

Christophe Galfard: Kezedben az univerzum. Park Könyvkiadó, 2021; ISBN: 9789633556443

„Kvantumszabály: Ami lehetséges, az meg is történik.”

„Lényegében minden kvantumrészecske képes egyszerre egymást kölcsönösen kizáró állapotokban létezni.”

„A kutatást már több mint egy évszázada az intuíció vezérli, ha nem is az a típusa, amely a mindeddig a fajunk fennmaradását szolgáló hétköznapi gondolkodáson alapul.”

(Forrásmegadás nélküli idézetek a könyvből, kiemelések a recenzió szerzőjétől.)

A *Goodreads* idézi a *New York Times* recenzióját: „Miből áll az univerzum? Milyen meszszire tudunk ellátni? Lehet-e tudni valamit a világegyetem történetéről? Van-e egyáltalán története? *Christophe Galfard* nemzetközi hírű francia fizikus csodákban és meglepetésekben bővelkedő utazásra hív bennünket az univerzum múltjába, jelenébe és jövőjébe. A *Kezedben az univerzum* korunk legizgalmasabb tudományos területei és témái – kvantumfizika, általános relativitáselmélet, időutazás, párhuzamos valóságok, multiverzumok – közül jár körül néhányat. Élvezetes és közérthető bevezető mindazok számára, akiket érdekel csodálatos világegyetemünk. Könnyed és közvetlen stílusa tökéletesen megfelel azoknak az olvasóknak is, akik nem feltétlenül rendelkeznek tudományos előismeretekkel. A *Kezedben az univerzum* rámutat, hogy miképp hoz közelebb bennünket a modern tudomány a valóság végső megértéséhez. – *The New York Times*”

Ugyancsak a *Goodreads* róla: „Elméleti fizikából szerzett PhD-fokozatot a Cambridge University-n. Társszerzője Stephen Hawking és leánya első fiatal felnőtteknek szóló könyvének: George titkos kulcsa az univerzumhoz. Az utóbbi pár évben az univerzumról tartott előadásainak és az arról írt élő műsorának 130 ezernél több nézője volt minden korosztályból és műveltségi rétegből.”

A könyv eredeti kiadója, a *Pan MacMillan* ajánlójából: „A könyv csodákkal teli utazásra visz haldokló Napunk felszínére, összezugorít bennünket egy atom méretére, és távoli fekete lyukak halálos ölelésébe helyez. Az út során az ember eljuthat a megértésére, valóban a megértésére az elménket próbára tevő tudománynak, amely része a modern élet alapjainak, a kvantummechanikától Einstein általános relativitáselméletéig.

Bátorításul *Galfardtól*: „A könyvben nem lesznek egyenletek, kivéve egyet: $E = mc^2$.” És „[v]ágyam, hogy a könyv olvasása közben egyetlen olvasó se maradjon le. Utazásra indulunk a tudomány által ma ismert univerzumba. Mélyen hiszek benne, hogy mindenki megérti az egészet.” – A tisztesség kedvéért: ezt ne vegyük szó szerint. Az elméleti fizika tételeit és felfedezéseit alapvetően a matematika nyelvén írják, s azokat gyakran igencsak nehéz lefordítani köznapi gondolkodásra. Ugyanakkor, aki szereti a komoly dolgok kellemesen laza stílusú, gördülékeny előadását, a napi életből vett szemléletes párhuzamokat, gyakran csevegő tálalással, nagyon élvezi majd mindezt. *Galfard* előadásmódjának fontos része, hogy a képzele-

tünetet viszi olyan – olykor ráérősen színezett – felfedezőutakra, amelyekben megmutatkoznak a szóban forgó természeti jelenségek és törvényeik.

Sokat filozofál, egyebek közt arról, *képes-e az emberi elme felfogni a világmindenséget. Optimista igennel válaszol, bár a sokféleség, a méretek és a számosságok nagyságai gyakran sokkal inkább felfoghatatlannak érződnek. A könyvben több vonatkozásban is megjelennek a megismerésnek a tudomány mai állása szerinti határai, ám az a meggyőződés is, hogy a kutatás ezeken majd túl tud lépni.*

Jó tanács: A speciális relativitáselmélettel foglalkozó fejezetnél ne akarjuk köznapi ésszel megérteni, miért van, hogy a fénynél semmi sem lehet gyorsabb, s főként, hogy miként igazodik ehhez az egész fizikai világ. Nem megy... Másutt is, pl a kvantumfizikánál, elmondja, hogy bizonyos dolgokat „a természet nem enged meg”. Sose kérdezzük, ki/mi szabta ezeket a törvényeket – nincs válasz, talán majd egyszer!

Képzeloerőt végsőig feszítő rész szól a kvantumvilág különleges alkotórészeiről és mechanizmusairól – csak ne kérdezzük, mi hozhatta létre ezt a felfoghatatlanul finoman kimunkált, precíziós alkotást!

A felszín ugyanakkor többnyire egészen világos: pl. pár érthető mondattal levezeti, miért következik az anyagok szilárdsága a Pauli-féle kizárási elvből, miben másak ebben a gázok és a folyadékok; vagy épp miként keletkezik magfúzió az energiakibocsátás.

