika képezi, ezért hasznosnak tűnt az értelem jelenségeit is erre a szintre helyezni, aminek értelmében, mint láttuk, a tudat elvét tisztán kvantumos sajátosságokból származtathattuk. Ugyanakkor az a felfedezés, miszerint a komplex értékű hullámfüggvényt levezethetjük a logikai valószínűségből vont i -edik, vagy képzetes gyökvonás segítségével, arra mutat rá, hogy a kvantummechanika valójában logikai következményként értelmezhető. Ez pedig újra felszínre hozza azt a kérdést, melyet 1934-es cikkében Einstein, Podolsky és Rosen megfogalmazott, miszerint a hullámfüggvény nem szolgáltathatja a valóság teljes leírását, mely most már nem csak a kvantumelmélet Bell-tétele által megvilágított nem-helyezkötöttség és elválaszthatatlanság révén válik világossá. Még nagyobb kihívást jelent ebben a kérdésben a topológiai jellemzőket mutató tudatosság még alaposabb vizsgálata, hisz a topológikus tudat egyszerre rendelkezik nem-helyezkötöttséggel és szingularitási vonásokkal.

Mint láttuk, az agy működésének kvantumos jellegét – Stern nyomán – jelen írásunkban úgy származtattuk, hogy kimutattuk azt a tényt, miszerint a valóságot egységesen értelmezni képes mátrixlogika a mátrixszorzás nemkommutatív jellege révén az elme és az intelligencia logikai folyamatait automatikusan kvantumos sajátosságokkal ruházza fel. Ez pedig azt feltételezi, hogy az ilyen típusú logikát kifejező anyagi szerveződés szintén hasonló sajátosságokat fog mutatni. Arra is rávilágítottunk, hogy a tudatosság elvét magába foglaló fizika ezt a két leírási formát egy duális szimmetria révén egységesen kell, hogy kezelje, ahol a szóban forgó szimmetria az agy geometriai és a tudat topológia sajátosságait kapcsolja össze. Ez az elv lenne a tudatos értelem elve, melyet tehát a topológia és a geometria közötti kapcsolat részletes vizsgálatával tárhatunk fel. Most nézzük meg, hogy a Stern-féle mátrixlogika révén miként vezethető le a tudat, pontosabban az öntudat elvének topológiai sajátossága.

A topológikus tudat

Az elme és a tudat sajátosságainak és törvényszerűségeinek mátrixlogikai vizsgálatával Stern arra a felfedezésre jutott, hogy az értelem, vagy következtetés szabadságfokai valójában a vákuum szabadságfokai [2]. Ezt képletesen a mátrixlogika implikáció és inverz implikáció operátorokkal a következőképp fejezhetjük ki:

$$\rightarrow^a = \rightarrow^0 \qquad \leftarrow^{a^*} = \leftarrow^0$$

A képletekben az a és a^* operátorok a kvantumtér-elmélet keltő és megszüntető operátorai. A fenti eredményeket látva Sternben felvetődött a kérdés: elképzelhető-e, hogy a mátrixlogika törvényszerűségeit követő tudatosság a virtuális vákuumrezgések érzékelése révén kiaknázza a vákuum nem-hermitikus sajátosságait? Ma már tudjuk, hogy ezek a rezgések valós, mérhető hatást fejthetnek ki az anyagra – ilyen jelenség például a Kazimír-effektus is, ami az agy esetében a szinaptikus rések működésében fejeződik ki! Ezen az úton haladva tehát Stern arra a következtetésre jutott, hogy a tudat valójában az információvákuumban megjelenő,

