

*Jim Holt: Amikor Einstein Gödellel sétált. Kirándulás az értelem peremén. Typotex, 2019; ISBN: 9789634930556*

„Holt a tudomány, a matematika és a filozófia kiváló értője,  
aki az igazán nagy kérdéseket vállalja fel.”

Holt önmagáról: „Műkedvelő vagyok, aki mindig igyekszik valami újat tanulni, és elég jól megtanulni ahhoz, hogy világosan el tudjam magyarázni másoknak.”

Mindkettő forrása a Scientific American.

*Holtról a Typotex:* „Amerikai író, filozófus, esszéista. A New York Times, a New Yorker és a New York Review of Books állandó szerzője.”

Ismét egy kitűnő könyv, amely megmutatja, gondolkodni szerető emberre milyen nagy csapása a sorsnak, ha vak a matematika és a vele a modern tudományban teljesen egybefonódott fizika szépségeire. Egész világot veszít el, aki nem élvezi. Az ember gyarló: hevesen irigylí a szerencséseket, akik bejárhatják a Grand Canyont, Új-Zéland vadregényes tájait, Toszkána barátságos lankáit, városait. S már abból, amire e könyv révén ráérez, mardossa az irigység, micsoda világokat ismerhetnek meg a matematika értői. Az ilyen könyvek olvasásának további remek hozadéka, hogy a belőlük meríthető ismeretek mellett rengeteg kiindulást is adnak a gondolkodásra.

Hány más tudományág van, amelyben pusztán papír és toll tökéletesen elegendő ahhoz, hogy a zseni új területeket, vagy akár világokat fedezzen fel, s biztos tudást építsen ki azok kezeléséhez? Egy példa a könyvből: „Alexander Grothendieck létrehozta a tiszta matematika új stílusát, amely éppolyan gyümölcsözőnek bizonyult, mint amilyen szédítően elvontnak. Már jóval azelőtt, hogy 2014-ben a Pireneusokban egy távoli tanyán nyolcvanhat évesen meghalt, az utolsó fél évszázad legnagyobb matematikusának tekintették. *Grothendieck víziója a matematikáról új nyelvet fejlesztett ki* – ez akár ideológiának is nevezhető –, amelyen addig elképzelhetetlen gondolatokat lehetett kifejezni. Elsőként hirdette azt az elvet, miszerint egy matematikai objektum ismerete azt jelenti, hogy ismerjük a kapcsolatait az összes hasonló jellegű objektummal. Más szóval, ha szeretnénk megismerni a matematikai objektum valódi természetét, ne bele nézzünk, hanem azt figyeljük meg, hogyan játszik a társaival.” – Ez érdekesen összecseng a kvantummechanika koncepciójával, amely a kölcsönhatások szerepét emeli ki a megismerésben. Kiemelések a recenzió szerzőjétől.

*A matematika nyelve:* Ha részleteikben is érteni akarjuk az olvasottakat, olykor beleütközünk egy sajátos csapdába: a beszélt nyelv nem eléggé egzakt ahhoz, hogy mindig egyértelműen írja le a matematikát – így helyenként el-elgondolkozhatunk, mi is áll a szavak mögött. Látjuk azt is, hogy a modern világban nagyrészt a matematika a tudományok fejlesztésének, a megismerés elmélyítésének és kitágításának eszköze; az új felfedezések nagy hányadát a matematika segítségével érik el – ezért is nehéz, gyakran lehetetlen azokat sza-

vakkal leírni. Einstein „[h]arminc rövid oldalon teljesen újraírta a fizika törvényeit” – rajtunk áll, hogy megértjük! (Forrásmegadás nélküli idézetek a könyvből.)

*Holt e könyvről:* „A könyvben szereplő esszéket három szempont alapján válogattam ki. Először is az általuk közvetített *gondolatok mélysége, erőteljessége és pusztá szépsége miatt.* Einstein relativitáselmélete, kvantummechanika, csoportelmélet, a végtelen és az infinitezimális, Turing kiszámíthatóság-elmélete, Gödel nemteljességi tételei, prímszámok és Riemann-sejtés, igazságelmélet (és a felsorolás folytatódik – Osman P.): *mindezek az általam megismert legizgalmasabb – és leginkább alázatra készítő – intellektuális teljesítmények közé tartoznak.* (Ha elég sokat megértünk a könyvből, ez minket is nagy alázatra készítet a tudás e szédületes távlati és eredményei előtt – Osman P.) *Tanulmányaimban mindegyiket elmagyarázom.* Eszményem a koktélparti-beszélgetés: amikor a mély gondolatot szóra-kozottató módon, a lényegére lecsupaszítva közvetítjük egy érdeklődő barátunk. *A cél, hogy az újonc fejében világosságot gyűjtsünk,* de vigyünk a témába egy olyan csavart, amellyel a szakértő tetszését is elnyerjük. És persze soha ne untassunk.” – Alighanem az oktatás bűne, hogy – a született tehetségektől eltekintve – a legtöbbeknek a „matek” és a fizika szépsége felfoghatatlan. Holt érdekes képet ad, milyen jelentősége van itt a szépségnek. Amint írja: „A fizikában a szépség aranystandardja Albert Einstein általános relativitáselmélete”, s a kérdésre sok részlettel visszatér.

