

Carlo Rovelli: A valóság nem olyan, amilyennek látjuk. A dolgok elemi szerkezete. Park Könyvkiadó, 2019; ISBN: 9789633555507

Az ember egyik legszebb minőségi jellemzője, hogy évezredek óta tudatosan igyekszik megérteni a világot. Kezdetben vala a világ megértésére szolgáló egyetlen, univerzális eszköze – ott bent a fejében. Így lettek az ókori tudósok, s talán legjobbjaikként az ógörög gondolkodók. Joggal mondható, hogy velük kezdődött az emberiség eddigi legnagyobb intellektuális kalandja, s máig is csodálatra méltó, mire volt képes a kutató elme minden fejlettebb technikai eszköztár nélkül is.

Rovelli is velük indít: a milétoszi Anaximandrosz téziseivel. Neve pedig már e hasábon is ismerősen csenghet. Hét rövid fizikalecke c. könyvről (Park Könyvkiadó, 2016) az Iparjogvédelmi és Szerzői Jogi Szemle 2016/4. számában szóltunk. Ugyancsak a Park adta ki 2018-ban Az idő rendje c. művét.

Róla: 2019-ben a Foreign Policy magazin bevásárolta a 100 legbefolyásosabb globális gondolkodó közé (forrás: Centre de Physique Théorique).

„A Park ajánlójából: „Elméleti fizikus, kutatói munkássága mellett küldetésének tekinti a tudomány népszerűsítését, és közérthető, szellemes stílusát gyakran hasonlítják Richard P. Feynmanéhoz (ami igen nagy dicséret! – Osman P.). A Hét rövid fizikalecke az utóbbi évek egyik legnagyobb olasz könyvsikere volt, több mint negyven nyelvre lefordították.”

E könyve az emberiség legnagyobb kalandja, a világ megismerése legújabb fejezetébe igyekszik mindenki számára érthető bepillantást adni: a kvantummechanikába, annak megszületésébe, eredményeibe, jelenlegi állásába. „Mindenkire számára érthető”: könnyű utat ehhez ő sem adhat, mivel ezt kizárja magának e tudományágnak a természete, és kutatásának, felfedezései leírásának eszköztára. E felfedezések mindegyike csodálatos, s bizony van, amelynek felfogása meghaladja a laikus képzelőerejét. S ami talán a legkülönösebb, vagy épp a világ titkait kutató emberi szellemre legjellemzőbb ebben, az a két és fél évezredet átívelő párhuzam, az ókori görögöktől a legmodernebb fizika úttörőig. Rovelli igen jó áttekintést ad a tőlük az elméleti fizika megszületéséhez és legmodernebb eredményeihez vezető út legfőbb állomásairól és alakjairól. Ebből arra is rádöbbenünk, hogy nem magának a tudomány akkori állásának a folyamányaként, hanem óriási intellektuális teljesítményként született meg a 20. század elején e kaland eddigi legnagyobb, az anyagi világra vonatkozó minden tudásunk alapjait felforgató, és máig is beláthatatlanul új távlatokat megnyitó áttörése, a relativitáselmélet és a kvantummechanika. És Rovelli jó, nagyon jó: hála neki, sokkal többet megértünk az előadottakból, mint ahogy azt a téma nehézsége miatt a laikus várja. Az ember olvassa e könyvét, és lépten-nyomon örül, hogy érti! Könnyű? Nem. Viszont még annak is, akit mindez önmagában hidegen hagy, olvasható kiváló szellemi tornaként, intellektuális ironmanaspiránsok kitűnő gyakorló pályájaként, akik szeretik érezni elméjük erejét. Arról, amit élénk tár, és ahogyan pontosan, világosan beszélni tud róla, József Attila szavai ötlenek fel: „az adott világ varázsainak mérnöke” (A város peremén).

Erről szól: „Egy olasz újságnak írtam néhány cikket a fizika alapjairól. Ezután a rangos olasz Adelphi Kiadó felkért, bővítsen egy kis könyvvé a megjelent cikkeket. Így született a Hét rövid fizikalecke. Ha valaki azt már olvasta, és szeretne többet megtudni, mélyebben elmerülni az ott felvázolt különös világban, akkor itt az alkalom. (Idézetek innentől a könyvből, kiemelések a recenzió szerzőjétől.)