paritásszimmetria sértő szingularitás. Ennek értelmezésére Stern azzal a javaslattal állt elő, hogy a tudatosság egy olyan nem irányítható felületű topológiai jelenség, mely sérti az irányítható felületek topológiáját követő fizika törvényeit. Háromdimenziós térben az irányíthatóság kétoldalúságot jelent. A laboratóriumok információt gyűjtő berendezései a bemenő és kimenő jelek szempontjából topológiai értelemben ugyancsak kétoldalú felületek. Vagyis a jobb- és baloldali vektorszorzatok szimmetrikusak, azaz tükrözve őket az eredeti állapotba jutunk vissza. A tudatosság esetében azonban ez már nem igaz, hisz olyan forgatásokat is képes végrehajtani, melyek a tisztán geometriai sajátosságokat követő agyunk számára lehetetlenek. A tudatosság tehát egy olyan szingularitásnak tekinthető, melyet egy topológiai „torzulásként” képzelhetünk el a legjobban, ahol a tükrözési szimmetria sérülése miatt lehetővé válik az önmegfigyelés. A paritás vagy tükrözési szimmetria az anyag balos és jobbos tulajdonságait fejezi ki. A neutrínó kiralitásának felfedezéséig a fizikusok úgy gondolták, hogy a természetben a jobb és a bal irány egyenértékűnek tekinthető. S míg ez a legtöbb szerves molekulák izomerjeire és a kristályokra igaz is, addig a szerves molekulák minden esetben balos csavarodásúak. Ez a fajta szimmetriasérülés nagy léptékben is megfigyelhető. A legtöbb ember például jobbkezes, illetve agyunk jobb és bal féltekéi teljesen más funkciókat látnak el. Az élő rendszerek tehát sértik a paritásszimmetriát, mely sajátosság legmagasabb szinten a gondolkodó agy működésében és az öntudatosságban fejeződik ki. A kvantum-térelméletben a megmaradási törvény a töltés és a paritásszimmetria kombinációjaként áll helyre. Ugyanez azonban a tudatosságra nem mondható el, mely alapvető „egyoldalúsága” révén eredendő aszimmetriára utal. Ebből azonban az következik, hogy míg a szimmetrikus rendszerek képtelenek a fejlődésre és előbb utóbb felveszik az egyensúly állapotát, addig a tudat, az állandó kibillent egyensúlyi állapotnak köszönhetően folyamatos mozgásban van.

A gondolkodó, tudatos agy jelensége és megértése egy olyan új paradigma elfogadására kényszerít bennünket, mely elméletét tekintve sem a klasszikus, sem a kvantumfizikához nem sorolható. A tudatosság megértéséhez az információfizikának a ma létező elméletek keretein túlra kell tekintenie. Stern véleménye szerint a keresett új irányvonal a topológiában szunnyad. Ma már tudjuk, hogy az információnak és az energiának különböző formái léteznek: klasszikus és kvantumos, fizikai és biológiai. Emellett még létezik úgynevezett topológiai energia és információ is, melyet a kölcsönhatások terjedési sebességére kirótt fizikai feltételek nem korlátoznak. A topológiai tulajdonságok „tachion” jellegűek, vagyis terjedésük azonnali. Ennek tényét egy, az EPR paradoxonhoz hasonló gondolatkísérlettel lehet a legjobban bemutatni. Képzeljünk el egy kétdimenziós szalaghoz hasonló világegyetemet. Ha most a szalag végtelenében tartózkodó személy 180 fokban elcsavarná, majd összeragasztaná a szalag végeit, akkor az eredetileg irányítható felületű világegyetemünk hirtelen irányíthatatlan – Möbius szalag – felületűvé válna. Stern szerint ebben az úgynevezett topológiai fázisátmenetben található a tudatosság fizikájának gyökere is.

A részecskék és a terek valójában a fizika egyenleteinek megoldásaiként kezelendők. Ehhez hasonlóan a gondolatok pedig a logikai egyenletek megoldásai. A gondolkodó agy léte egyértelműen arra enged következtetni, hogy a két területnek együttesen is létezik megoldási halmaza, melyet az előbbi feltételezések szerint tehát a topológiában fedezhetünk fel. A topológia nyelve nemcsak a fizikában, de az agy kutatásban is teljesen újszerű. Einstein óta a legtöbb fizikus meg van győződve arról, hogy a fizikai erők törvényszerűségei tisztán geometriai sajátosságokból – ha kell akár a magasabb dimenziójú terek geometriájából – levezethetők. Mivel a geometria tudománya megelőzte a topológiát, így történelmi és oktatási okoknál fogva a világról, és vele együtt az agyról vallott nézeteink és elképzeléseink legfőképpen geometriaiak. Az amőba mozgását és a fejlődő embrió folyékony rugalmasságát figyelembe véve, azonban az az érzésünk támad, hogy az élő anyagok értelmezésénél, és