„*A második szempontom az emberi tényező.* A fenti eszmék emberektől származnak, akik igencsak drámai életet éltek. Nem voltak mentesek az abszurditásoktól sem.” Holt sokukat bemutatja, különleges embereket és életpályákat, kit rövidebben, kit hosszabban. Például, „A csoportelmélet szerzőjét, Évariste Galois-t párbajban megölték, mielőtt megülhette volna a huszonegyedik születésnapját. Az elmúlt fél évszázad legforradalmibb matematikusa, Alexander Grothendieck viharos életét kiábrándult remeteként fejezte be a Pireneusokban. A végtelen elméletének megalkotója, Georg Cantor kabbalista misztikus volt, aki elme-gyógyintézetben halt meg.”

„*Harmadik megfontolásom az esszék összeválogatásában filozófiai természetű.* Az általuk bemutatott gondolatok döntő befolyást gyakorolnak a világ legáltalánosabb koncepciójára (metafizika); arra, ahogyan tudásunkra szert teszünk és azt igazoljuk (episztemológia), sőt arra is, ahogyan életünket vezetjük (etika).

*Metafizika:* A végtelenül kicsi – az infinitezimális – ideája elvezet ahhoz a kérdéshez, hogy a valóság inkább egy hordó szörpre emlékeztet (azaz folytonos) vagy egy halom homokra (diszkrét). Einstein relativitáselmélete vagy kikezdi időfogalmunkat, vagy – ha Gödel zseniális érvelését el kell fogadni – teljesen meg is szünteti. A kvantum-összefonódás megkérdőjelezi a tér valóságát, és felveti annak lehetőségét, hogy ’holisztikus’ univerzumban élünk. Turing kiszámíthatóság-elmélete arra kényszerít bennünket, hogy újragondoljuk, hogyan keletkezik az anyagból elme és tudat.

*Episztemológia:* A legtöbb nagy matematikus állítja, hogy olyan absztrakt formák örök birodalmába lát bele, amelyek túllépnek a mi megszokott világunkon. Hogyan lépnek kapcsolatba ezek a tudósok e feltételezett 'platonikus' világgal, hogy matematikai tudáshoz jussanak? A megvitatást élénkítő új megközelítést alkalmazok, azt vizsgálom meg, amit egyetemesen a matematika legnagyobb megoldatlan problémájának tartanak – a Riemann-sejtést. A fizikusok is szívesen ápolnak romantikus képet arról, hogyan tesznek szert az ismeretekre. Ha nem rendelkeznek kísérleti vagy megfigyelésen alapuló bizonyítékkal, esztétikai intuíciójukra támaszkodnak – arra, amit a Nobel-díjas Steven Weinberg arcátlanul a fizikusok 'szépzérképének' nevez. A szépség = igazság egyenlőség a múlt század nagy részében jól kiszolgálta a fizikusokat. De nem lehet, hogy az utóbbi időben éppen ez vitte félre őket? Ezt a kérdést Húrelméleti háborúk című esszémben tárgyalom.

*Etika:* Ezek az esszék sok szempontból érintik az életvitelt. Az eugenika-programok Európában és az Egyesült Államokban, melyeket Sir Francis Galton elméleti spekulációi indítottak el, kegyetlenül illusztrálják, hogyan térítheti az etikát rossz útra a tudomány. (Holt okfejtése ebben a körben erősen vitatható – kezdve onnan, hogy e 'nyitánnyal' ellentétben aligha a 'tudomány' a bűnös – Osman P.) Szokásaink számítógép általi folyamatos átalakulása kapcsán pedig alaposan el kell tűnődnünk a boldogság és a kreatív beteljesülés természetéről (ahogy én az Okosabb, boldogabb, produktívabb fejezetben). És a szenvedésnek a világon mindenütt való jelenléte el kell, hogy gondolkoztasson minket arról, vajon milyen korlátaik vannak – ha vannak – a velünk szembeni erkölcsi elvárásoknak (ahogyan A morális szentségről című részben teszem)."

