

Katie Mack: *A mindenség vége (mármint asztrofizikai szempontból)*. Typotex, 2022;
ISBN: 9789634931805

„Mihez fogsz Uram, ha meghalok / a kelyhed voltam, ha elpattanok?”

– Rainer Maria Rilke

„Szeretem az olyan dolgokat, amelyeket nehéz elképzelni, viszont hasonlóképp
elképzelhetetlen következményekkel járhatnak. Nagyon szórakoztatóak.”

– Katie Mack szavai a lentebb idézett Quanta-interjú mottójaként.

Kozmológia: minden tudományágak egyik legizgalmasabbja, hiszen a világ olyan alapvető rejtélyeit igyekszik megfejteni, legfőképp a gondolkodási és elemzőképességünk erejével, amelyeknek voltaképp csak ilyen-olyan tükröződéseit észleljük, s a működésük, valamint a perspektíváik nagyságrendjei messze meghaladják a legtöbbször számunkra felfoghatót.

Gondoljunk bele: a világegyetem egy apró szemcséjén élő, valójában igen fiatal civilizáció a maga elkerülhetetlenül is tökéletlen technikai eszközeivel igyekszik kutatni a nagy, és hozzá képest örök és végtelen egészet, s erre támaszkodva, folyamatosan fejlesztett tudásával és intelligenciájával kiismerni azt. Ránézésre lehetetlen küldetés, amely épp ezért még sokkal inkább vonzó. Kissé cinikus megközelítéssel úgy tűnne, hogy majdhogynem a tudni nem érdemes dolgok tudománykörének része, ám erre Mack könyve meggyőzően rációfó. S nélküle is, pragmatikus közelítéssel az előbbi ellen vethető, hogy ennek során úgy fejlesztjük, gazdagítjuk a tudásunkat, a szellemünket, eszközeinket és képességeinket, aminek a gyakorlati életben is igen sok hasznát vehetjük. Mack egyebek közt így ír erről: „A kozmológia tudománya nem arról szól, hogy jelentést adjunk a dolgoknak, hanem sokkal inkább a végső alapigazságok feltárásáról. Ha sikerül pontosan meghatározni az univerzum alakját, benne az anyag és az energia eloszlását, valamint a változását mozgó erőt, azzal a valóság legmélyebb struktúráját tárhatjuk fel. Amikor a fizika fejlődéséről hallunk, hajlamosak vagyunk laboratóriumi kísérletekre gondolni, holott a világot irányító alapvető törvényszerűségekről alkotott tudásunk nagy része nem magukból a kísérletekből ered, hanem abból, hogy megértjük ezek kapcsolatát a tényleges égi megfigyeléseinkkel. Az atom szerkezetének meghatározásához például arra volt szükség, hogy a fizikusok összekapcsolják a radioaktivitási kísérletekből származó eredményeket a Napból érkező fény színképviszonyainak mintázatával. A Newton-féle gravitációs törvény azt állítja, hogy ugyanaz az erő tartja a Holdat a pályáján, mint ami miatt egy kocka lecsúszik egy lejtőn. Ez az elgondolás vezetett végső soron a gravitációelmélet egyik bámulatos átdolgozásához, Einstein általános relativitáselméletéhez, amelynek érvényességét nem is a Földön mért adatok, hanem a Merkúr pályájának furcsaságaival kapcsolatos megfigyelések igazolták, valamint a csillagok látszó helyének vizsgálata egy teljes napfogyatkozás idején.”

A legjobb kutató szellemű Homo sapiens sapiens pedig elsősorban egyszerű választ ad az efféle kutatások miéértjére – George Herbert Leigh világhírű hegymászó (Mount Everest) nyomán –: „Mert ott van!”