A nehézségeket sem titkolja. A végső alapok, a kvantumgravitáció birodalmának kutatásáról: „Az univerzum itt már olyan rejtélyé válik, amelyben bizonyos értelemben megáll a [mai] tudásunk, és kezdetét veszi a tiszta elméleti kutatás.” Elmondja, miként képes már a tudomány valamelyest túllátni az utolsó szórásfelületen, „[v]iszont a kvantumgravitáció falán átjutni, az már egészen más. Még abban sem lehet biztos senki, hogyan gondolkodhat a rajta túl eső világról.”

S mielőtt kissé alaposabban is beletekintünk, még egy kis részlet mai, felettébb különleges világképünkből, valamint egy kimagasló jelentőségű jó hír, némi figyelmeztetéssel a továbbiakra vonatkozóan, mindez a Fejesugrás a kvantumvilágba rész Az elektronok könyörtelen világa c. fejezetéből (a címeket is ízelítőül idézzük).

Mai világképünkből: „Amennyit most megtudtunk az elektronokkal és a fényvel kapcsolatban, azt száz évvel ezelőtt legfeljebb maroknyi ember tudta, többségükben rendkívül okosak is voltak, és ezekért a felfedezésekért Nobel-díjban részesültek. És ez még mind nem elég. Nekik köszönhetően most már szinte mindent meg tudunk magyarázni, ami körülöttünk történik, a paradicsom színétől kezdve a fal és a talaj szilárdságán át egészen odáig, hogy mitől ugrik ki a kezünkből a mágnes, és miért tapad rá a hűtőszekrény ajtajára. Mindazt, amit én, vagy mi, vagy a barátaink naponta átélünk, jórészt az egymásba átalakuló anyag és fény játéka irányítja, valamint az, hogy az elektronok kategorikusan nem hajlandók megosztani a téridő apró darabkáját sem önmaguk hasonmásaival.

Ha majd legközelebb valakit megölelünk, bátran képzeljük el, hogy virtuális fénygolyók keletkeznek, aztán ahogy közeledünk egymáshoz, egyre izgatottabbak lesznek, míg végül

az elektronok a Pauli-féle elvnek engedelmessé válnak úgy döntenek, hogy ennél közelebb már nem mehetünk egymáshoz. Nem biztos, hogy ezt a meglepő tényt már az első randin érdemes szóba hozni, persze ki-ki döntse el maga.”

A jó hír, némi figyelmeztetéssel: „Mielőtt folytatnánk utunkat az általunk ismert anyagon keresztül, íme egy újabb jó hír: 2014-ben az Európai Nukleáris Kutatóközpont (CERN) lenyűgöző föld alatti tudományos laboratóriumaiban végzett kísérletek megerősítették, hogy az emberiség elméletileg már mindent felfedezett, amit a minket alkotó anyagról tudni kell. Mindent. Ami nem azt jelenti, hogy ne maradt volna több rejtély (egy csomó ilyenmel még a hatodik részben találkozni fogunk). Azt azonban igenis jelenti, hogy 2014 óta olyan képünk van az univerzum megismert összetevőiről, hogy az nagyjából mindent felölel, amit a modern technika hatókörében egyáltalán vizsgálni vagy felfedezni lehet. Ebbe a képbe beletartoznak az atommagok is; már alig várjuk, hogy őket is megvizsgálhassuk. És aki úgy sejtje, hogy ott lent még különös dolgokkal fog találkozni, annak tökéletesen igaza van.”

Ide bizony óhatatlanul is befurakszik némi déjá vu érzés. Közkezen forgó állítás, hogy a 19. sz. vége felé a tudósok széles körében úgy vélték, a fizika már minden lényegeset felfedezett – s tudjuk, milyen égszakadás-földindulás következett hamarosan a tudományban. Mester András Ericsson-díjas és Rátz Tanár Úr-életműdíjas matematika–fizika szakos tanár írja internetes bejegyzésében: „1867-ben az érettségi előtt álló Max Plancknak fizikaprofesszora, Philip von Jolly azzal a megjegyzéssel hűtötte az elméleti fizika iránti érdeklődését, hogy 'ebben a tudományágban már szinte mindent felfedeztek, és már csak néhány jelentéktelen lyukat kell betönni.'” Ki tudhatja, milyen új fordulatok várnak ránk a tudományban a következő sarkokon túl.

A megismerés szövevényes útjáról: „Nagyjából huszonkét éves lehettem, amikor érdekelni kezdett az, amit némelyek talán 'kemény' fizikának hívnak. Előtte néhány évig tiszta matematikát tanultam, egészen megkapott a szépsége. Az első cambridge-i évemet megelőző nyáron elolvastam néhány szakkönyvet, múltbeli meg kortárs mesterek műveit, hogy némi képet kapjak arról, mit állít a tudomány a körülöttünk lévő világról. Legfőképpen a kvantumvilágra koncentráltam. Végül is, mint a Negyedik részben kiderült (a könyv részeire utal – Osman P.), az egészen parányi dolgok világa rejlik mindannak a mélyén, amik mi magunk is vagyunk. Ott találjuk meg mindannak az építőköveit, ami a világegyetemben van – igazából még Einstein általános relativitáselméletéhez is tudnunk kell, hogy mit tartalmaz a világ, más-különben az egyenletei nem tudnák megmondani, hogyan néz ki nagy léptékben. Számos fizikai Nobel-díjat ítéltek oda tudósoknak az egészen parányi dolgok területén elért úttörő eredményeikért.

Mondanom sem kell, nagyon izgatottan vártam ezt az előttem álló utazást, és ahogy elkezdtem foglalkozni e korszakalkotó szellemek elméleteivel, gyakran lejegyeztem fantasztikus gondolataikat, hogy biztosan jól megértsem őket: (Vigyázat, szédítő szavak következnek! – Osman P.)