*Az olvasáshoz:* A matematika nagy ereje, hogy ami abban egyszer igaz, örökre igaz is marad. Az új eredmények nem teszik elavulttá a régebbieket, hanem kiegészítik azokat, vagy épp korlátozzák az értelmezési tartományukat. Mondhatni, az új eredmények magasabb szintűek, és „lefelé kompatibilisak”. E nagyívű áttekintésben a matematikai és az arra támaszkodó fizikai megismerés igen sok és sokféle esetét, eredményét, azok alkalmazását ismerhetjük meg. Lenyűgöző példákat kapunk, mennyi kreativitás jelenik meg ezek elérésében (s gyakran számunkra elkésztő példákat, mennyire más észjárással dolgoznak, mint ami belénk épült), s ennek segítségével miként képes a matematikus megbirkózni számunkra lehetetlennek tűnő feladatokkal – sőt, felismerni izgalmas vagy épp fontos feladatokat, majd gyakran a megoldások gyakorlati alkalmazási lehetőségeit ott is, ahol ez nekünk fel sem merül. Holt a matematika és a hozzá kapcsolódó tudományok világában mutatja meg, hogy „több dolgok vannak földön és egen, mintsem bölcselmetek álmodni képes”.

*Einstein és Gödel:* „Noha az intézet [a princetoni Institute for Advanced Study] többi tagja rejtélyesnek és megközelíthetetlennek látta a komor logikatudóst, Einstein azt mondta nekik, 'csakis azért a kiváltságért jár be az irodába, hogy Kurt Gödellel mehessen haza'. Ez azért is lehetett, mert Gödelt nem bántortalanította el Einstein hírneve, és nem habozott megkérdő-

*jelezni barátja ötleteit.* Az intézet másik tagja, a fizikus Freeman Dyson mondta: 'Gödel volt ... az egyetlen olyan munkatársunk, aki egyenrangúként járt-kelt és beszélt Einsteinnel.' Úgy tűnhetett, hogy Einstein és Gödel *magasabb síkon léteznek, mint az emberiség többi része.*"

Jöjjön most *pár karakteres mondat!*

„Ha létezik állítás *az időről*, amelyben minden tudományos irányultságú gondolkodó egyet tud érteni, az a nemtudós Hector Berlioznak tulajdonított szellemes megjegyzés: 'Az idő nagy tanítómester, de sajnos, minden tanítványát megöli.'"

„Amit Gauss felfedezett, 'az az érme volt, amelyet a Természet dobott fel, hogy a prímszámokat válassza' (a brit matematikus Marcus du Sautoy szavaival)."

„*A matematikusok, mint Hardy két motívumot ismernek:* az egyik a matematika művelésének a pusztá élvezete. A másik az az érzés, hogy olyanok, mint a csillagászok, akik a számok egy platóni kozmoszát kémlelik, egy kozmoszt, amely meghaladja az emberi kultúrát és minden más mostani vagy a jövőben lehetséges civilizáció kultúráját.” – S milyen finoman jelenik meg ebben az állítás, hogy a matematika világa objektíve létező valóság.

S már nyíltan is: „Hardy hozzáteszi: 'a 317 prímszám, de *nem azért, mert így gondoljuk*, vagy mert gondolataink inkább az egyik módon vannak alakítva a másik helyett, hanem *azért, mert így van, mert ily módon épül fel a matematikai valóság.*'"

„Amit megszámlalhatsz, azt számold meg” – Francis Galton jelmondata.

„Galtont tehát az eugenikába vetett hite arra készítette, hogy megpróbálja felfedezni az öröklődés törvényét. És *ez elvezette a statisztikához.*” – Merthogy a „sofft” tudományok gyakran a matematika révén nyernek egzakttságot.

„Természetesen *időről időre a tiszta matematika kutatásáról is kiderül, hogy vannak alkalmazásai. Az elméleti tyúk aranytojást tojik.* De az 'aranytojást tojó tyúk érv' (ahogy a harvardi történész Steven Shapin elnevezte) nem éppen az, ami a tiszta matematika művelőit vonzaná. G. H. Hardy a maga részéről kimondott megvetéssel viseltetett azon elképzelés iránt, hogy a 'valódi' matematikának bármiféle gyakorlati jelentőséggel kellene bírnia.” – Alighanem a mai világban, ahol a legtöbben „a piacról élnek”, beleértve a kutatóintézeteket is, Hardy eme elegáns távolságtartása mindinkább csak kevesek luxusává válik.

„A legfrissebb számítás szerint *a húrelméletek becsült száma 1, amelyet úgy ötszáz nulla követ.*”

„Azt mondják, hogy a posztmodern korszakban az esztétikának ott kell átvennie a stafétabotot, ahol a kísérlet kiszáll. Minthogy a húrelmélet nem méltóztatik közvetlenül tesztelhetőnek lenni, *igazságát szépségének kell garantálnia.*” – Ilyenre mondják, hogy „szép próbálkozás!”

„Az örökkévalóság hosszú idő, különösen a vége felé.”

*Párbeszéd hit és tudomány között:* „Amikor 10<sup>50</sup> évről esik szó, a teológusok szemei üveggé válnak.”