magánál a biológiánál a geometria törvényszerűségei nem elegendők. A geometria tudománya a térben elhelyezett alakzatok sajátosságaival, és magával a tér tulajdonságaival foglalkozik. Felépítésében alapvető fontosságú a távolság-invariancia vagy megőrződés fogalma. Ennek értelmében pontok egy nem üres halmazát metrikus, vagy távolsággal felruházott térnek nevezzük, ha a halmaz bármely két x, y pontjához hozzárendelhetünk egy $\rho(x,y)$ valós számot, úgy, hogy:

1, $\rho(x,y) \geq 0$ és $\rho(x,y) = 0$ akkor és csak akkor, ha $x=y$,

2, $\rho(x,y) = \rho(y,x)$,

3, $\rho(x,y) \leq \rho(x,z) + \rho(z,y)$ teljesül bármely x,y,z pontra. Ilyenkor a ρ függvényt metrikának, a $\rho(x,y)$ számot pedig x és y távolságának nevezzük. A metrikával tehát a tér geometriai vagy távolságfüggő sajátosságai adhatók meg, mely a fizikában való felhasználása szempontjából az általános relativitáselméletben érte el legérdekesebb formáját, aminek értelmében a gravitációs erő jelenségét a tömeg-energia okozta téridő görbületre, vagyis a tér metrikájának torzulására vezethetjük vissza. Emi Noether 1917-ben felfedezett tétele még tisztábban megvilágította előttünk a fizikai törvények geometriai sajátosságait. E tétel szerint ugyanis a fizika megmaradási tételei valójában alapvető szimmetriatörvényekre vezethetők vissza. Ennek értelmében például az energia- és a lendület-megmaradás tétele valójában a folyamatok időbeli és a térbeli szimmetriájára vezethető vissza. Az elektromos töltés megmaradása pedig a részecske hullámfüggvényének szimmetriájából származik, amit mértékszimetriának nevezünk. Általánosságban tehát elmondható, hogy az elektronhoz és a protonhoz hasonló töltött részecskék úgynevezett Noether-töltéseket hordoznak, vagyis egy olyan sajátosságot, mely geometriai szimmetriára vezethető vissza. A tárgyak tulajdonságai és jellemzői azonban nemcsak geometriai, hanem topológiai változtatások mellett is invariánsak maradhatnak. Az ilyen deformációkhoz tartozó megmaradási törvényeket topológiaiaknak nevezzük. A tárgyak távolságaival, alakjával és szögeivel foglalkozó geometriákkal ellentétben a topológust nem ezek a jellemzők foglalkoztatják, hanem azok, melyek révén például egy tórusz vagy gyűrű azonosnak mondható egy teáscsészével, hiszen a két objektum az anyag folytonossága mellett egymásba alakítható – ha a felépítő anyag kellően képlékeny. A topológiát éppen ezért gumilepedő tudománynak is szokták nevezni.



Az előbbi képlékeny egymásba alakítást, mint nyílt halmazok lefedésével való leírást, és vele együtt egy topológikus tér definícióját a metrikus térhez hasonlóan matematikailag a következőképpen adhatjuk meg:

Az X halmazt topológiai térnek nevezzük, ha a benne található T részhalmazok kielégítik a következő axiómákat:

1, Az X és a üres halmaz szintén elem a T halmaznak

$$\emptyset \in T \text{ és } X \in T$$

2, A T két halmazának metszete szintén T -ben található

$$X \in T, Y \in T \Rightarrow X \cap Y \in T$$

3, A T -beli halmazok tetszőleges uniója szintén T -beli halmaz

$$X \in T, Y \in T \Rightarrow X \cup Y \in T$$

A T -ben található halmazokat nyílt halmazoknak nevezzük, a T -t pedig az X halmaz egy topológiájának. A legújabb geometriai kutatások fényében ma már tudjuk, hogy a fizikai tárgyak és az algebrai geometria között szoros kapcsolat húzódik. A térben ugyanis

megfogalmazható egy függvényalgebra; a tér fölött értelmezett vektornyaláb ilyenkor az adott algebra fölötti projektív modulnak feleltethető meg; a keresett kohomológiát vagy kapcsolati rendszert pedig az úgynevezett de Rahm komplexusokból olvashatjuk le. Kutatásai révén Stern egy ehhez hasonló ám másfajta megfeleltetést fedezett fel, mely a logika elemeit kapcsolja össze a topológiával. Ennek a kutatási irányvonalnak az a fő feladata, hogy leírást szolgáljon a topológiai agyra, és annak intelligens logikát fenntartó működésére. Ma már tudjuk, hogy az értelem és a tudatosság tisztán neurofiziológiai magyarázata zsákutcába vezet. Az agy biofizikai és neuronális aktivitásának tanulmányozása nem adhat kielégítő választ a tudatosság mechanizmusának fontos kérdésére. Azok akik ezt a kérdést a neuronaktivitások mechanisztikus látásmódján, vagy az agyi elektromosságon, vagy a neurokémian, illetve a kvantummechanikán keresztül akarják megválaszolni gyakorta hasonlóan terméketlen talajra tévednek, mint azok, akik ugyanezt a problémát csakis a filozófia, a spiritualitás vagy a teológia nézeteivel próbálják megoldani. Az egyik legfontosabb észrevétel ezen a fronton: a gondolat, annak ellenére, hogy tapasztalata kapcsolatban áll az agyban zajló anyagi folyamatokkal, mégis megfoghatatlan, anyagtalan. Ennek ellenére az elvont gondolatok erőteljes fizikai hatást gyakorolnak az agyra. A szavak és a gondolatok mérhető változást idézhetnek elő az agyban, mely felerősített formában akár tudatállapot-váltást is előidézhetnek – gondoljunk csak a meditációkban használt mantrákra.

Mint azt fentebb már említettük, a fizika megmaradási tételei valójában szimmetriatörvényekre vezethetők vissza: az energia-megmaradás az időbeli szimmetriára, míg a lendület-megmaradás a tér izotrópiájára. Az ezekhez hasonló tulajdonságok, valamint a töltés vagy a tömeg valójában különféle geometriai sajátosságok miatt lehetnek megmaradó mennyiségek, éppen ezért metrikus töltésekként is definiálhatjuk őket. Ehhez hasonlóan Stern azzal a feltételezéssel élt, hogy a mentális vagy logikai tulajdonságok nem geometriai, hanem topológiai objektumoknak tekinthetők! Vagyis ennek értelmében a logikai gerjesztés erővonala egy oldhatatlan csomót eredményez az értelem absztrakt terében. Ennek köszönhetően nem disszipálódhat el és úgy viselkedhet akár egy részecske. Ehhez hasonló például a fizikában az úgynevezett mágneses monopólus, melyet eddig képtelenek voltak kísérletileg megfigyelni, noha mint topológiai csomó természetesen tűnnek fel a kvantumtérelméletekben. Manapság a fizikában csak a geometriai, vagy Noether-töltést hordozó részecskéket – mint például az elektron, a proton, a kvark – tekintik eleminek, míg a mágneses monopólushoz hasonló, topológiai töltést hordozókat származtatott töltéseknek tartják. Fontos itt azonban megjegyezzük, hogy a topológiailag nemtriviális térkonfigurációnak számító torzulások, mint például a szolitonok felcserélhetők a hagyományos kvantumokkal. Stern ebben az esetben arra is felhívja figyelmünket, hogy a tudat értelmezéséhez valójában egyáltalán nincs szükségünk a téridő fogalmára, mi több, ezen a szinten a téridő teljességgel megszűnik, helyette kétdimenziós topológiák tenzorszorzatát találjuk, akárcsak a húrelméletekben, ahol a klasszikus téridőt felváltja egy neki megfeleltethető kétdimenziós elmélet, mely a húrok mozgását írja le. A világvonalak helyébe világfelületek lépnek, a kölcsönhatások Feynman-diagrammaiban jelentkező hurkokat a renormálás révén eltüntetik, és a téridő már csak ezen kétdimenziós, információt rögzítő elméletből kifejezhetően létezik tovább – lásd holografikus elv.