Ez a könyv is erről szól. Olvasunk a világmindenség egészének, történetének, szerkezetének, alkotóelemeinek, és az egész egyveleg működésének hihetetlen csodáiról, és próbáljuk érteni is az olvasottakat, a miérteket és mikénteket, amivel persze rendre elakadunk – hiszen, Mack szavával, „az univerzum veszettül furcsa” –, majd újra kezdjük (valahogy úgy, mint „Elönt a sok. Rendezzük. Szétesik. Újra rendezzük. S mi is szétesünk.” – R. M. Rilke, 8. Duinói elégia), mert vonz, hogy egyre többet megértünk, a kibontakozó kép megragadóan izgalmas, és az ilyesfajta gyakorlatok még fejlesztik is a képességeinket, s örömet okoz, ha valami nehezét sikerül megértenünk.

„Az Univerzumnak volt kezdete, és lesz vége is. A modern kozmológia megengedte a fizikusoknak, hogy elmagyarázzák az Univerzum történetét léte első apró másodperc-töredékétől napjainkig. Mi lesz viszont a következő? Már megvannak az eszközeink, hogy kiterjesszük a tudásunkat a távoli jövőbe, és eltöprengjünk a teljes valóság végső sorsán. Ez az ismeretterjesztő szintű könyv végig viszi az olvasót az Univerzum végének öt lehetséges változatán, ahogyan azokat a kozmológusok felvetik, vizsgálva, milyenek lennének azok (ha lenne még ott valaki is, hogy láthassa), s hogy miként tudnak az élvonalat jelentő csillagászati megfigyelések és részecske-fizikai kísérletek beszélni nekünk arról, milyen módon érheti el a kozmosz és minden benne lévő a végső pusztulását.” Így mutatja be Mack e könyvét a saját honlapján (kiemelések a recenzió szerzőjétől).

Csak a nagyon rút kötözködőnek jut eszébe „az Univerzum kezdetéről” Hippói Szent Ágoston Vallomásainak sokat idézett részlete: „Mit cselekedett Isten, mielőtt alkotta az eget és a földet? ... Valaki tréfásan felelt és így bújta ki e fogas kérdés elől: poklot csinált a mélyseges titkait vájkáló embereknek”, ami persze itt csak annyiban releváns, hogy mit is jelent a kezdet, és annak firtatása, hogy az miből lett. Mostanság már a kezdetnek kinevezett híres-neves Nagy Bumm magját adó szingularitás koncepcióját is megfúrni látszanak – pl. Carlo Rovelli annak lehetetlenségéről és helyette a Nagy Visszapattanásról 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. ... A kvantumgravitáció épp annak a felismerése, hogy nincs végtelenül kis pont. A tér oszthatóságának van alsó határa. Az Univerzum nem lehet kisebb a Planck-skálánál, semmi sincs, ami a Planck-hossznál kisebb lenne.” (A valóság nem olyan, amilyennek látjuk – Park Könyvkiadó, 2019; Iparjogvédelmi és Szerzői Jogi Szemle 2020/2. sz. A Planck-hossz e jelentőségét Mack is tárgyalja.) Vajon ha a tudásunk gyorsuló fejlődése közepette is ennyi bizonytalanság övezi a kezdetet, s ki tudja, tisztázzuk-e valaha is, nem állunk-e hasonlóképpen a mindenség végével? A valóban roppant érdekes és a maga nemében nagyon izgalmas könyv érdemeiből ez semmit sem von le!

Mack a honlapján idézi néhány értékelését:

- „Közérthető és könnyen emészthető áttekintést alkot arról, miként érhet véget az Univerzum. Lazán szól, azt az érzést keltve az olvasóban, hogy egy kedves baráttal cseveg

a kávéasztalnál – olyan, aki képes a megsemmisítés fizikáját falatnyi csemegékre tagolni.” – *Discover Magazine*

- „Mack elismeri, hogy sok ilyen elméletet nehéz elmagyarázni a matematika erős felhasználása nélkül – majd szakértő módon megteszi ezt bármilyen egyenlet nélkül.” – *New Scientist*
- „Ámulatba ejtő bemutatása a kozmikus erőknek... Mack szakadatlanul szórakoztató áttekintése tele a tárgya iránti nyilvánvaló szeretetével, és olvasóira is ráragasztja azt az örömet, amelyet a széles és csodás Univerzum felfedezésében talál.” – *Publishers Weekly*
- „Mélyreható szaktudásán túl, Mack ragályos lelkesedése a kozmológiai vég finomabb részletei iránt magasan kiemeli e művét a témáról szóló minden más fölé, amelyet olvastam. Csupán szellemes, csevegő prózával feltárni a különféle formáit az asztrofizikai apokalipszisnak nem lenne elegendő. Mack biztosítja, hogy az olvasó maga is megérti azokat, s ehhez elébe tár briliáns analógiákat, amelyekkel az asztrofizika észbontó egzotikumait magyarázza.” – *The Wall Street Journal*