*Pár részlet kissé alaposabban:*

*A laikus értelem peremén* (ha nem épp túl is rajta) – Egy kis ízelítő, a híres-nevezetes *zéta függvény* kapcsán: [A prímszámok eloszlásának szabályait kutatva] „Riemann volt az, aki a véletlenszerűség illúzióján keresztül látott. 1859-ben egy tíz oldalnál rövidebb írásában egy sor olyan lépéshez folyamodott, amelyek feltörték a prímszámok rejtélyét. A zéta függvény-nyel kezdte. Euler ezt a függvényt csak 'valós' értékek felett látta. Riemann tovább merészkedett, bővítve a zéta függvényt a komplex számok bevonásával. Mivel a komplex számok két részből állnak, egy síkot alkotnak. Riemann úgy döntött, hogy a zéta függvényt erre a komplex síkra terjeszti ki. Ahogy kimutatta, *a zéta függvény a komplex sík összes pontjában meghatároz egy magasságot*. Így hatalmas absztrakt tájképet kapunk hegyekkel, dombokkal és völgyekkel, *amelyek minden irányban a végtelenbe nyúlnak – ez a zéta tájkép*. A legérdekesebb pontok a zéta-tájképen, amelyeket talált, a nulla magasságúak, a tenger szintjén levő pontok. Ezeket a pontokat nevezzük a zéta függvény nulláinak, mert megfelelnek azoknak a komplex számoknak, amelyek a zéta függvénybe behelyettesítve nullát adnak. A zéta függvény e komplex 'nulláinak' használatával – amelyekből végtelenül sok van a zéta-tájképen – Riemann csodálatos dolgot tudott tenni: ő alkotott meg elsőként egy olyan képletet, amely pontosan leírja, hogy a prímek végtelensége hogyan rendeződik el a számsorban.

*Ez a felfedezés metaforikus párbeszédet indított el a matematika és a zene között*. Riemann előtt a prímszámokban csak véletlenszerű zaj hallatszott. Most zenéjük hallgatásának új módja lett. *A zéta függvény összes nullája, amikor Riemann prim-képletébe kerül, egy tiszta zenei hanghoz hasonló hullámot hoz létre. Amikor mindezek a tiszta hangok kombinálódnak, a prímszámok harmonikus szerkezetét generálják*. Riemann megállapította, hogy a megfelelő hangjegy magasságát és hangerejét egy adott nulla pont zéta-tájképben elfoglalt helye határozza meg. Minél északabbra van a nulla, annál nagyobb a hangmagasság. És – ami fontosabb – minél keletebbre van, annál nagyobb a hangerő. Csak akkor, ha az összes nulla pont a zéta-tájkép viszonylag keskeny hosszirányú sávjába esik, lesz a prímszámok zenekara egyensúlyban úgy, hogy egyik hangszer sem fed el a többit. De Riemann tovább ment ennél. Miután a végtelen zéta-tájképnek csupán egy apró részén navigált végig, merészen kijelentette, hogy annak minden nullája pontosan ott sorakozik egy déltől észak felé tartó 'kritikus vonal' mentén. És ez az az állítás, amely később Riemann zéta-sejtéseként vált ismertté.” És „[a] prímszámok meghatározzák a zéta függvényt; a zéta függvény meghatározza a nulla pontokat; és a nulla pontok együttesen őrzik a prímek titkait. Erdős Pál, a legtermékenyebb modern matematikus híres kijelentése: 'Még legalább egy millió év beletelik, mire megérthetjük a prímszámokat.'” Holt viszont bemutat egy, a „kopernikuszi elvre” alapozott, igen szellemes prognosztizáló módszert, s ezzel ad becslést: „A Riemann-sejtés azóta nyitott, hogy körülbelül 160 évvel ezelőtt Riemann először vetette fel. Ez azt jelenti, hogy 95 százalékra bizonyos, hogy még legalább négy évig fennmarad nyitott problémaként, de megoldódik a következő hat évezredben – jóval hamarabb, mint a milliomodik év.”

Occam „alkalmazott” beretvája? „A legtöbb matematikus, aki ma ragaszkodik a Riemann-hipotézishez, elsősorban esztétikai alapon teszi: egyszerűbb és szebb, mint a tagadása, és a prímek ’legtermészetesebb’ eloszlásához vezet.” – S a szegény műszaki embert ismét mardossa a sárga irigység: hogy egyeseknek lehessen ilyen merészséggel állítani az igazság mi-benlétét, s nem félni, hogy rájuk dől az építmény! Szebb a retorta, mint a ferde torta?