A hagyományos fizikát is a magam sajátos látásmódja szerint mutatom be – úgy, ahogyan én felfogom (és világosan megmutatja a szerves kapcsolatot korunk legmodernebb fizikájával – Osman P.), s azon voltaképpen nem is igen van vita. De *a könyvnek az a része, amely a most folyó kvantumgravitációs kutatásokat mutatja be, már a legsajátabb, személyes értelmezése* annak, ahogyan a dolgok állnak. *Határterület aközt, amit már megértettünk, és amit még nem – ott távol vagyunk a konszenzustól.* Ez persze igaz minden olyan kutatásra, amely tudásunk határán zajlik, de mégis inkább kimondom világosan, kertelés nélkül: *ez a könyv nem a bizonyosságokról szól, hanem kalandos utazásról az ismeretlen felé.* – Persze azzal a céllal, hogy minél többet megismerjünk és meg is értsünk az ismeretlenből. S a fizika – és a világ – kutatásának itt felvázolt története is kétséget kizáróan megmutatja: ennek az utazásnak sohasem lesz vége mindaddig, amíg lesz, aki a felfedezőútra vállalkozik, hiszen a megismerés mindig újabb ablakokat nyit újabb ismeretlenekre.

„A könyv egészében véve útikalauz; végigvezet bennünket az emberiség által bejárt, roppant látványos úton a valóság korlátozott és szűk látókörű szemléletétől a dolgok szerkezetének egyre tágasabb megértése felé. Varázslatos utazás: távolodunk a dolgok köznapi szemléletétől, de az utazásnak távolról sincs vége.”

Hogy mennyire nincs, s mi lehet a szivárvány túlsó oldalán? Ismeretes, hogy a 19. század második felében vezető fizikusok képviselték azt az álláspontot, hogy a fizikában már minden lényeges felfedezés megtörtént, s már csak finomítások következnek. Majd jött Einstein, Bohr, Heisenberg és a többiek, s az új tudás átértelmezi a világ anyagi szerkezetét, amely immár az anyag alapját alkotó kvantumhabtól a táguló, talán „visszapattanó” (Rovelli szava) világegyetemig, az anyag valószínűségfelhőkben megnyilvánuló létéig, a tér és idő új értelmezéséig, az anyag, a tér és az idő „szemcsés” (kvantumos) szerkezetéig ível. S ha az ember következetesen keresi a válaszokat, s mer merész és eretnek lenni, előbb-utóbb azok nyomán szembekerül a végső kérdésekkel: Honnan, miből és miként? A tudomány állásának válaszai ebben csak egy bizonyos határig mennek vissza, amint azzal e könyvben is találkozunk.

Rovelli is mondja: „Talán van szemernyi igazság abban a Szent Ágoston által említett tréfában: 'Mit csinált Isten a világ teremtése előtt? Poklot csinált a mélységes titkait vájkáló embereknek.'” Majd csavar egyet rajta: „De ez ugyanaz a 'mélység', ahová Démokritosz szerint le kell jutnunk, ha az igazságot keressük.” S korunk egyik legnagyobb fizikusának híres mondása (amelyet tulajdonítanak Sir Isaac Newtonnak is), hogy „[a] természettudományok kelyhéből az első korty ateistává tesz, a pohár alján azonban Isten vár rád”. (Werner Heisenberg, *Across the Frontiers*. New York, 1974) Ha tetszik, értelmezhető ez úgy is, hogy

nála jobb, hitelesen alá is támasztható választ még senki sem talált, vagy a materializmushoz eretnek módon úgy, hogy az anyag örökkévaló volta ugyanúgy bizonyíthatatlan és felfoghatatlan.

Jöjjön pár karakteres mondat:

„Az általános relativitáselmélet minden idők legszebb fizikai elmélete, az első a kvantumgravitáció két tartópillére közül. Körülötte forog ez az egész könyv. Itt kezdődik a 20. század új fizikájának igazi nagy varázslata.”

„A tér mint a dolgok formátlan tartálya a kvantumgravitáció megjelenésével eltűnik a fizikából. A dolgok (kvantumok) nem a térben laknak, hanem egymás mellett vannak, és a tér az ő szomszédsági viszonyaik szövedéke.”

„A kvantummechanika által leírt világban nincs más valóság, csak a fizikai rendszerek közötti viszony. Nem dolgok kerülnek kapcsolatba egymással; a kapcsolatokból jön elő a 'dolgok' fogalma. A kvantummechanika világa nem tárgyak világa, hanem az eseményeké. A dolgok az elemi események megtörténéssel állnak elő.”

„A mi léptékünkben, a Planck-hosszúságnál kimondhatatlanul nagyobb mérettartományban a tér sima. De ha a Planck-skáláig ereszkedünk le, csipkézett lesz és habzik.” – Rovelli elmagyarázza: a „habzás” azt jelenti, hogy a tér elemi részecskéi bizonyos mértani alakzatot alkotnak.