A *Goodreads* ismertetőjéből: „Az asztrofizika egyik legdinamikusabban emelkedő sztárjától egy jól érthető, megvilágosító erejű betekintés. Milyen lehet a történet vége? Milyennek látszhat majd egy ilyen kataklizma, és mit jelent majd a számunkra? Mack itt élénk szellemességgel és humorral bontja ki ezeket, s észbontó túrara visz a kozmosz mindegyik lehetséges fináléján át. Végigkalauzol bennünket a kvantummechanika, a kozmológia, a húrelmélet és sok egyéb főbb elméletein, egy vadul szórakoztató, meglepően derülátó körúttal a legszélső határaihoz mindannak, amit tudunk.”

A *Simon and Schuster*, a könyv eredeti kiadója ajánlóját azzal indítja, hogy *ezt nevezte az év legjobb könyvének*: *The Washington Post*, *The Economist*, *New Scientist*, *Publishers Weekly* és *The Guardian*. (Igencsak rangos lista!)

Az *Amazon* idézi: „A komoly és ünnepléses téma ellenére Mack humora és eklektikus hivatkozásai (Shakespeare-től a Csillagközi Rombolóig) még lendületesebbé teszik e könyvét. Úgy tálalja az élvonalbeli tudományt, hogy mégsem zavarja össze az olvasót. – *The Economist*, 2020 legjobb tudományos könyvei.”

Mack honlapján hosszú interjú olvasható e művéről, amelyet a *Quanta Magazine* készített vele. Az interjú rangjáról: a *Quanta* független szerkesztésű online kiadványa a *Simons Foundation*nek, és a fizika, a matematika, a biológia és a számítástechnika új fejleményeivel foglalkozik. A *Simons* az USA egyik legnagyobb jótékonyági szervezete, vagyona 2022-ben 5 Md USD volt. Küldetése előmozdítani a tudás határainak bővítését szolgáló kutatást a matematikában és az alapvető tudományokban (forrás: *Wikipedia.org*). Két részlet innen:

„*Quanta*: Könyve azt vizsgálja, miként érnek létük végére az asztrofizikai tárgyak, beleértve a teljes univerzumot is. Mi indította ennek kutatására?

Mack: Úgy gondolom, ez éppen... ez a legnagyobb és legdrámaibb dolog, amit képesek vagyunk elgondolni. A teljes univerzum pusztulása. Nincs, ami ennél nagyobb vagy drámaibb

lenne. Én szeretem az ilyen kérdéseket. Szeretem az olyan dolgokat, amelyeket nehéz elképzelni, viszont hasonlóképp elképzelhetetlen következményekkel járhatnak. Nagyon szóra-koztatóak.”

„Quanta: Ha az Univerzum múlandó, miért is érdemes tennünk mindazt a dolgot, amelyeket teszünk?”

Mack: Ez óriási dolog, amellyel a könyv írása során is birkóztam, s nem gondolom, hogy szilárd következtetésre jutottam vele. Az más, mint a személyes halál, mert az emberek úgy gondolnak a saját halálukra, hogy igen, majd valamiképp tovább élnek a gyermekeikben, a nagy eredményeikben, vagy épp a hatásban, amelyet másokra gyakoroltak. Marad valamilyen módon valami örökség utánuk. Ez azonban nem áll meg arra, ha az egész kozmosz ér véget. Úgy vélem, van egy pont, ahol többé már nem számítunk. S nem hiszem, hogy megvannak az érzelmi vagy filozófiai eszközeink, hogy megbirkózzunk ezzel.”