Azt hiszem, nyugodtan kijelenthetem, hogy a kvantummechanikát senki sem érti. – *Richard Feynman*, 1965, fizikai Nobel-díj

Az Úristen titkolózik, de nem rosszindulatú. – *Albert Einstein*, 1921, fizikai Nobel-díj

A kvantumugrásokat egyetlen nyelv sem képes leírni, amely számít az elképzelhetőségre. – *Max Born*, 1954, fizikai Nobel-díj

Akiket nem döbbsent meg a kvantumelmélettel való találkozás, azok valószínűleg fel sem fogták. – *Niels Bohr*, 1922, fizikai Nobel-díj

Átgondoltam a dolgot. Lehet, hogy Isten rosszindulatú. – *Albert Einstein*

Kilenc hónappal azután, hogy megérkeztem Cambridge-be, Stephen Hawking professzortól, korunk egyik leghíresebb (és legzseniálisabb) fizikusától lehetőséget kaptam, hogy PhD-diákja legyek a fekete lyukak és a világegyetem keletkezésének témakörében. Kötelező lesz a mély gondolkodás. Így hát a következő nyarat azzal töltöttem, hogy újból átnéztek minden elérhető anyagot úgyszólván mindennel kapcsolatban – és nagyjából addig jutottam, ahol most az Olvasó tart a könyvben. (Ötödik rész – A téridő megjelenése kezdete – Osman P.) Az volt a célom, hogy Hawking vezetésével összerakjam mindezt, és még jóval tovább jussak. Most viszont ránk vár, hogy ugyanezt megtegyük. *Mi maradt hátra? Akkor íme egy kis fejtörő.*

1979-ben egészen különleges fizikai Nobel-díjat kapott három elméleti fizikus: Sheldon Lee Glashow, Abdus Salam és Steven Weinberg. Hosszú évek óta próbálták megérteni a nem sokkal korábban működés közben is megismert gyenge magerő néhány meglehetősen sajátos jellegzetességét. Valami hihetetlen dologra jöttek rá: hogy az elektromágnesség és a gyenge magerő ugyanannak a nagyon régen létezett erőnek és mezőnek a két különböző oldala. Felfedezték, hogy világegyetemünk első napjaiban a világot betöltő láthatatlan kvantumtengerek közül legalább kettő egységes volt, ez alkotta az úgynevezett elektrogyenge mezőt. Ez önmagában is egészen rendkívüli áttörést jelentett (megérdemelte a Nobel-díjat), de *valami még sokkal nagyobb dolog előtt is utat nyitott: azt az elképesztő lehetőséget vetette fel, hogy a természetből eddig ismert összes erő egyetlen erőben (következésképpen egyetlen elméletben) egyesíthető. Erre az egyesítésre törekvés rejlik minden mögött, amit innen kezdve át fogunk élni. Ebből a célból utazunk el a tér és idő kezdeteihez, egy fekete lyuk belsejébe, sőt még az univerzumon kívülre is.*

Ami pedig – újabb csavar! – így kezdődik: „Mielőtt azonban oda eljutnánk, meg kell tudnunk, mi marad, ha valahonnan mindent kitakarítunk, ami benne volt” – s jön a fejezetcím: „*Olyan, hogy semmi, nem létezik.*” Szédítő menettel indul: „meg kell barátkoznunk azzal a fogalommal, amelyet a tudósok vákuumnak neveznek. *Ennek alapján értelmezik ma az elméleti fizikusok a kvantumvilágot: a vákuum olyan szellemi konstrukció, amelynek segítségével számtalan újabb és újabb kísérlettel igazolt, hihetetlenül pontos előrejelzést tehetünk.*

Vegyünk egy helyet vagy területet bárhol az univerzumban, és szabaduljunk meg mindattól, ami benne van. De valóban mindentől. *Fura módon nem üresség marad vissza*, pedig tényleg alaposan kitakarítottunk belőle mindent. Fel lehet ezt fogni? Aligha. Csakhogy a

természet füttyül rá, mit tartanak érthetőnek az emberek.” S ez még fokozható: „Hogy miért? Mert bizonyos dolgok körülöttünk nem bírják, ha nézik őket. Ilyen a vákuum is, amellyel hamarosan találkozni fogunk.”

Felfedező utunkról az univerzumban (természesen Galfarddal és könyvével): Az indító fejezet elején „[h]irtelen tovatűnik 5 milliárd év, és egyszer csak arra eszmélünk, hogy a világűrben, csak lebegünk a nagy ürességben. Éterivé váltunk. Színtiszta képzeletté. De időnk sincs eltöprengeni, hogy mi történt, vagy kiáltani, mert a lehető legkülönösebb helyzetbe kerültünk.” S egy új *Jelenések könyve*: látunk egy egész megolvadt bolygót, egy óriási, forgó, növekvő csillagot repülni az űrön át, amely „vörös színben tündököl, milliófokos plazmaszálakat lövell ki magából, amelyek kis híján fénysebességgel száguldanak Egyszerre szépséges és szörnyűséges, amit látunk. Valójában az egyik legviharosabb eseménynek vagyunk tanúi, amire a világegyetem egyáltalán képes. A csillag már meghaladt minden elképzelhető méretet, a folyékonná vált bolygót pedig foszlányokra tépik az erejét többszörösen meghaladó erők. A csillag egyre csak tágul, már százszor akkora, mint kezdetben, és akkor hirtelen felrobban, összes anyagát szétszórja a világűrbe.” Barátságtalan egy indítás: a Nap és a Föld jövőbeni halálát láttuk. „Aki ezt olvassa, annak az imént már 5 milliárd évet kellett utaznia a jövőbe. Biztosak lehetünk benne, hogy képzeletünk remekül működik, és ez csodálatos. Másra nem is lesz szükségünk, hogy beutazzuk a teret, időt, anyagot és energiát, és felfedezzük mindazt, amit a 21. század eleji nézőpontból a világról tudni lehet. Ebben a könyvben nagyjából mindezzel találkozni fogunk. Miközben átutazunk az univerzumon, felderítjük majd, mi az a gravitáció, hogyan hatnak egymásra az atomok és részecskék egymás érintése nélkül. Meg fogjuk tudni, hogy a világegyetem túlnyomórészt rejtelmekből áll, és pontosan ezek vezettek el oda, hogy újfajta típusú anyagot és energiát is bevezettünk. A 'sötétet'!