„A fotonok – az elektromágneses mező kvantumjai – és a 'térvantumok' között az a sarkalatos különbség, hogy a fotonok a térben léteznek, a térvantumok viszont a tér alkotóelemei. A fotonokat az jellemzi, hogy 'hol vannak' A térvantumoknak nincs helyük, mert ők maguk 'a hely'.”

„A gravitáció kvantumai tehát nem a térben vannak jelen: ők maguk a tér.”

Helyzetkép: „Einstein nem akart engedni abban az ő szemében kulcsfontosságú kérdésben, hogy igenis létezik objektív valóság attól függetlenül, hogy mi mire hat. Nem fogadta el az elmélet relációs vonatkozását: azt a tényt, hogy a dolgok csak a kölcsönhatásokban nyilvánulnak meg. Bohr viszont nem akart feladni semmit a gyökeresen új szemléletmód érvényességéből, abból, ahogyan a valóság megfogalmazódik az elméletben. Einstein végül elfogadta, hogy az új elmélet óriási előrelépés a világ megértésében, de nem tágitott attól, hogy a dolgok nem lehetnek ennyire különösek – és hogy az elmélet mögött lennie kell egy további, érthetőbb magyarázatnak. Egy évszázad telt el azóta, és a helyzet semmit sem változott. Richard Feynman, aki mindenki másnál jobban bűvészkedett ezzel az elmélettel, ezt írta: 'Úgy hiszem, elmondhatjuk, senki sem érti úgy igazából a kvantummechanikát.'” – Sajátos kettősség a megérteni vágyó szegény laikusnak: reménytelen, hiszen „senki sem érti”, viszont az legalább megnyugtató, hogy más sem érti.

És: „A kvantummechanika ezenfelül azt is mondja, hogy *nem az a lényeg, hogy hogyan vannak a dolgok, hanem az, hogy hogyan vannak kölcsönhatásban egymással. Két kölcsön-*

hatás között az elektron nem egyetlen helyen van jelen, hanem egy valószínűségfelhőben feloldódva mindenütt; s két kölcsönhatás között a tér sem ez vagy az a konkrét spinháló, hanem valószínűségi felhő a lehetséges spinhálóak együttesében. Igen-igen kis léptékben a tér gravitációs kvantumok lüktető nyüzsgése; hatnak egymásra és együtt a dolgokra, és ezekben a kölcsönhatásokban spinhálóként, egymáshoz kapcsolódó szemcsékként tűnnek elő.

A fizikai tér az ebből a nyüzsgő kapcsolathálózatból álló szövet. *A tér az egyedi gravitációs kvantumok együttműködéséből jön létre.* Ez az első lépés a kvantumgravitáció megértéséhez.” – Ne álljunk meg a szállóige felületen igazságánál: „Értem, Uram, értem, csak fel nem foghatom”! Magunk elé képzelni mindezt valóban aligha tudjuk, a szavakban leírt kép túl kacifántos ehhez, de a lényegét némi kapaszkodás árán úgy, ahogy felérjük ésszel.

Összegezve: „A kvantummechanika egyenleteit és a belőlük levont következtetéseket fizikusok, mérnökök, vegyészek és biológusok használják rutinszerűen nap mint nap a legkülönbözőbb területeken. De ezek az egyenletek továbbra is rejtélyesek: nem azt mondják meg, hogy mi történik egy fizikai rendszerrel, csak azt, hogy egy fizikai rendszer hogyan lép kölcsönhatásba és hat egy másikra. Vajon mit jelent ez?

A fizikusok és a filozófusok továbbra is azon töprengenek, hogy mi lehet ennek az elméletnek a tényleges jelentése, és az utóbbi években megszorodtak az ezzel foglalkozó cikkek, tanácskozások. Mi a kvantumelmélet ma, születése után egy évszázaddal? Egyszeri, kivételes fejesugrás a valóság természetének mélyére? Vagy csak tévedés, ami véletlenül működik? Netán egy kirakós játék még nem teljes darabja? Esetleg csak jeladás a világ szerkezetének valami mély, de még meg nem emésztett összefüggéséről?