Noha mindannyian közvetlen tapasztalatokkal rendelkezünk a gondolat fogalmát illetően, mostanáig még senkinek sem sikerült egyet sem izoláltan megfigyelnie. Egyszerre van mindenütt és sehol. A gondolat olyan az agy számára, mint a neutrínó a Világegyetem számára. Az agy felépítése rendkívül egyedülálló a benne megfigyelhető plaszticitás miatt, melynek révén az egyes területek funkcióját szükség esetén könnyedén átveheti egy másik terület. Ezt hallva a legtöbben azonnal a kvantumos nem-helyhezkööttség jelenségére asszociálnak, ám az igazat megvallva e mögött egy sokkal alapvetőbb képzet, mégpedig a topológiai töltések fogalma húzódik. Ennek megértéséhez azonban pontosan meg kell értük a

főntebb bemutatott a topológiai és a Noether-töltések közötti különbséget. A topológiai töltés valójában egy csomó, mely nem helyhez kötött, hisz az erővonal torzulásaként az egész vonalat jellemzi. Ezzel ellentétben a geometriai Noether-töltés helyhez kötött és a határozatlansági reláció keretein belül könnyedén lokalizálható a tér egy pontjában. Míg tehát egy elektron helyzete elvben könnyedén behatárolható az agyban, addig ugyanezt a gondolatról már nem mondhatjuk el. Amikor létrejön egy gondolat, valójában egy topológiai csomó keletkezik, ami definíció szerint tehát egy térben kiterjedt objektum. A matematikai törvényeknek engedelmességet természetéről tehát elmondható, hogy míg a fizikai agy esetében ezek a törvények – a kommutatív és a nemkommutatív terekben egyaránt – elsődlegesen geometriai jellegűek, addig az értelem szempontjából a mögöttes matematikai elmélet lényegét tekintve topológiai. Stern ennél egy kicsit tovább is megy, és azzal a kijelentéssel él, hogy a logikus értelem megértéséhez a geometria nem használható! A gondolat szerinte egy olyan topológia effektus, mely az agyhoz a dualitás elve révén kapcsolódik, akárcsak a mágneses monopólus, mely mint kollektív gerjesztés szintén duálisan kapcsolódik az elektromos töltéshez. A fizikai agyban tehát Noether-töltéseket találunk, melyek a neuronális közegben szabadon mozgó – felépítő elemeire bomló és újra felépülő – topológiai gerjesztésekké alakulnak át. A topológiai gerjesztéseket tehát a tudat alapvető kvantumainak tekinthetjük, melyek koherens hullámokat formálva haladnak át az agy neuronális anyagán. Ezek a hullámok topológiai energiát szállítanak, melyek a szinte klasszikusnak mondható terjedési régió ellenére teljesen megőrzik koherens mivoltukat, hisz a topológiai gerjesztés csak a koherens szuperpozícióban lévő *igaz* és *hamis* állapotok révén alakulhat ki.

A fenti modell agy-elme dualításra való alkalmazása tehát alapvető magyarázatot nyújthat a tudatosság kérdésére. Rávilágít, hogy a logikai agynak két egymással egyenértékű leírása létezik, melyben a geometriai és a topológiai töltések szerepe fordított jellegű, akárcsak a mágneses és az elektromos töltések térelméleti cseréjében. Az ilyen duális képben mindkét töltéstípus eleminek tekinthető, ahol az egyik a másiktól származtatható és fordítva. A kvantum-térelméletben az e töltéssel rendelkező elemi részecske egy $1/e$ töltésű szoliton-részecskével, mely leírás erőteljes matematikai egyszerűsödéshez vezet. A kvarkok elméletében például szinte lehetetlen megoldást találunk abban az esetben, amikor a kvarkok az erős kölcsönhatás révén hatnak egymásra. Az elméletben szereplő monopólusok – mint duális szolitonok – azonban csak gyenge kölcsönhatásban állhatnak egymással, s így a monopólusokra alapuló elméletben végrehajtott egyszerűsödött számításoknak és a dualitás elvének jóvoltából a kvarkokra feltett kérdésekre is választ kaphatunk.