*A tudomány kitölti a matematikában megnyílt lehetőséget:* „Riemann megdöntötte az euklidészi ortodoxiát, amely a matematikát, és valójában a nyugati gondolkodást két évezreden át uralta. Euklidész szerint egy pont nulla dimenzióval rendelkezik; egy vonal eggyel; egy sík kettővel; egy test pedig hárommal. Semminek sem lehet négy dimenziója. Továbbá az euklidészi tér ’lapos’: a párhuzamos vonalak soha nem találkoznak. Riemann mindkét feltevésen túllépett, átírva a geometria egyenleteit úgy, hogy azok bármennyi dimenziójú és bármilyen görbülettel rendelkező tereket le tudjanak írni. Mindeközben definiált egy tenzornak nevezett számkészletet, amely egy magasabb dimenziójú tér görbületét jellemzi annak minden pontján. Riemann *n*-dimenziós nemeuklidészi geometriája tisztán intellektuális találmány volt, amelyet a kortárs természettudomány szükségletei nem indokoltak. Hat évtizeddel később tenzorkalkulusa pontosan azt az eszközt szolgáltatta, amelyre Einsteinnek az általános relativitáselmélet kidolgozásához volt szüksége.”

*Az értelmezési tartományhoz:* „Riemann forradalmának azonnali hatása is volt: lerombolta a geometriának, mint a fizikai tér tudományának régi fogalmát. *Lehetségesé vált másféle térben létező világok végtelen sokfélesége; logikailag következetes elmélet alapján lehetett őket leírni, és így matematikailag reálisak voltak. Ez érdekes spekulációkhoz vezetett. El tudjuk-e valaha is képzelni az ilyen világokat? Milyen lehet ezek valamelyikében létezni? Vajon csak véletlen, hogy az összes lehetséges térbeli architektúra közül a három dimenziós világban élünk? Vagy – még vadabb ötlet – lehet, hogy háromnál több dimenziós világban élünk, de hasonlóan a Platón barlangjában lévő rabokhoz, túl tudatlanok vagyunk ahhoz, hogy ezt észrevegyük? ’Ha valaki az életét ennek szenteli, talán végül képet tud alkotni a negyedik dimenzióról’ – írta Henri Poincaré a XIX. század végén.”*

*A valóságban vagy az elmékben léteznek:* „Gödel hitt abban, hogy a matematikai absztrakciók éppolyan valóságosak, mint az asztalok és a székek – e nézet a filozófusok körében nevétségesen naivnak számított. Mind Gödel, mind Einstein ragaszkodott ahhoz, hogy a világ független a tudatunktól, de racionálisan szervezett és nyitott az emberi megértés számára.” – Valóban alapkérdés, amely sokszor megjelenik a könyvben is, különböző válaszokkal, hogy emberi alkotás-e a matematika. A mérlegeléshez: A „mit csinál a szél, amikor nem fúj” nyilvánvalóan abszurd kérdés. A kvantummechanika szerint a dolgok csak a kölcsönhatásokban nyilvánulnak meg – ráadásul, számunkra úgy és annyiban, ahogy képesek vagyunk megfigyelni ezt, s tudjuk, hogy a megfigyelés is visszahat a megfigyeltre. Viszont a 2+2 akkor is négy, ha senki sem számolja, amint a (2)<sup>10</sup> megfigyelő nélkül is 1024, és mindig annyi. Az már másik tény, hogy a matematikai valóságokat leírni igyekvő tudomány valóban emberi

konstrukció, annak minden esetlegességével. Ahogy a különféle népek sem attól vannak, hogy a néprajzosok felfedezték és leírták őket.

*Gödel forgó világegyeteme és az idő eliminálása:* „Amit Gödel talált, az egy korábban elképzelhetetlen világegyetem lehetősége. Az általános relativitás egyenletei különféle módokon oldhatók meg. Mindegyik megoldás valójában egy modellje annak, milyen lehet a világegyetem. Einstein, aki filozófiai alapon hitte, hogy az univerzum örökkévaló és változatlan, toldozta-foltozta az egyenleteit, hogy ilyen modellt eredményezzenek – ezt később ’legnagyobb baklövésének’ nevezte. Egy másik fizikus olyan megoldást talált, amely megfelel a véges múlt egy bizonyos pillanatában született, táguló világegyetemenek. Mivel ez a megoldás, amely Big Bang modellként vált ismertté, konzisztens volt a csillagászok által megfigyelttel, úgy tűnt, ez írja le a tényleges kozmoszt. (Mai elméleti fizikusok szerint a kvantummechanika törvényei kizárják a végtelen összehúzódást, így a szingularitást is, ennek minden kozmológiai következményével. L. Carlo Rovelli: A valóság nem olyan, amilyennek látjuk – Iparjogvédelmi és Szerzői Jogi Szemle 2020/2. sz. – Osman P.) Gödel az Einstein-egyenletek egy harmadik fajta megoldásával állt elő: ebben a világegyetemen nem tágul, hanem forog. (A forgásból származó centrifugális erő tart vissza mindent attól, hogy a gravitáció ereje alatt összeroppanjon.) Ezt a forgó univerzumot az teszi valóban furcsává, hogy – amint Gödel kimutatta – geometriája összekeveri a teret és az időt. Ugyanis Gödel univerzumának a lakója kellően hosszú úrhajó-körutazással saját múltjának bármely pontjára vissza tudna térni.