A kvantummechanikának azt az értelmezését mutattam itt be, amely nekem a legkevésbé tűnik képtelennek. 'Relációs értelmezésnek' nevezzük. *De abban továbbra sincs egyetértés, hogy mit tartsunk a kvantummechanikáról: vannak más értelmezései is, fizikusok és filozófusok azokat is vitatják. A határmezsgyéjén mozgunk annak, amit nem tudunk – és a vélemények széttartanak.*

A kvantummechanika csak egy fizikai elmélet: talán már holnap kiigazítja egy másik, amely mélyebben és másképpen fogja fel a világot. Nekem azonban úgy tűnik, hogy lehengerlő tapasztalati sikere láttán komolyan kell vennünk, és nem azt kell keresnünk, hogy mit kellene megváltoztatni benne, hanem azt, hogy vajon mi gátolja intuíciónkat; miért látjuk ezt ennyire furcsának.”

Vigyázat, az egész előadás nagyon következetesen építkezik. Ezért olvasás közben nem tanácsos részeket átugrani – hiányoznának a továbbiak megértéséhez.

Szingularitáselmélet diszkvalifikálva: Rovelli logikusan és jól érthetően levezeti, hogy a fizikai világban nem létezhet a végtelenül kicsi, sem térben, sem időben, márpedig a szingularitás a végtelennél következne be. Ebből következően „Ha a kvantummechanikát is számításba vesszük, akkor az univerzum nem sűrűsödhet a végtelenségig. (A végtelen sűrűség a végtelen kicsiny térfogathoz tartozna. – Osman P.) A kvantumtaszítás visszalöki.

Egy összezsugorodó univerzum nem omolhat össze egyetlen pontba, hanem visszalökődik és újból tágulni kezd, mintha egy kozmikus robbanásból született volna.”

Big Bounce: „Világegyetemünk múltja lehet egy ilyesféle visszapattanás következménye. (Így tehát előtte is volt valami? – Osman P.) Egy gigantikus visszapattanás, vagy ahogy angolul használatos: Big Bounce, és nem az ősrobbanás, a Big Bang. Úgy tűnik, ez adódik a hurok-kvantumgravitáció egyenleteiből, ha az univerzum tágulására alkalmazzuk őket.” – Itt is a modern tudomány gyakori jelenségével állunk szemben: a tudomány létrehoz a valóság leírására alkalmas(nak ígérkező) matematikai modellt, és abból von le következtetéseket a valóság részletesebb megismeréséhez. Az igazság kritikus pillanata nyilvánvalóan akkor következik be, amikor e következtetéseket empirikus úton is igazolni tudják, mint pl. Einstein híres tételeit a fény elhajlására az erős gravitációs mezőben, valamint a gravitációs hullámok létre. Rovelli természetesen itt ezeket is tárgyalja.

Cselen belül csel: „A visszapattanást mint képet persze nem szabad szó szerint vennünk. Visszatérve az elektronra, emlékezzünk rá, hogy ha az elektront a lehető legközelebb akarjuk helyezni az atommaghoz (egy gondolatkísérletre utal, amelyet a könyvben magyarázatként használ – Osman P.), az elektront nem részecskeként, hanem valószínűségi felhőként gondolhatjuk el. Már nincs pontosan meghatározott helye. Ez igaz az univerzumra is: az ősrobbanáson való döntő átmenetről szólva már nem gondolhatunk jól meghatározott térre és időre, hanem csak szétterült valószínűségfelhőre, és abban hevesen ingadozik a tér és az idő. A világ a Nagy Visszapattanásban valószínűségek nyüzsgő felhőjévé omlik szét, az egyenletek azonban továbbra is leírják.” – Az egyenletek által leírt függvénynek tehát nincs szingularitása, így nem is kapcsolható a szingularitáshoz azzal magyarázott jelenség! Másrészt, ha e szóképek alapján úgy éreznénk, hogy „[k]izökkent az idő; – oh, kárhozat!”, nyugtathat a tudat, hogy az egyenletek így is képesek szilárdan kitartani, „helyre tolni azt” (Shakespeare: Hamlet), vagyis az elmélet jónak ígérkezik.

Nézzünk bele kissé alaposabban is!

A [gondolkodó] embernél semmi sem csodálatosabb: „A milétozsiak rájöttek, hogy a világ megismerhető az ész segítségével. Arra a meggyőződésre jutottak, hogy a természeti jelenségek sokfélesége visszavezethető kell legyen valami egyszerűre, s igyekeztek kideríteni, mi lehet ez a valami. Elgondoltak egy olyasfajta elemi szubsztanciát, amelyből minden más felépül. ... Démokritosz rendszerében ez a gondolat hallatlanul egyszerű: az egész univerzumot végtelen üres tér alkotja, s abban számtalan atom mozog. Az egész világmindenségben nincs más, csak ez. ... Ilyen a világ szövete. Minden más csak az atomok mozgásából és kapcsolódásából eredeztethető, az atomok kapcsolódásából jön létre a világot alkotó anyagok sokasága.” – Döbbenetes, mindez mennyire megelőlegezi a modern fizika világképét. S még sokkal döbbenetesebb, hogy minderre úgy volt képes rájönni, hogy ebben nem segítette sem bármilyen tapasztalat, sem későbbi nagyjaink csodafegyvere, a matematikai modellezés.