Azután, hogy már találkoztunk mindazzal, amit ma tudni lehet, fejest ugrunk az ismeretlenbe, megnézzük, min dolgoznak korunk legokosabb elméleti fizikusai, és hogyan magyarázzák azt az egészen különös világot, amelyben élünk. Párhuzamos univerzumokról, multiverzumokról, további dimenziókról is szó lesz. Az elmúlt évtizedek felfedezései mindent megváltoztattak, amit korábban igaznak hittünk: *világegyetemünk nemcsak mérhetetlenül nagyobb a vártnál, de hihetetlenül szebb is, mint elődeink gondolták.*

A képzeletbeli utazás előbb a Holdra, majd a Naphoz, sőt annak belsejébe visz, a termokémiás fúzió világába. Galfard elmagyarázza a működését, s a Nap majdani halálát „A számítások eredménye szerint nagyjából 5 milliárd év múlva”.

Következik a „*kozmosz családunk*” fejezet, kifelé a Naprendszerből, az Oort-felhőhöz, majd egy „dühödtt vörös törpe”: a Proxima Centauri. Innen a Tejút legfényesebb pontja felé vezet az út, s a következő fejezetcím: „Egy kozmikus bestia”. A szupergyors S2 csillag vezet a nyomára, s egy minden sci-fi képzeletet szélsőséig feszítő leírással zuhanunk a fekete lyukba. Ám ahogy a főhős nem halhat meg a film elején, utazásunk sem érhet itt véget, hiszen odalennének a további felfedezések. Ellentétben azzal, amit a fekete lyukokról

általában tudni vélünk, „[t]úl gyorsan zuhantunk befelé, és kiperdültünk, nem értünk el a láthatatlan bestiáig, ahogyan a csillag sem, amelynek anyaga átváltozott az emberiség által ismert két legnagyobb energiájú fény kettős csóvájává: röntgen- és gamma sugarakká.” S a magával ragadó stílus, amely kevésbé sajátja az ismeretterjesztő könyveknek: „A sugárcsóva ugyanolyan elképesztő sebességgel száguld, mint mi magunk. Mintha egy hatalmas ujj mutatná nekünk a célt, és gyűrűként magára húzta volna az egész Tejutat. Talán még nem jött el az ideje, hogy bele vessük magunkat a fekete lyukba. Talán a természet még többet akart mutatni nekünk a világegyetem szépségeiből azelőtt, hogy beleengedne a fekete lyuk halálos szorításába.” – Galfard egész biztosan, hiszen még csak az első részben járunk, hat további vár még ránk.

Már a Tejútnál járunk, és „[a]ki nem nagyon tudja felfogni, mit jelent 300 milliárd külön-külön lebegő csillag, ne izgassa magát – igazából senkinek sem megy.” S az út folytatódik: „Egy áldott, tiszta pillanatban hirtelen mindent látunk. Galaxisok tucatjai, százai, ezrei, milliói, százmilliói. Mindenféle különféle méretű, folyton alakuló csoportok. Szálakra emlékeztető struktúrákká állnak össze, és szelik át keresztül-kasul az egész látható világegyetemet.”

S íme „[a] világegyetem első határoló fala” – „[a]z utolsó szórásfelület”. Utunk ismét felidézi a nagy Hamlet-sejtést, („Több dolgok vannak földön és egen, mintsem bölcselmünk álmodni képes”) mindazzal, amit Galfard mutat, s még inkább, ha belegondolunk: univerzumunk a térből áll, amely „sohasem teljesen üres”, és – a később sorra kerülő sötét anyagtól eltekintve (Hatodik rész – Váratlan rejtelmek), túlnyomó részben izzó nukleáris reaktorokból (csillagok), azok múmiáiból, és elképzelhetetlenül nagy, a saját gravitációs terükben rejtőzködő „bestiákból” (fekete lyukak) tevődik össze.