A könyv központi kérdése, s egyben Mack szakmai hitvallása: „Kozmológus vagyok – a világegyetem egészét kutatom, a legnagyobb léptékeket. Ebből a szempontból a mi világunk csupán egy aprócska, szánalmas kis porszem az óriási és ezerszínű univerzumban. Ami engem érdekel – tudományos szempontból és őszinte, személyes érdeklődésből is – egy sokkal nagyobb kérdés: miként fog véget érni a világegyetem?” (Forrásmegadás nélküli idézetek a könyvből.)

„Az tudjuk, hogy volt kezdete. (Tudjuk? Vagy most épp így véljük tudni? Később Mack is óvatosabban fogalmaz – Osman P.) Mintegy 13,8 milliárd évvel ezelőtt az univerzum egy elképzelhetetlenül sűrű állapotból először egy mindent magába foglaló kozmikus tűzgyolyóvá, majd egy lassan lehűlő, energiából és anyagból összeálló aktív folyadékká változott, amely a ma ismert csillagjaink és galaxisaink alapját adta később. Aztán bolygók képződtek, galaxisok ütköztek, fény töltötte meg a kozmoszt. Az egyik spirális galaxis szélén, egy teljesen átlagos csillag körül keringő bolygón kialakult az élet. *De mi jön ezután? Mi lesz a sztori vége? Egy bolygó vagy akár egy csillag halála is túlélhető elméletileg. A világegyetem vége azonban tényleg a vég lesz. Mit jelent ez számunkra, a létező minden számára, ha egyszer tényleg eljön ez a pillanat?*”

Nézőpont és hitelesítés: „Rengeteg teológiai és filozófiai szövegen rágtam át magam, és bár számos elképesztően izgalmas dolgot tanultam, létezésünk értelmét sajnos egyikből sem olvastam ki. Talán csak nem nekem való ez az egész. *Engem ugyanis mindig a tudományos megfigyelés, a matematika és a fizikai bizonyítékok felől megközelíthető kérdések és válaszok vonzottak a legjobban.* Bármennyire csábítónak is tűnt az a gondolat, hogy egész életem értelmét megtalálom majd az egyik könyvben, tudtam, akármit is találok, *csak akkor fogadom majd el, ha matematikai alapon is képes leszek levezetni.*” – Van ennek a hozzáállásnak egy problémája, amelyet sohasem szabad szem elől téveszteni: a matematikai leképezésekből levont, helytállónak mutakozó következtetések, megállapítások megállnak-e a fizikai valóságban. Épp ezért különösen fontos tudományterület, amelyet Mack a jelenlegi

tevékenységeként vázolt a következő idézetben. „Az elmúlt években a terület minden részét volt szerencsém kutatni: a fizika és a csillagászat tanszékek között ide-oda ugrálva tanulmányoztam fekete lyukakat, galaxisokat, csillagközi gázokat, az ősrobbanás furcsaságait, a sötét anyagot és azt a feltevést, miszerint az egész univerzum akár egyetlen pillanat alatt kihunyhat. (Nagyon is jellemző lábjegyzete ez utóbbihoz: „Ez mind közül a legszórakoztatóbb téma, amivel valaha is foglalkoztam, épp emiatt a könyv miatt. Nem tudom pontosan, miért szeretem annyira. Lehet, hogy ez rossz jel?” – Osman P.) *Manapság a kutatási területem az úgynevezett fenomenológia – az új elméletek felfedezése és az azok tesztelése közötti tartomány.* Ez annyit tesz, hogy megpróbálok minél kreatívabb módokat kitalálni arra, miként kapcsoljuk össze azokat a dolgokat, amelyeket az elméletek kiötölnek az univerzum szerkezetéről mindazzal, amit a megfigyeléseket végző csillagászok és a kísérleteket folytató fizikusok ténylegesen látnak a mért adatokban.” És ismét reá jellemzően: „Tehát mindenről – és mivel az univerzumból beszélünk, ez a minden, ténylegesen MINDEN – rengeteget kell tanulnom, és ez irtó jó szórakozás.”