Ezt az eljárást az agy működésére alkalmazva új elméleti kerethez juthatunk. A tudomány berkeiben már igen régóta próbálkoznak a tudat folyamatának megértésével, ahol a fizikai jelenségek mentálissá és a mentálisak fizikaivá alakulnak. A topológiai és a Noether-töltések közötti dualitás elve végre fényt deríthet a gondolkodási folyamat talányára, melyen keresztül a gondolat szabályozott változást idézhet elő az agy anyagi szerkezetén és fordítva. Amikor gondolkodunk az agyunk a gondolatok alapvető összetevőjének számító és „gyenge” kölcsönhatásban álló topológiai töltéseket alakít át egymásba. Az átalakítás megtörténte után pedig azonnal megkaphatjuk az „erős kölcsönhatást” végző neuronális agyra is a válaszokat.

A töltés valójában az általa közvetített kölcsönhatás erősségének mértékét fejezi ki, ám a fizikai és a logikai töltések a taszítás és a vonzás ellentétes törvényeinek engedelmességet. Az azonos Noether-töltéssel bíró részecskék, például két elektron, mint tudjuk taszítja, míg az azonos logikai töltések vonzzák egymást és végül egyesülnek, amit a logikai abszorpció törvénye fejez ki:

$$x \wedge x = x.$$

Az előbbiek fordítottjaként az ellentétes Noether-töltések vonzzák, míg a logikai töltések taszítják egymást, amit az ellentmondás logikai szabálya rögzít: $x \wedge \bar{x} = 0$.

A Pauli-féle kizárási elv értelmében két fermion – pl. proton vagy elektron – nem tartózkodhat egyszerre ugyanabban a kvantumállapotban, míg ugyanez a „logikai fermionokra” nem igaz. Ez a példa az elme-agy dualitás-elvének alapvető sajátosságára világít rá, mely elv az erős csatolású elméletet a gyenge csatolásúval kapcsolja össze – akárcsak a húrelméletek dualitása, mely az M-elmülethez vezet! Vagyis mindebből Stern a következőket vonta le: *a tudatosság egy olyan topológiai effektus, ahol az agy geometriai, míg az elme topológiai elvet követve végzi aktivitását.* Következésképp az agynak két egymáshoz képest duális elmélete létezik: az egészen napjainkig használt geometriai, valamint a Stern által kidolgozott topológiai elmélet. Amikor az agyat a Noether-töltések szempontjából tárgyaljuk, akkor a duális topológiai töltések származtatott mennyiségeknek számítanak. Ezzel szimmetrikusan azonban a topológiai töltéseket is vehetjük alapvetőknek és ekkor a biofizikai törvényeket mutató agy elektrofiziológiai jellemzői tekinthetők származtatottnak, amit képletesen így írhatunk fel:

$$\text{Topológikus töltés} \Leftrightarrow \frac{1}{\text{Noether - töltés}}$$

A topológiai töltés, mint a tudatosság fizikájának fogalmi alapja természetesen vezet el bennünket a töltést hordozó topológiai hullámok vagy áramok fogalmához. A töltések tehát olyan nemtriviális dinamikus topológiai konfigurációk, melyek cseréje hagyományos kvantumok formájában történik. A zárt információs húrokon (csomón) végighaladó topológiai áram – a differenciálgeometriai sokaságok és függvényalgebrák kapcsolatához hasonlóan – a gondolkodási folyamat mátrixlogikájaként fejeződik ki. Noha a csomók geometriai alakja más és más lehet, mindaddig míg ugyanazt a topológiai töltést képviselik ez a tényező lényegtelen. Jelenlegi ismereteink fényében a topológiai áramok (gondolatok) objektív valóságtól való izoláltsága miatt a hagyományos fizikai berendezésekkel történő kimutatásuk nem lehetséges. Amit ma megtehetünk az a hermitikus Noether-áramok megmérése, mely az agy elektromos és neurokémiai aktivitásának vizsgálatát takarja (fMRI, PET stb). Az előbbi dualitási elv révén azonban ez éppen elegendő, hisz ennek fényében meghatározhatjuk a duális topológiai áramlatok jellemzőit is, mi több ez utóbbiak a Noether-áramokon keresztül manipulálhatók és fordítva, mely effektus laboratóriumi kiaknázásának lehetősége a most felvázolt sterni nézőpont és elmélet révén nem is olyan távoli lehetőség.

Mint már utaltunk rá, a fenti dualitási modell szoros kapcsolatot mutat a húrelméletekben felfedezett dualitási elvvel és az M-elmülelettel, illetve az itt megjelenő kiterjedt objektumokkal vagy bránokkal is. E szerint a tudatosság egyesített elméletekbe történő beillesztése nem követel mást csak a logikai bránok vagy L-bránok Mátrix-elmüleletbe történő beágyazását, mely teljesen új fénybe helyezi a tudatosság valóságban elfoglalt helyét, illetve fizikai elméleteinket is újszerű megvilágításba helyezi. Ez a beágyazás a húrelméletek holografikus elvének – mátrix logikán keresztül – Mátrix-elmüleletre történő kiterjesztésével meg is tehető, mely elvezethet bennünket a logikai- vagy tudat-holomátrix elv megfogalmazásához, mely egyesíteni képes a topológikus mátrixlogikát és tudatosságot a geometriai agy szerkezetével. Ez utóbbi elméleti lépés a matematika számára is fontos következmény, hisz a nemkommutatív gyűrűk geometriával és topológiával való kapcsolatához hasonlóan (K-elmülelet), most ezeket az elképzeléseket a logika törvényeivel egyesíthetjük. Vagyis a logikai állítások rendszeréből és a logikai szabadságfokokból topológiát és geometriát származtathatnánk és fordítva. Ezt a fejleményt Stern a következőképp fogalmazta meg [1]:

Megfeleltetési elv: *A keltő és megszüntető operátorokkal megfogalmazott kvantum-térelméletek logikai kalkulussá alakíthatók.*

Bármely kovariáns logikai elmélet keltő és megszüntető operátorokat használó kvantum-térelméletté alakítható.

Mivel a keltő és megszüntető operátorokat használó térelméletek egyik mai értelmezése az úgynevezett kvantumholográfia elve, ezért a fenti dualitás a megfeleltetési elv révén holografikus módon is kifejezhető – innen származik a holografikus mátrix vagy holomátrix elnevezés is, mellyel a jelen cikk szerzője egészítette ki a mátrixlogika formalizmusát, hogy ezzel további lépéseket tegyen az egységes elméleti kép megalkotásához. Ez utóbbi elképzelés teljes körű megalkotását tűztük ki célul a Stratégiakutató Intézet elméleti és metaelméleti csoportján belül, melynek részleteiről itt az INCO oldalain és az intézet hamarosan megjelenő könyvein keresztül értesülhet a kedves olvasó.

Felhasznált irodalom

1. August Stern, *The Quantum Brain: theory and implications*, Elseiver Science, Amsterdam, 1994.
2. August Stern, *Quantum Theoretic Machines: what is thought form the point of view of physics*, Elseiver Science, Amsterdam, 2000.
3. Héjjas István, *BUDDHA és a részecskegyorsító: párhuzamok a tudomány és az ősi keleti tanítások között*, Édesvíz Kiadó, Budapest, 2004.
4. Roger Penrose, *A Császár új elméje*, Akadémia Kiadó, Budapest, 1993.

<http://www.inco.hu>