A felfedezőút folytatódik. A Tejút egy kis galaxiscsoport része, „a miénknél sokkal nagyobb csoportokat galaxishalmazoknak nevezik”, „miközben száguldunk tovább, olyan szuperhalmaznak nevezett hatalmas halmazok mellett húzunk el, amelyek gravitációval összekötött, a téridőben szétterpeszkedő, megszámlálhatatlanul sok csillagot és fekete lyukat tartalmazó fénylő spirálok és ovális korongok tizezeiből állnak. Ezek a szuperhalmazok észbontóan hatalmas struktúrákat alkotnak.” „Mámoros boldogságban keressük a világegyetem végét, de semmit sem találunk, ám képzeletünk kezd lomhábbá válni, mert egyre ritkábbak körülöttünk a galaxisok. Az őket alkotó csillagok meg egyre nagyobbak tűnnek. Most már tényleg eszméletlenül nagyok. Innen nézve némelyik már több százszor akkora, mint a ma ismert Tejút átlagos csillagai. És csak törünk előre, ha lassabban is. Meredeken csökken előttünk a ragyogó fényforrások száma. Amikor pedig elérjük a Földtől számított 13,5 milliárd fényév távolságot, lényegében minden fényforrás eltűnik. Lehetséges, hogy elérünk oda, ahová akartunk? Tényleg van vége a világegyetemnek?”

A fény segítségével látott és valaha is látható világnak valóban van határa. Képzeletünk még nem jutott el eddig a határig, de hamarosan el fog. Jelenleg térben és időben olyan messze jár, hogy az első csillagok még meg sem születtek. Éppen ezért azt a pontot, amelyen

most áthaladunk, a *kozmosz sötétség korának* nevezik. *Minden onnan érkező, ma látott fény 13,5 milliárd év alatt ért el hozzánk.*”

Az utolsó szórásfelület. „Ahogy repülünk egyre tovább, előre, felkészülve a sötétség örökös uralmára, egyszer csak elérkezünk egy olyan pontra, amelyen már a fény sem képes átjutni. Ez a felület fal térben és időben is. Mögötte nem is sötét az univerzum, hanem átlátszatlan. (Itt nagyon fontos, hogy ne feledjük: egyszerűbb értelmezésben nem térben, hanem az időben utazunk. Nem az univerzum átlátszatlan részéhez érkeztünk, hanem az időhöz, amikor az még teljes egészében átlátszatlan volt. Miért? Galfardtól azt is megtudjuk. Amint azt is, hogy '[I]étezik fény az előttünk álló felületen túl is, csak éppen nem terjedhet szabadon.' Ám a modern felfogás itt sem ilyen kegyes hozzánk: Galfard szavai szerint az einsteini téridőben az átlátszatlan rész egyszerre hely és idő – Osman P.)

Az elméleti fizikusoknak csak több évtized alatt sikerült megérteniük, hogy mit jelent ez. A végén, mint a következő fejezetben látni fogjuk, egészen zseniális ötlettel álltak elő, s az az egészet megmagyarázza. Ezt nevezzük az ősrobbanás elméletének. Egyelőre azonban bele kell törödnünk, hogy egész egyszerűen *eljutottunk a látható világegyetem végéig. Ezt a felületet érzékeli a távcsöveink, és sikerült is feltérképeznünk. Olyan falfelület, amelyen semmilyen fény nem juthat keresztül. Úgy nevezik: utolsó szórásfelület, amely mögött a fény nem terjedhet szabadon.*”

Tovább is van: „Előzetesként hadd mondjak csak annyit, hogy az utolsó szórásfelületnél, annál a felületnél, amit mi magunk is látunk, nem ért véget a történet. *Rajta túl is van még legalább két felület, mögöttük pedig falak. Az első maga az ősrobbanás. A második mögött pedig az rejlik, ami az ősrobbanást okozta. Mielőtt ez a könyv véget érne, elutazunk a második falig, sőt azon túlra is.*”

A modern, intellektuálisan nem igazán igényes tömegszórakoztatás egyik alapeszköze, hogy folyamatosan fokozni kell a borzongást. Könyvünk ezt intellektuális igénnyel adja, pl. ha most egy salto mortaléval a következő részbe – A világűr értelmezése – ugrunk, ott megtudjuk, hogy az *univerzum még alakváltó is.*

Newton almájától Einstein gumilepedőjéig: a történet annak kutatásáról szól, mi is és miként működik a gravitáció. „Newton képletét majdnem kétszáz éven át minden gond nélkül használták, ám az egyik tudós tökéletesen eszement ötlettel állt elő a gravitációra vonatkozóan. (Remek és sorsdöntő felfedezésre vezető gondolat kísérlet következik! – Osman P.) Képzeljük el az űrben a Napot a körülötte keringő Merkúrral, s feledkezzünk meg minden másról. Az univerzumban csak ők ketten léteznek. Most szabaduljunk meg a Merkúrtól. Aztán még a Naptól is. Semminek nem szabad maradnia. *Nem lehet-e, hogy a gravitáció ezzel a megmaradt semmivel függ össze, vagyis magának az univerzumnak a szövetével (bármit jelentsen az)?* Hogy megtudjuk, mi lenne ebben az esetben, tegyük vissza a Napot a helyére, és kezdjünk el gondolkodni. *Ha egy pillanatra elképzeljük, hogy a világegyetem szövete alakítható, a Nap egyik legegyszerűbb hatása az lehetne, ha meggörbítené. [Így] a gravitáció egyszerűen ennek a görbületnek a következménye lenne: az esés nem valami erő hatása vol-*

na, hanem csak lecsúszás az univerzum szövetének láthatatlan lejtőjén. Igen, örült ötlet, de végül is miért ne lehetne kipróbálni? Hogyan mozognának a dolgok egy ilyen világegyetemben?” Galfard elmondja: a bolygókra elvégzett geometriai számítások pontosan ugyanazt az eredményt adták, mint a Newton-féle számítások, egy kivétellel: leírták azt az apró eltérést is, amelyet a Merkúr pályája mutat a newtoni számításhoz képest. *„A gravitáció titka egyszerűen feltárult. A gravitáció a világegyetem szövetének görbülete a benne lévő testek körül. Newton ezt nem látta meg. És sokáig senki más sem; és még ma is csak próbáljuk kitalálni, hogy ennek a szemléletnek milyen következményei vannak.”* Az új megoldás létrehozója *„Albert Einstein, az imént ismertetett elméletet pedig, amelyik az anyag és a világegyetem lokális geometriájának összekapcsolásával adja meg a gravitáció elméletét, általános relativitáselméletnek nevezzük.”*