Hiszem, bár képtelenség? Newton és a gravitáció: „Newton maga is értetlenül állt a távolhatás előtt, noha ő vezette be ezt a fogalmat. Hogyan vonzza a Föld a tőle távoli Holdat? Hogyan vonzhatja a Nap a Földet közvetlen érintkezés nélkül? Egyik levelében ezt írta: 'Elképzелhetetlen ugyanis, hogy lélektelen merő anyag anélkül, hogy valami más, nem materiális létező közreműködnék ebben, kölcsönös érintkezés nélkül hasson más anyagra.' Valamivel később pedig már a következőket találjuk: 'Hogy a gravitáció az anyag vele született, inherens és lényegi tulajdonsága, melynek révén egy test egy másikra vákuumon keresztül távolhatást gyakorolhatna bármi másnak a közbejötté nélkül ..., mindez számomra oly nagy képtelenségnek tűnik, hogy úgy hiszem, nincs ember, aki elfogadja, ha megfelelően jártas a filozófiai gondolkodásban. A gravitációt egy állandóan és törvényszerűen ható tényező kell hogy okozza; mármint hogy ez a tényező anyagi-e vagy sem, azt olvasóim megfontolására bízom.'”

Búcsú a közvetlenül érzékelhető valóságtól „Newton elmélete olyan jól működött, annyira hasznosnak bizonyult, hogy két évszázadon át senkinek eszébe nem jutott kétségbe vonni. Egészen addig, amíg Faraday, az 'olvasó', akinek megfontolására bízta Newton a döntést, meg nem találja a kulcsot, hogyan vonzhatják és taszítják egymást az egymástól távol eső testek. Később aztán *Einstein Faraday ragyogó megoldását fogja alkalmazni a newtoni gravitációelméletre is.*

Ennek az új valaminek – a 'mezőnek' – a bevezetésével *Faraday radikálisan szakít Newton elegáns és egyszerű lételméletével:* a világot ettől fogva nem pusztán a térben az idő múlásával ide-oda mozgó részecskék alkotják. *Új szereplő lép a színre: a 'mező'.* Faraday tudatában van annak, hogy mekkora a hordereje az általa éppen megtett lépésnek. Könyvében különösen szép szakaszok olvashatók arról, hogy ezek az 'erővonalak' vajon valóban létező dolgok. Kétségeit és különféle megfontolásait kifejtve végül arra a következtetésre jut, hogy valós létezőkről van szó. Tisztában van vele, hogy amit felvet, az bizony megváltoztatja azt a világ-szerkezetet, amelyet a newtoni fizika két évszázadon át tartó töretlen sikere rajzolt fel.

Maxwell hamar felismeri, hogy drágakőre talált. A Faraday által látott lényeg – mivel azt Faraday csak szavakkal írja le – egy teljes oldalnyi egyenletre fordítja. Egyenletei az elektromos és a mágneses mező viselkedését írják le: 'Faraday vonalainak' matematikai változatai.”

Az első „szakállas horog”, amelyen fennakadunk a „kiterjesztett jelen”. Rovelli szavaival *ebben jelenik meg „az egyidejűség relativitása”,* s ennek magyarázata köznap gondolkodással talán úgy ragadható meg, hogy az „egyidejű” távolabbi események fénysebességgel „érkeznek” a szemlélőhöz. A beérkezés időtartama alkotja a kiterjesztett jelent.

„A newtoni fizikában a sebesség mindig valaminek valami máshoz viszonyított sebessége. A sebesség, ahogyan mondani szoktuk, viszonylagos, relatív, vagyis a testeknek nincs önmagában vett sebességük, csak más testhez viszonyított sebességük van. Ám ha ez így van, akkor mihez viszonyított sebesség a Maxwell-egyenletek által meghatározott fénysebesség?” Egyszerűen fogalmazva, ha valamilyen sebességgel mozgó pontból mérjük más