Einstein nem volt teljesen elragadtatva attól az újságtól, hogy egyenletei lehetővé tettek valami Alice Csodaországába illőt, mint amilyenek az időben visszahurkoló térbeli utak; bevallotta, hogy ’zavarja’ Gödel univerzuma. Más fizikusok csodálkoztak azon, hogy az időutazás látszólag összhangban áll a fizika törvényeivel. (Aztán aggódni kezdtek, hogy mi történne, ha valaki visszamenne a születése előtti időbe, és mondjuk, megölné saját nagyapját.) Gödel egészen más tanulságot vont le. Ha az időutazás lehetséges, állította, akkor maga az idő viszont lehetetlen. Egy múlt, amely újra felkereshető, valójában nem is múlt el. És az a tény, hogy a valós univerzum tágul, nem pedig forog, irreleváns. Az idő, akárcsak Isten, vagy szükségszerű, vagy semmi; ha az egyik lehetséges univerzumból eltűnik, az minden lehetséges univerzumban aláássa a létét, köztük a miénkben is.”

*Az idő mibenlétéről – Einstein huszárvágása:* „1905-ben Einstein bebizonyította, hogy az, amit akár a tudósok, akár a laikusok időn értenek, fikció. Tárgykor és merészség tekintetében júniusi írása kiemelkedett a többi közül. Harminc rövid oldalon teljesen újraírta a fizika törvényeit. Két szigorú elvvel kezdte. Először is, a fizika törvényei abszolútak: ugyanazoknak a törvényeknek kell érvényesnek lenniük minden megfigyelő számára. Másodsor, a fény sebessége abszolút; az is minden megfigyelő számára ugyanaz. Mivel a fény elektromágneses hullám, sebességét az elektromágnesesség törvényei rögzítik; ezeknek a törvényeknek minden megfigyelő számára ugyanazoknak kell lenniük; ezért *mindenkinek* úgy

kell látnia, hogy a fény azonos sebességgel mozog, *függetlenül az ő referenciakeretétől*. Valójában Einsteinól nagy merészség volt, hogy ilyen hangoztatott a fényről, mivel *ennek következményei tökéletesen abszurdnak tűntek*. Einstein tehát nekilátott, hogy a fentieknek megfelelően átdolgozza a fizika törvényeit. *Hogy e törvények abszolútak lehessenek, a teret és az időt tette relatívvá.*

A leglenyűgözőbb az abszolút idő feláldozása volt. A relativitáselméletén keresztül az idővel kapcsolatos azon filozófiai nézet igazolását adta, amely Spinozáig, Szent Ágostonig, sőt Parmenidészig vezethető vissza, s amelyet eternalizmusnak neveznek. *Az idő e nézet szerint a jelenségek birodalmához tartozik, nem a valóságéhoz.*

Az Einstein halála óta eltelt évtizedekben a fizika még radikálisabban felforgatta mindennapi időfogalmunkat...” Innen szédítő fejtegetések következnek, a modern tudomány megoldáskeresései. *„A relativitáselmélet megfagyott téridejéről kiderült, hogy tátongó lyukak – fekete lyukak – találhatóak benne.”* „Az időbeli dolgok még furcsábbak, ha visszatekintünk a Nagy Bummra, arra a kataklizmatikus eseményre, amely létrehívta univerzumunkat és annak *téridőtartályát*.” „Van-e az időnek jövője? Van, de hogy mekkora részének, az attól is függ, milyen lesz a kozmosz végső sorsa.” Ha a tágulás örökké folytatódik, „[a] csillagok kiégnek; a fekete lyukak elpárolognak; az atomok és szubatomi alkotórészeik elpusztulnak. A tér üressé válik, kivéve egy épp csak jelzésszerű 'vákuumenergia' jelenlétét. Mégis, a szinte-semminek ebben a jövőbeli pusztaságában az idő tovább halad; véletlen események továbbra is bekövetkeznek; köszönhetően a kvantumbizonytalanság mágiájának, a dolgok 'beletáncolnak' a létezésbe, csak hogy mindjárt el is tűnjenek az úrben.” Van változat a „Nagy Reccsre” is: „Egyes kozmikus optimisták [szerint] a másodperc töredéke a Nagy Reccs előtt így olyan lenne, mint egy gyerek végtelen nyara: egy virtuális örökkévalóság.” *„A legtöbb mai fizikus és filozófus egyetért Einsteinnel abban, hogy az idő haladása illúzió: ők az eternalisták.”*