És a tudomány állásáról: „A fizikában a legtöbb, amit tehetünk, hogy az univerzumot matematikai konstrukciókkal, modellekkel írjuk le, és ezeket kísérletekkel és megfigyelésekkel próbáljuk igazolni, illetve finomítani, amíg el nem érkezőnk egy olyan modellhez, amely a megfigyeléseket a lehető legjobban magyarázza. Aztán megpróbálunk belekötni ebbe a modellbe. Tehát nem arról van szó, hogy egyszerűen elhiszük, hogy a matek alapvető az univerzum leírásához, hanem arról, hogy egyszerűen nincs más olyan út ezeknek a problémáknak a megközelítéséhez, amelyek ugyanekkora értelme lenne.”

Erről szól: „A világegyetem változik, és mi csak mostanában dolgoztuk ki az elméleteinket és kísérleteinket ahhoz, hogy pontosan megértsük, hogyan. Az elmúlt évek, sőt elmúlt hónapok felfedezései is kellett ahhoz, hogy végre képesek legyünk megfesteni a világegyetem legtávolabbi jövőjét is. (Amire úgy az utolsó 150 év elháríthatatlan erővel megtanított, hogy a héraikleitoszi 'Panta rhei' igazsága maradéktalanul érvényes a legmodernebb tudományban is. A teljes, végső bizonyosságot majd csak 'a mindenség vége' hozza el, s az is csak akkor, ha utána valóban nem jön már semmi, amivel a megismerés túlléphetne az addigiakon – Osman P.) Ezt a képet akarom itt most megosztani. A méréseink alapján most már csupán néhány apokalipsziszscenário jöhet szóba, és ezeket folyamatosan tovább szűkítik (vagy éppen egyiket-másikat megerősítik) napjaink felfedezései.

Ahogy sorra vesszük ezeket a lehetőségeket, nemcsak azt látjuk meg, hogyan működnek ma a legmagasabb szintű természettudományok, de az emberiséget is más színben pillantathatjuk meg. Fajunk helyzete speciális: egyrészt állandóan tudatában vagyunk kozmikus jelentéktelenségünknek, másrészt viszont képesek vagyunk unalmas kis életünkön jóval túlnyúlva, bele az éterbe, megfesteni a világegyetem legvégső rejtélyeit is. Ebben a könyvben azt fogom leírni, hogy a mai, tökéletlen tudásunk továbbgondolása különböző irányokban hogyan vezet szélsőségesen más végpontokhoz a jövőben: kezdve egy önmagába összeomló

világegyetemen át egy magát széttépő univerzumig, vagy éppen egy olyanig, amely fokról fokra, menthetetlenül duzzad apokaliptikus buborékká. És miközben a világegyetemről és annak végső sorsáról alkotott tudásunk modern kori evolúcióját megismerjük, és vele megértjük azt, mit jelent mindez a mi számunkra, *számos fontos fizikai fogalommal is szembe-találkozunk majd, amelyek nemcsak a kozmikus apokalipszisekhez kapcsolhatók, hanem a mindennapi életünkhöz is.*” – Nem mernénk állítani, hogy az olvasó mindent megért majd abból, amit itt Mack megmutat és magyaráz. Azt viszont igen, hogy meglepően többet, mint ahogy a téma jellege sugallja, s szintúgy abból, amiről már hallott, csak nem értett. Mack igazán jó abban, hogy segít felfogni a felfoghatatlant.

E tudás öröme és haszna: „Van valami morbid izgalom abban, hogy olyan folyamatokon gondolkozzunk, amelyek megállíthatatlanok és elementáris erejűek ugyan, matematikailag mégis pontosan leírhatók. *Világegyetemünk lehetséges jövőképeit mind kielemeztük, kiszámoltuk, lemértük valószínűségeik alapján, a jelenleg rendelkezésre álló legjobb adatok segítségével.* Ez bizonyos szempontból *mélyen megnyugtató gondolat:* hiába olyan aprócska és jelentéktelen az ember, hogy esélye sincs befolyásolni a világegyetem végét (vagy akár csak jelen lenni akkor), legalább képes lehet megérteni azt.