mozgó pont sebességét, az eredményben a sebességek összeadódnak – ámde a fény sebességére ez nem áll, annál csak a hullámhossz változik a Doppler-hatásnak megfelelően. Erre az ellentmondásra születtek feltevések, azokat igazolni hivatott kísérletek, „de az ez irányú kísérletek mind kudarcot vallottak. *Einstein azt állította, hogy őt nem ezek a kísérletek igazították útba, hanem a Maxwell-egyenletek és a newtoni mechanika közötti, jól látható ellentmondás.* Az foglalkoztatta, hogy vajon van-e mód összhangba hozni Newton és Galilei lényegi felfedezéseit Maxwell elméletével. S ezt keresve Einstein elképesztő felfedezésre jut.” A kutató szellem akrobatikájának szaltó mortáléja születik: „*Bármely esemény múltja és jövője között van egy ’köztes időszáv’, a kérdéses esemény ’kiterjesztett jelene’, s az nem múlt és nem is jövő.* Ez a felfedezés adódik a speciális relativitás elméletéből. ... Ennek a ’köztes sávnak’ az időtartama – ez a sáv nem a múltad és nem is a jövőd – attól függ, hogy egy esemény hová esik hozzád képest: minél távolabbra van tőled, a kiterjesztett jelen annál hosszabb ideig tart.”

Rovelli szavaival: „...nincs olyan, hogy ’éppen most’. A fizikusok ezt így mondják: Einstein megértette, hogy nem létezik ’abszolút szimultaneitás’, *vagyis nem létezik a világmindenségben ’most’ megtörténő események halmaza. A mi ’mostunk’ csak itt létezik.* Az univerzumban folyó események összessége nem írható le ’most’-ok egymásutánjaként, úgy, hogy az egyik jelen követné a másikat, a szerkezetük ugyanis bonyolultabb ennél. Az Androméda-galaxisban ennek a ’kiterjesztett jelennek’ az időtartama hozzánk viszonyítva kétmillió év. Mindaz, ami ebben a kétmillió évben történik, hozzánk viszonyítva sem nem múlt, sem nem jövő.” Ami viszont arra indít, mit is jelent valójában a múlt és a jövő. Rovelli ad egyfajta választ erre, és sorban jönnek a köznapit megrázó, addigi világlképét megborító új következtetések, tételek.

„*A tér és az idő egyetlen fogalomra olvad össze.*” „Az elméletnek van egy másik, súlyos következményekkel fenyegető folyamánya. *Az energia és a tömeg fogalma éppúgy összekapcsolódik az új mechanikában, mint a tér és az idő meg az elektromos és a mágneses mező.*” „*Az energia és a tömeg ugyanannak a valaminek a két arca, ahogyan az elektromos és a mágneses mező is két különböző arca ugyanannak a mezőnek, meg a tér meg az idő is ugyanannak a valaminek, a téridőnek egy-egy megnyilvánulása.* Ebből következik, hogy a tömeg önmagában nem marad meg, és az energia – úgy, ahogyan azt akkoriban felfogták – önmagában véve szintén nem marad meg. Az egyik átalakulhat a másikba: a megmaradásnak egyetlen törvénye létezik, nem kettő. *A tömeg és az energia összege marad meg, s nem a tömeg és az energia külön-külön.* Létezniük kell olyan folyamatoknak, amelyek az energiát tömeggé alakítják át vagy a tömeget energiává.”

Leleplezett illúzió: „A ’kiterjedt időn’ belül egyetlen ’szakasz’ sem tarthat a többinél előbbre való igényt a ’mostani tér’ névre. A ’jelen’ intuitív képzete – mindaz együttvéve, ami ’most’ az univerzumban történik – vakságunkból adódik, abból, hogy képtelenek vagyunk kis időintervallumokat észlelni. *A ’jelen’ csupán helyi tapasztalatunk alaptalan kiterjesztése.* A jelen olyasmi, mint a Föld lapossága: csupán illúzió.”

Elegáns felmentés mindannyiunknak: „Mint láttuk, maga Newton is arra gyanakodott, hogy az egymással nem érintkező testek között ható erő gondolatából hiányozhat valami, lennie kell valaminek közöttük, ami közvetíti a vonzóerőt. A megoldásra Faraday jött rá kétszáz évvel később, bár nem a gravitációs, hanem az elektromos és mágneses erővel összefüggésben: a mező létezésére. Az elektromos és a mágneses mező 'hordozza körbe' az elektromos és a mágneses erőt. Ettől kezdve minden észszerűen gondolkodó ember előtt világos, hogy a gravitációs erőnek is kell hogy legyenek Faraday-vonalai. Az analógiát követve az is világos, hogy a vonzerőt a Nap és a Föld, valamint a Föld és a leeső tárgyak között szintén valamilyen mezőnek – ez esetben a gravitációs mezőnek – kell tulajdonítanunk. Faraday és Maxwell választ talált arra a kérdésre, hogy vajon mi 'szállítja' az erőt, s ennek észszerűen nemcsak az elektromosságra kell igaznak lennie, hanem a gravitációra is. Lennie kell gravitációs mezőnek, és a Maxwell-egyenletekhez hasonlóan lenniük kell olyan egyenleteknek is, amelyek alkalmasak a 'gravitációs Faraday-vonalak' mozgásának leírására. A 20. század elején ez minden kellő észszerűséggel gondolkodó embernek világos volt: azaz csak Albert Einsteinnek volt világos.”