S következik, hogy a közönséges ész megáll, s még tátogni sincs ereje: *„A tudósoknak jó időbe telt, amíg rájöttek, hogy Einstein melleleg minden tekintetben forradalmasította a szemléletünket. Arra jött rá, ... hogy az univerzumnak nemcsak alakja van, hanem még dinamikus is, vagyis változik az időben. A csillagok, bolygók és minden más mozgásával együtt mozog a görbület is, amelyet a világegyetem szövetében keltenek. És ami igaz ezek körül a testek körül lokálisan, az érvényes lehet az univerzum egészére nézve is. Más szóval, bár Einstein maga sem hitt benne, felfedezte, hogy az univerzum időben változik, talán jövője is van. Márpedig aminek van jövője, annak múltja, története, sőt még talán kezdete is lehet.”* [Egy intellektuális mélyítés ehhez Carlo Rovelli: Az idő rendje c. könyvéből (Park Könyvkiadó, 2018): *„A jelen állapot épp annyira határozza meg a világ jövőjét – sem jobban, sem kevésbé –, mint a múltját.”*]

Einsteini következmények a megismerésben: *„2015 szeptemberéig technikai fejlettségünk nem sok választási lehetőséget adott a világűrbeli érkező információk felfogására: a fényre kellett hagyatkoznunk. Más módszerünk nem volt a kozmosz távoli szegleteinek kifürkészésére. Ám ez most gyökeresen megváltozott. Egy újfajta eszközzel sikerült kimutatni egy addig érzékelhetetlen jelet. Azt nem a fény közvetíti. Amint 2016. február 11-én bejelentették, a világegyetem szövetének hullámainak fogták fel, mérték és elemezték. Ezek a hullámok nem fényből állnak, hanem, mint hamarosan látni fogjuk, térből és időből; ezek a hullámok összenyomják a teret és az időt, ahogyan fénysebességgel átszáguldanak mindenben. Ezek az egészen speciális hullámdetektorok új ablakot nyitnak a világ vizsgálatára: ettől kezdve azt is kimutathatjuk, ami fény segítségével nem látható. És akit érdekel, hogy mi az, jó helyen jár, ha a fekete lyukak meg az ősrobbanás környékén tapogatózik.”* [Carlo Rovelli az új világképről (A valóság nem olyan, amilyennek látjuk – A dolgok elemi szerkezete – Park Könyvkiadó, 2019): *„Az elmélet [Einsteiné] 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 a hatása megfigyelhető a kettős csillagokon: azok gravitációs hullámokat bocsátanak ki, ahogyan energiát veszítenek*

és lassan egymás felé esnek. *Az Einstein-elmélet látszólag eszement előrejelzése ismét beigazolódott.*”]

Jöjjön újabb salto mortale, ezúttal *A világűr értelmezése* rész *A gravitáció és a gravitációs hullámok érzékelése* c. fejezetéhez. „Egyszer csak megértjük, hogy valójában még a Földön is minden egyfolytában zúg lefelé a bolygónk anyaga által keltett lejtőn. Bolygónk éppen emiatt és így rétegződik az ég tetejétől a legbelsőbb magjáig: felül vannak a legkisebb sűrűségű részecskék, a legnagyobb sűrűségűek pedig mélyen eltemetve. Évmilliárdokba telt, amíg ez az egyensúly kialakult.”

A lényegre: „Minden dolog minden irányban gravitációnak nevezett láthatatlan lejtőt alakít ki, s minél nagyobb a tárgy sűrűsége, annál meredekebbet. De ha minden, aminek tömege van, meggömbíti a világegyetem szövetét, akkor nyilván a fény is, gondoljuk, mert az energia = tömeg, és megfordítva, ahogy az $E=mc^2$ mondja. De vajon igaz-e ez? *Tényleg minden görbületet kelt a szövetben, még a fény is? És mi az ördög lehet ez a szövet? Mi a helyzet a világegyetem szövetével? Mi az a szövet? És mi görbül meg? Nos, éppen erre jött rá Einstein.*”

Kapaszkodni tessék rázós meredek jön! „Az $E=mc^2$ -tel megmutatta, hogy a tömeg és energia közti megkülönböztetés lényegtelen, tömeg és energia ugyanannak a dolognak a két oldala. 1915-ben pedig azt mutatta meg, hogy bármely adott helyen az ott jelen lévő anyag és energia határozza meg a világegyetem alakját. Mellesleg attól az elképzeléstől is megszabadult, hogy a gravitáció erő volna. A gravitáció pusztá geometria. Görbületek és lejtők. Az anyag és az energia által létrehozva. De hát minek a geometriája? Van itt egy áthidalni való fogalmi szakadék: a világűr, noha üresnek tűnik, nem üres. És nem is statikus. Pontosan attól lesz mozgó, változó geometriai test, amit eddig úgy neveztem: 'a világegyetem szöveve'. Einstein felfedezte, hogy ez a szövet a tér és az idő keveréke, és ez a kettő, mint azt az elmúlt században megtanultuk elfogadni, elválaszthatatlan egymástól. A világegyetem szövetét most már tehát inkább téridő néven ismerjük, és Einstein általános relativitáselmélete arról szól, hogyan görbíti meg ezt a téridőt mindaz, ami benne van, és megfordítva. Egyfelől anyag és energia, másfelől a téridő geometriája azonos fogalmak, legalábbis, ami a gravitációt illeti.