Van valami egyszerre rémisztő és mégis reményteli érzés abban, amikor az ember elkezdi kozmikus perspektívában gondolkodni. Szokták azt mondani, hogy az űrt megjárt asztronauták egyfajta megváltozott perspektívával, a kívülről rátekintés képességével térnek vissza. Számomra a világegyetem végső pusztulásáról való gondolkodás ugyanilyen perspektívát ad. Micsoda intellektuális luxus az, ha megengedhetjük magunknak, hogy az idő legeslegtávolabbi jövőjéről töprengjünk, ráadásul töprengéseinket szavakba is tudjuk foglalni és másoknak átadni! *Természettudományos szempontból aranykort élünk. A fizika területén a legfrissebb felfedezések, a legújabb technológiai vívmányok és elméleti módszerek olyan haladást tesznek lehetővé, amilyenre eddig még nem volt példa.* Szupertelepszókok és részecskegyorsítók legfrissebb megfigyelései rajzolják át ismereteinket elképesztően izgalmas (és egyben félelmetes) új lehetőségekkel, és változtatják meg nézeteinket arról, hogy mi képzelhető el (és mi nem) a kozmosz távoli jövőjében. Ezen a területen hihetetlen a haladás.”

A kozmológia haszna a részecskefizikában: „Ma már úgy látjuk, hogy az évtizedek kemény munkájával, a legkiválóbb földi laboratóriumainkban megalkotott részecskefizikai modelljeink hiányosak, és erre éppen az égi jelenségek vizsgálata világított rá. Más galaxisok mozgásának és eloszlásának vizsgálata súlyos hibákra mutatott rá számos részecskefizikai elméletünkben. Még nem tudjuk, hogyan oldjuk fel ezeket a problémákat, de annyit biztosan állíthatunk, hogy a kozmosz vizsgálata döntő szerepet fog játszani a megoldásban. A részecskefizika és a kozmológia összehozása tette lehetővé a téridő alakjának meghatározását, a valóság 'létárkészetének' felmérését, és segített megismerni a csillagok és galaxisok születése előtti időket, ezáltal nemcsak az életnek, hanem minden létező anyagnak a kezdetét.” – Mackot mintha olykor arra ragadná tárgyának szeretete, hogy megfogalmazásaiban túlértékelje a tudomány elért eredményeinek szilárdságát. Valóban „megismertük”? Csak

egy, tudományos vitákban felmerülő példa: ha elvetjük az „Alkotó” koncepcióját, miként értelmezhető a „minden létező anyagnak a kezdete” anélkül, hogy feltolulnának a másutt általa is érintett kérdések: honnan, miből lett, és mi volt előtte?

A kvintesszencia közelítése: „Ez kétirányú utca. Ahogyan a modern kozmológia segíti megértésünket a legeslegapróbb szinteken, ugyanúgy a részecskékkel kapcsolatos kutatások is előremozdíthatják a legeslegnagyobb léptékek megismerését. *Ez a felülről lefelé, illetve alulról felfelé megközelítés a fizika tudományának leglényegét adja.* Hiába hajlamos a közvélemény a tudományos haladást óriási heurékapi pillanatok és látványos paradigmaváltások sorozataként látni, a valóságban sokkal jellemzőbb az, hogy már meglévő elméleteket vizünk tovább és hajszolunk a végletekig, hogy meglássuk, megrepednek-e valahol.

Amikor Newton golyókat gurítgatott le a lejtőn, vagy a bolygók mozgását figyelte az égen, nem tudhatta, hogy szükségünk lesz egy olyan általános tömegvonzási elméletre, amely segít megmagyarázni a Nap körüli téridőgörbületet vagy a fekete lyukak belsejében lévő elképzelhetetlen gravitációs erőket. Álmában sem sejthette, hogy egy napon *képesek leszünk majd megmérni a gravitáció hatását egyetlen neutronra. Szerencsére a világegyetem hatalmas, így sok extrém környezetet lehet megfigyelni benne.* Ami azért is jó, mert így könnyebben tanulmányozhatjuk a korai univerzumot is, amikor az egész kozmosz maga is egyetlen szélsőséges környezet volt.”