A mindent megvilágító felismerés: „Einstein nem egy, hanem két problémával birkózik. Az első: hogyan írható le a gravitációs mező? A második: mi a Newton-féle tér? És íme *Einstein zseniális ötlete, az emberi gondolkodás történetének egyik legmesszebbre vivő szárnyalása:* nem lehet-e, hogy a gravitációs mező éppenséggel a Newton-féle tér? Mi van, ha a Newton-féle tér semmi egyéb, mint a gravitációs mező? Ez a roppant egyszerű, ragyogó, gyönyörű gondolat az általános relativitáselmélet. A világ nem tér + részecskék + elektromágneses mező + gravitációs mező. A világ részecskék + mezők, semmi más; nincs szükség a térre mint pótlólagos alkotórészre. *Newton tere maga a gravitációs mező. Vagy megfordítva – és ez ugyanaz –: a gravitációs mező maga a tér.* Csakhogy a gravitációs mező Newton lapos és mozdulatlan terével ellentétben mozgó és hullámzó valami, hiszen mező, és éppúgy egyenletek írják le, mint a Maxwell-mezőt és a Faraday-vonalakat.

Ez fontos egyszerűsítése a világnak. A tér többé már nem különbözik az anyagtól. A világ egyik 'anyagi' alkotóeleme, édestestvére az elektromágneses mezőnek. Valós létező; hullámszik, hajlik, görbül és torzul.” – Laikusként ezt elképzelnünk felettébb nehéz, hacsak nem úgy, hogy egyszerűen elfogadjuk: mező az, amiben a hatások terjednek.

„Egy kicsit pontosabban fogalmazva, *nem a tér görbült, hanem a téridő;* tíz évvel korábban maga Einstein bizonyította be, hogy az strukturált egész, s nem időpillanatok egymásutánja. *Ez maga a gondolat.* Einsteinnek már csak az volt a feladata, hogy megtalálja a gondolatot megtesztelő egyenleteket.

Az egyenlet csupán fél sor, semmi egyéb. A látomásból – a tér görbült – egyetlen egyenlet lesz. De ebben az egyenletben egy nyüzsgő univerzum rejlik. És *az elmélet mágikus gazdagsága előrejelzések álomszerű egymásutánjában mutatkozik meg előttünk;* s noha egy eszelős lázálmaira emlékeztetnek, *mind valóra vált.* Ezek közül a hihetetlenül merész jóslatok közül

jó néhányat még az 1980-as évek elején sem vett igazán komolyan szinte senki. S lám, a tapasztalat sorra igazolta őket.”

Amit még Hamlet sem gondolt: meggörbül az idő. „Nemcsak a tér görbül, hanem az idő is. Einstein előre megmondja, hogy a Föld magasabban fekvő helyein gyorsabban kell hogy teljék az idő, mint a mélyebben fekvőkön. Megméri a különbséget, ez a következtetés is beigazolódik. Hogy miért? Azért, mert az idő nem egyetemes és stabil, hanem tágul vagy rövidül aszerint, hogy mennyire van tömeg közelében: a Föld, mint minden tömeg, torzítja a téridőt, lassítja a környezetében.” „Ez a jelenség érdekes magyarázatot ad arra, hogy miért esnek le a tárgyak.” – Itt nem áruljuk el, miért – azt viszont igen, hogy Rovelli megmutatja: az elmélet előrejelzései a fekete lyukakhoz is elvisznek.

„Az elmélet azt is kikövetkezteti, hogy a tér fodrozódik, mint a tengerfelszín, és ez a fodrozódás olyasfajta hullámokat formál, mint a televízióadást vivő elektromágneses hullámok. Ezeknek a 'gravitációs hullámoknak' hatása megfigyelhető a kettős csillagokon: azok gravitációs hullámokat bocsátanak ki, ahogyan energiát veszítenek és lassan egymás felé esnek. 2015 vége felé a Földről sikerült közvetlenül megfigyelni két egymás felé zuhanó fekete lyuk gravitációs hullámait, és az erről 2016-ban kiadott közlemény megint elképesztette a világot. Az Einstein-elmélet látszólag eszement előrejelzése ismét beigazolódott.”