Mi azonban mindeddig csak a tér görbületét észleltük. Az időét nem. Legalábbis azt hittük, hogy nem. *Valójában az idő folyamatosan görbül.* Most is, itt körülöttünk. A hatása túl gyenge, érzékszerveinkkel nem is észleljük, de *nemsokára olyan helyekre is el fogunk jutni, ahol egészen nyilvánvaló és rendkívül kellemetlen lesz az idő görbülete.* Megtapasztaljuk majd a Harmadik részben a repülőgépen, és a Hatodik részben is, ahol végül fejest ugrunk majd egy fekete lyukba.” – Most szépen sorra veszi az égitestek görbítő hatását, kezdve a Földdel, említve a Hold árapálykeltő hatását, majd jön a Nap „a maga meredek görbületű téridőlejtőjével, azon pedig a Naprendszer összes bolygója, üstököse és aszteroidája kering különböző sebességgel és magasságban, és elsűvít, mint golyó a tál falán. Aztán van némi versengés a szomszédos csillagokkal is...” és így visz tovább a világűr mélységei felé.

„A Tejút összes csillagának téridőgörbülete együttesen a mi galaxisunk görbületét, gravitációs terét hozza létre, s az verseng a szomszédos galaxisokéval. Aztán maga a Lokális csoport is más csoportok közös görbületével vetélkedik, és így tovább. Einstein megtalálta, hogyan lehet ezt az egészet egyetlen képlettel leírni. Bravó, Einstein. *S egyenlete alapján arra a belátásra jutott, hogy ezt a hatalmas teret különös hullámok töltik be.*” Voilá!, mondaná egy bűvész, eljutottunk a már említett gravitációs hullámokhoz. Galfard a földi hullámzás analógiáján szemlélteti a magyarázatot, majd „*[m]ármost minek felelnének meg ezek a hullámok a mi univerzumunkban? A szövetében fellépő rándulásoknak.* Ezek lennének a *téridőhullámok*; mi *gravitációs hullámoknak* mondjuk őket. Einstein már 1916-ban megjósolta a létezésüket, néhány hónappal azután, hogy publikálta gravitációelméletét. Ügyet sem vetett rá senki. Évtizedeken át. Aztán már ő sem gondolt rájuk többé, azt hitte, hogy talán csak a számításaiból következnek, a valóságban nem léteznek, amíg végül 1951-ben Yvonne Choquet-Bruhat közölte vele, hogy igaza volt... *Matematikailag bizonyította, hogy ha az általános relativitáselmélet helytálló, akkor létezniük kell gravitációs hullámoknak.* És versenyfutás kezdődött a kimutatásukra.” (Leírás a könyvben – Osman P.)

A modern kozmológia születése: a kozmológiai fejezet indításából: „Van néhány olyan kérdés az életben, amelyre egyetlen válasz, ráadásul egyértelmű válasz adható. Sajnos az, hogy a teljes univerzum hogyan néz ki, mindannak ellenére, amit az imént láttunk, nem tartozik közhözük. *Einstein egyenletei világegyetemünk sokféle különböző globális formáját engedik meg, de mint a Hatodik részben látni fogjuk, egyelőre azt sem tudjuk, hogy miből van.*” És a tudomány haladása: „A látható világ egyszerű modelljét beleültettük Einstein egyenleteibe, és olyasmi jött ki, amit az emberiség történetében Einstein kora előtt soha senki el sem tudott volna képzelni. Pedig *pontosan megfelel annak, amit odafenn, az égen láttunk, és amit a tudósok mindennap látnak: hogy az univerzum fejlődhet (Einstein szerint), és fejlődik is (a megfigyelések szerint).* Ebből a gondolatból született meg a kozmológia, az univerzum múltbeli és jövőbeli történetének megismerését szolgáló tudomány. Einstein előtt csak kozmogóniáink voltak, a világ titokzatos eredetéről szóló történetek, amelyeket azért meséltünk egymásnak, hogy meg ne bolonduljunk. *Most tehát már van tudományunk is, hogy feltárhassuk azt a történetet, amelyet már nem az ember írt, hanem maga a természet.*”

A kozmológiai barbatrükk: „Figyeljük, hogyan alakulnak körülöttünk a pontocskák, és egyszer csak ráébredünk, hogy Einstein egyenletei alapján képzeletben `vissza is forgathatjuk, visszacsinálhatjuk a tágulást. Meg is tesszük. *A látható világegyetem most nem felfúvódik, hanem mindjárt elkezd összeesni.* Kozmikus szemünkkel zsugorodni látjuk: a korábban oly távoli múlt közeledni kezd hozzánk, a jelen felé, felfalva az eljövendő évek képeit. *A Földről látható világegyetem teljes gömbje zsugorodik össze.* És egyre csak zsugorodik. Addig zsugorodik, amíg...”