„Arthur Eddington, az első fizikusok egyike, aki megértette Einstein relativitáselméletét, kijelentette: *az idő múlásával kapcsolatos intuitív érzésünk olyan hatalmas, hogy valami az objektív világban meg kell, hogy feleljen neki. Ha a tudomány nem tudja ezt megragadni, nos, akkor annál rosszabb a tudománynak!*

*Amiről a tudomány mondani tud nekünk valamit, az az idő múlásának pszichológiája.* Igen világos, hogy az emlékezet természetének van némi köze ahhoz az érzéshez, hogy az időben mozgunk. A múlt és a jövő egyformán valóságos lehet, de – furcsa módon *a termodinamika második törvényére visszavezethető okokból* – nem tudunk 'emlékezni' jövőbeli eseményekre, csupán múltbeliekre. Az emlékek csak az egyik időbeli irányban gyűlnek fel, a másikban nem. *Ez megmagyarázni látszik az idő pszichológiai nyilát. De sajnos nem magyarázza meg, miért tűnik úgy, hogy ez a nyíl repül.*” S egy frappáns, bár enyhén bizarr definíció: *„Az idő az a mód, ahogy a természet megakadályozza, hogy minden egyszerre történjen.”*



Ha az ember úgy érzi, álmosítóan alacsony a vérnyomása, ezen könnyen segíthet: csapja az itt sorakozók mellé a modern fizika téridő-konceptióját, s töprengjen rajta. Téridő, amelyet a gravitáció meg tud görbíteni, az univerzum „tartálya” – s akkor az idő léte enyhén szólva kétségesnek tűnik, mibenléte pedig felettébb zavarbaejtő?

Egy fejezet foglalkozik a *matematika idegtudományával*. Annak egyik, itt hosszan idézett kutatója szerint „*Mindannyian ősi, evolúciós matematikai ösztönnel születünk. – Ugyanakkor antropológusok leírnak mai primitív életvitelű népeket, amelyek nem ismerik a számokat vagy csak néhány mennyiséget használnak. Holt vázolja a vizsgálódásokat, miként kezeli az agy a számokat és a számolást. Egy különösen fontos megállapítás: „A matematika tanulásával az az alapvető probléma, hogy bár a számérzék feltehetően genetikusan (ez alighanem max. a pozitív egész számokra állhat – Osman P.), a pontos számolás kulturális eszközök – szimbólumok és algoritmusok – kíván, amelyek csak néhány ezer éve vannak jelen, ezért az agy olyan területeinek kell magukba szívniuk, amelyek más célokra fejlődtek ki. A folyamatot könnyebbé teszi, ha az, amit tanulunk, harmonizál a beépített áramkörökkel. Ha nem tudjuk megváltoztatni agyunk felépítését, legalább tanítási módszereinket igazítsuk hozzá az általa állított korlátokhoz.”*

*Miniesszé a matematikáról:* „A matematika elvont és nehéz; szépségei a legtöbbünk számára hozzáférhetetlennek tűnnek. Ahogy a német költő, Hans Magnus Enzensberger észrevette: *a matematika 'vakfolt a kultúránkban – idegen terület, ahova csak az elitnek, a beavatott keveseknek sikerül beférközniük.* Egyéb területeken művelt emberek büszkén vállalják nyárspolgári előítéleteiket, ha a matematika kerül szóba. A probléma oka az, hogy soha nem vezették be őket e tudomány remekműveibe. *Az iskolában tanított matematika, sőt a főiskolai is (mondjuk a bevezetés az analízisbe) nagyrészt több száz vagy több ezer éves, és sok benne a rutinszerű problémamegoldás fárasztó számításokkal. Ez kevéssé hasonlít ahhoz, amivel a legtöbb mai matematikus foglalkozik. A XIX. század közepe körül a matematikában egyfajta forradalom következett be: a hangsúly a természettudományokhoz kötött számításról új struktúrák, új nyelvek szabad létrehozására helyeződött át. A matematikai bizonyítások minden szigorú logikájuk mellett is egyre inkább narratívákhoz kezdtek hasonlítani, cselekményekkel és mellékcselekményekkel, fordulatokkal és megoldásokkal. Ez az a fajta matematika, amelyet a legtöbb ember soha nem lát. Igaz viszont, hogy ijesztő is lehet. De a nagy műalkotások, még ha bonyolultak is, gyakran lehetővé teszik, hogy a képzetlen is némi bepillantást nyerjen szépségükbe. Nem kell ismernünk az ellenpont elméletét, hogy egy Bach-fúga megindítson minket.”*