„Mindennek a tetejébe az elmélet azt adja, hogy a világmindenség tágul, és hogy egy 14 milliárd évvel ezelőtt történt robbanásból született – erről hamarosan részletesebben is beszéljek majd.” – Megtudjuk azt is, miből következik a tágulás. Azt pedig már fentebb idéztük, hogy szegény Nagy Bumm-feltevést utóbb jól megfúrta a kvantummechanika – a tágulás tételét viszont a mérések is sokszorosan igazolták.

Véges és mégis határtalan: „Két évvel az egyenlet közzététele után Einstein elhatározta, hogy alkalmazni fogja a legnagyobb léptékben, az egész univerzum terének leírására is. És akkor támadt egy újabb elképesztő ötlete.” A könyv tele van káprázatos gondolatmenetekkel, logikai következtetésekkel. Az idekapcsolódókból egyet emelünk ki arról, lehet-e végtelen az univerzum: „Ha végtelen lenne, az mintha nem állná ki az értelem próbáját: ha ugyanis végtelen, akkor például óhatatlanul lennie kell valahol egy másik olvasónak, olyanak, mint mi, aki ugyanezt a könyvet olvassa. A végtelen tényleg felmérhetetlenül nagy, és az atomoknak nincs elegendő kombinációjuk ahhoz, hogy az egészet egymástól különböző dolgokkal töltsék ki.” „Két képtelen lehetőség: az abszurd végtelen tér (erre is kapunk elegáns gondolat kísérletet, amely kizárja, hogy ilyen lenne – Osman P.) és az ugyancsak abszurd határok övezte véges univerzum, és mintha nem lehetne közöttük értelmesen választani. Einstein azonban talált egy harmadik lehetőséget: az univerzum lehet véges és mégis határtalan.” A megoldás: „Az általános relativitáselméletben a háromdimenziós tér is görbült.” – S ha valaki ebben a „hipertérben” elveszettnek érzi magát, mert bölcselme ezt már álmodni sem képes, nyugtassa, hogy sokan vagyunk hasonlóképpen.

Üdv az új valóságban! „Itt az ideje, hogy néhány következtetést levonjunk arról, pontosan mit mond nekünk a kvantummechanika a világról. Ez nem könnyű feladat, mert a kvantummechanika fogalmilag nem világos, és tényleges jelentésén továbbra is megy a vita, mégis rá kell szánunk magunkat, mert a továbblépéshez tisztázni kell egyet s más. Úgy vélem, a kvantummechanika három dolgot tárt fel a dolgok természetéről: a granularitást (szemcsésséget), az indeterminizmust (meghatározatlanságot) és a relációsságot (viszonylagosságot). Nézzük őket közelebről!”

Már csak egy részlet a „romboló” felfedezésekből: „Több mint egy évszázada tudjuk már, hogy az időt helyhez kötött jelenségnek kell elgondolnunk: az univerzumban minden objektumnak megvan a maga időfolyama, és annak az ütemét a gravitációs mező határozza meg. De már ez a helyi idő is felmondja a szolgálatot, ha tekintetbe vesszük a gravitációs mező kvantumtermészetét. Nagyon kis léptékben a kvantumeseményeket már egyáltalán nem a folyó idő állítja rendbe. Az idő ebben a tekintetben megszűnik létezni. ... *Az idő folyása nem kívül, hanem belül van a világon, az idő magában a világban születik*, a kvantumesemények közötti kapcsolatokról: ők a világ, és maguk keltik a maguk idejét.” S hozzá Szent Ágoston szavai: *’A teremtés előtt nem volt idő, mert ez maga a teremtmény.* ... Meg kell ugyanis érteni, hogy te (Isten – Osman P.) nem idővel és időben előződ meg az időt. Ha így előznéd, nem tudnál minden időt megelőzni; hanem örökkévalóságod magas jelene előz meg minden múltat, az áll fölötte minden jövőnek; mert ami jövő, beteljesedésekor múlttá válik; te pedig ugyanaz vagy és esztendeid nem fogynak el” (Zsolt. 101,28) (Szent Ágoston vallomásai, fordította dr. Vass József, <http://mek.niif.hu/04100/04187/04187.htm>).

A kaland ezzel új szintre lép – sok sikert a követéséhez, érdemes próbálkozni!

Dr. Osman Péter

* * *