Egy világfördítő jezsuita: „Nagyjából száz évvel ezelőtt Georges Lemaître belga fizikus és jezsuita pap úgy határozott, hogy a három kozmológiai elv alapján egyetlen, ehhez hasonló képzeletbeli óraműszerű világegyetemet alkot, s annak így megfigyelheti a tágulását

és a zsugorodását az időben. *Egyszerű következtetésre jutott: magának a világnak, ha azt az emberiség, amióta csak az eszét tudja, adottnak tekintette is, valószínűleg volt kezdete.* Einstein egyenleteiből Lemaître, mint utána még sokan mások is, hamar arra a rendkívül aggasztó gondolatra jutott, hogy *bár a világegyetemnek mindig megvolt az összes energiája, annyi, amennyi ma is van, de valamikor nem volt kiterjedése. Sem térben, sem időben.* Ez a gondolat teljes képtelenségnek tűnt, ahogy talán ma is annak tűnik: pedig ez jön ki Einstein egyenletéből. Mai tudásunk szerint azonban ennél jobb gondolat sohasem született még mindannak magyarázatára, amit az éjszakai égbolton látunk.” – Valóban képtelenségnek tűnik, hol ördögben lehetett az az energia, de jön a nem sokkal felfoghatóbb magyarázat.

„Azokat az elméleteket, amelyek szerint a látható világegyetem mai tartalmának valamikor nulla (vagy ahhoz egészen közeli) kiterjedése volt, (*forró*) *ősrobbanás-elméleteknek* nevezzük. (Carlo Rovelli *A valóság nem olyan, amilyennek látjuk* című könyvében már a Nagy Bumm elméletet is megfúrta, s Big Bounce-ról beszél: *'Ha a kvantummechanikát is számításba vesszük, akkor az univerzum nem sűrűsödhet a végtelenségig.* A Kvantumtaszítás visszalöki. Egy összezsugorodó univerzum nem sűrűsödhet egyetlen pontba, hanem visszalökődik, és újból tágulni kezd, mintha egy kozmikus robbanásból született volna.’ – Osman P.) Azért *'forró'*, mert látható világegyetemünk csak egy egészen forró múltban viselhetette el, hogy összes energiája parányi helyen sűrűsödjön. A Nap magja azért forró, mert saját gravitációja összepréselte az összes benne lévő anyagot. *Ha viszont az egész látható univerzumot egyetlen Nap méretű gömbbe sűrítjük, a forróság egészen újfajta szintjéhez jutunk.* 'Ős' azért, mert az egész látható világegyetemet magában foglalja. És *'robbanás'*, mert a rákövetkező tágulás miatt úgy tűnhet, mintha a múltban, közvetlenül az univerzum megszületése után lett volna egy robbanás, pedig, mint később látni fogjuk, szó sincs robbanásról.”

S a felfoghatatlan még fokozható: „Mint később látni fogjuk, *az ősrobbanás nem a téridő meghatározott pontján történt, hanem mindenütt.*” – Köznapi logikánk ezen némileg kikapad: ha a téridő akkor maga is egyetlen pontba sűrűsödött össze, akkor úgy tűnhet, hogy ez a tétel nem bír jelentőséggel. Galfard azonban a három kozmológiai elv alapján egészen más értelmezéssel áll elő, s ebben felbukkan a multiverzum is. Amit erről mond, minden részletében teljesen logikus, csak épp „értem én, értem, de fel nem foghatom!”

A képzelőerőt végsőig feszítő rész szól a kvantumvilág különleges alkotórészeiről és mechanizmusairól. A felszín ugyanakkor többnyire egészen világos: pl. pár érthető mondattal levezeti, miért következik az anyagok szilárdsága a Pauli-féle kizárási elvből, miben másak ebben a gázok és a folyadékok; vagy épp miként keletkezik magfúziónál az energia-kibocsátás.

A továbbiakból (vigyázat: a megfogalmazásban humor és szakmai önirónia is munkál!): „Először is vetünk még egy pillantást *a világegyetemet betöltő kvantummezőkre*, és meg fogjuk látni, hogy bár sok mindent elmondtam eddig róluk, *tökéletesen érthetetlenek.* Aztán a kvantumgravitáció összefüggésében megnézzük azokat a részecskéket, amelyeket ezek a mezők hoznak létre, és *kiderül, hogy azokat sem lehet érteni.* Majd találkozunk egy macs-

kával, amely egyszerre él és hal; *akinek azonban sikerül ezt felfognia, az többé már nem ért semmit.* Ezekről a sikerektől felvértezve *párhuzamos világegyetemekről* fogunk hallani, amelyek elváltak a miénktől, mint ágtól a levél.

Ha már meggyőződünk róla, hogy *a kvantumvilág semmiben nem emlékeztet arra, amilyenek józan ésszel gondoljuk a valóságot*, ismerősebb terepre lépünk át. Mivel az a célunk, hogy előbb-utóbb áthidaljuk az egészen parányi és a nagyon nagy dolgokat elválasztó szakadékot, ismét a nagy összkép felé fordulunk, hogy új szemmel nézhessünk Einstein elméletére, a világegyetem tágulására, a galaxisokra. Abban reménykedünk, hogy mindent megnyugtatóan jól definiálnak találunk.”

Ennyi. Hű segítöm, a számítógép jelzi: ha a karaktereket még szaporítjuk, forró nagy bumm lesz belőle. Pedig nehéz abbahagyni, olyan jó a könyv... .

Dr. Osman Péter