„*Észak-fok, titok, idegenség:*” „De Weil, a XX. századi matematika tekintélyes figurája élénken ecsetelte az analógia fontosságát a matematikában. Elmagyarázta, hogy éppúgy, ahogy a hindu istenségnek, Visnunak tíz különböző avatárja volt, *egy látszólag egyszerű matematikai egyenlet is drámaian eltérő absztrakt struktúrákban jelenhet meg. Az ilyen*

struktúrák közti finom analógiák olyanok, mint a 'tiltott kapcsolatok – írta –, mi sem ad nagyobb örömet az ingyencnek.' A Langlands program olyan sejtések rendszere, amelyek az ilyen hipotetikus analógiákat szilárd logikai hidakká változtatják: ezek különböző matematikai szigeteket kötnek össze a nem tudás környező tengerében. *A Langlands-program folytatása egybeesett sok ismerős matematikai fogalom kicsavarásával vagy éppen szétzúzásával – olyan alapvető fogalmakéval, mint például a természetes számok.* Tekintsük a 3-as számot. Unalmas, nincs belső szerkezete. De tegyük fel, hogy a 3-as számot háromdimenziós 'vektortérrel' helyettesítjük, vagyis egy olyan térrel, ahol minden pont egy-egy számhármast képvisel, és amelynek saját szabályai vannak az összeadás és a szorzás műveletére. Így már kaptunk valami érdekeset: *egy struktúrát, amely több szimmetriával rendelkezik, mint egy görög templom.* Más alapfogalmak is gazdagodtak. A függvények, amelyekkel a középiskolai matematikában találkozhattunk – mint az  $y = f(x)$  – *egzotikus teremtményekké, úgynevezett kévékké alakultak át.*

*Az absztrakció létrája:* „Grothendieck azt mondta, hogy nem a 'kalapács-véső' módszerrel szeret megoldani egy problémát, hanem hagyja, hogy az absztrakció tengere elárrassa és feloldja' azt. A matematikusok által kezelt ismerős dolgok, mint például az egyenletek, függvények és még a geometriai pontok is az ő víziójában jóval összetettebb és sokoldalúbb struktúrákként születtek újjá. A régi dolgok az újak pusztá árnyékainak – ahogy Grothendieck szívesebben hívta őket, 'avatárjainak' – bizonyultak. (Egy avatár eredetileg egy hindu isten földi megnyilvánulása). Ez nem egyszeri folyamat. *Végül minden új absztrakcióról kiderül, hogy egy még magasabb absztrakció avatárja.* Ahogy Michael Harris mondja: 'A rendelkezésre álló fogalmak az általunk megragadni próbált, elérhetetlen fogalmak avatárjaként értelmezhetők.' Ezen új fogalmak megragadásával a matematika a növekvő absztrakció egyfajta 'létráján' halad felfelé. És Harris szerint ez az, amire a filozófusoknak figyelniük kell: 'Ha a mai matematika egyetlen jellegzetességére kérdeznél rá, amely filozófiai elemzés után kiált, azt tanácsolnám, hogy a szilárd alapok keresése helyett gyakorold a fogalmi és avatár-létrák megmászását.' És mi van a létra tetején? Harris játékos komolysággal azt állítja, hogy 'talán van egy nagy tétel', minden matematika végső eredete. De  *mivel a megmászásra váró lépcsők száma végtelenül sok, ez elérhetetlen.*

'*O irgalom atyja, húrok, bránok és membránok!* „Az a tér, amelyben a valóságban élünk, a magasabb matematika rokokó tereivel összehasonlítva unalmasnak tűnhet. Körülbelül négy évtizeddel ezelőtt azonban *a fizikusok arra kényszerültek, hogy mérlegeteljék a lehetőséget: térbeli világunkban több van, mint ami szemmel látható.* Hogy megértsük, miért, gondoljuk meg, hogy a kortárs fizikának két törvény-együttese van: az általános relativitás, amely leírja, hogyan viselkednek a dolgok óriási léptékű skálán (csillagoktól felfelé); és a kvantumelmélet, amely leírja, hogyan viselkednek a dolgok nagyon kis léptékben (atomoktól lefelé). Ez szép munkamegosztásnak tűnhet. De mi történik, ha szeretnénk leírni valamit,

ami egyszerre nagyon nagy és nagyon kicsi – mint a világegyetem egy másodperccel a Nagy Bumm után? Valahogy össze kellene illeszteni az általános relativitást és a kvantumelméletet a Minden Elméletében. Ez azonban lehetetlennek tűnik egy olyan világban, amely csak három térbeli dimenzióval rendelkezik. *A relativitáselmélet és a kvantumelmélet egymással való összeegyeztetésének egyetlen ismert módja az, ha feltételezzük, hogy az univerzumot alkotó alapvető objektumok nem egydimenziós részecskék, hanem kétdimenziós húrok és még magasabb dimenziós 'bránok' (a 'membrán'-ból képzett kifejezés). Továbbá ahhoz, hogy az egyesített elmélet – nevezetesen a húrelmélet, vagy néha M-elmélet – matematikailag koherens legyen, ezeknek a húroknak és bránoknak olyan térben kell rezegniük, amely nem kevesebb, mint kilenc dimenzióval rendelkezik.*

*Dr. Osman Péter*

\* \* \*