A tartalomról: „Ez a könyv lehetőséget ad arra, hogy bizonyos kérdések mélyére ássak: hogy merre tartunk, mit jelent mindez, és mit tudhatunk meg a világegyetemünkről e kérdések vizsgálatával. De *nincs egyetlen általánosan elfogadott válasz sem*, a létező dolgok végzetének a kérdése továbbra is nyitott, és továbbra is aktívan kutatott terület, mert a levont következtetéseink akár drasztikusan is megváltozhatnak néhány egészen apró értelmezésbeli változtatástól is adatelemzés közben. *Ebben a könyvben öt lehetséges végkimenetet vizsgálunk meg*, a kozmológusok szempontjából vett szakmai népszerűségük alapján sorba rendezve, és mindegyiknél bemutatjuk majd, milyen bizonyítékok szólnak mellette és ellene.

Mindegyik végkifejlet egy teljesen más típusú apokalipszissal kecsegtet, és mindegyiket másfajta fizikai jelenségek uralnak majd, egy dologban azonban megegyeznek: egyszer eljön a vég. (Felettebb érdekes látni, miként változik a végkifejletekben ennek a jelentése! – Osman P.) Eddigi kozmológiai olvasmányaimban sehol sem találtam olyan komolyan vehető hipotézist, amely szerint az univerzum változatlan formában, örökre fennmaradhat. Még a legendyebb változatban is várható egy olyan átalakulás, amely akaratlanul is, de mindent elpusztít majd, és a kozmoszt (legalábbis a megfigyelhető részét) lakhatatlanná teszi bármilyen komolyabb életforma számára. Ezért még ezt a kimenetet is végnek nevezem (bocsánatot kérve minden érző random kvantumfluktuációtól, aki olvassa ezt). És *csupán néhány elképzelhető végkimenet hordozza magában azt az aprócska reményt, hogy a kozmosz esetleg újjászülethet, vagy bármilyen formában megismételheti önmagát*, de még így is heves viták folynak arról, hogy ebben az új univerzumban megmarad- e bármilyen halovány emlék-

képe az őt megelőző univerzum(ok)-nak, vagy hogy elméletileg elképzelhető-e bármilyen menekülés ebből a kozmikus apokalipsziszból. *A legvalószínűbb mégiscsak az, hogy létezésünk kis szigetének, a megfigyelhető univerzumnak a vége valóban, ténylegesen a vég lesz. És most elmondom, hogyan fog ez valószínűleg megtörténni.* (Újabb elképzelhetetlen: ha tényleg a vég, mi lesz azután? – Osman P.)

Először egy kis szintre hozás következik, és felelevenítjük az univerzum történetét a kezdetektől napjainkig. Aztán jöhet a lerombolás. Őt külön fejezetben öt különböző véget fogunk körbejárni: hogyan fog elérkezni, hogyan fog kinézni, és hogyan vezetnek egyre gyarapodó fizikai ismereteink az egyik hipotézistől a másikig. Kezdjük a *nagy recss (Big Crunch)* elméletével, amely szerint az univerzum egy látványos nagy összeomlásban végzi, miután a jelenlegi tágulása hirtelen ellenkező irányúvá válik. Aztán jön *két fejezet a sötét anyag főszereplésével bekövetkező apokalipszisekről*, az egyikben a világegyetem a végtelenségig tágul majd, egyre üresebbé és sötétebbé válva, a másikban pedig az univerzum szó szerint széttepi önmagát. Aztán szó lesz majd a *vákuumromlásról*, egy *halálos kvantumbuborék spontán létrejöttéről*, amely felemészti a kozmoszt. Végül pedig a *ciklikus kozmológia* ingoványos talajára tévedünk, ahol olyan finomságokkal találkozunk majd, mint az extra dimenziók, és ahol világegyetemünk végét talán egy párhuzamos világegyetemmél való összeütközés jelenti majd. újra meg újra. A záró fejezet végül az összes elméletet egy tető alá hozza, és megismertet a jelenlegi legmodernebb kutatásokkal, és hogy ezek szerint melyik végjáték tűnik a legesélyesebbnek; azzal, hogy mire számíthatunk a közeljövőben az új teleszkópok és kísérletek eredményei alapján; valamint hogy lezárhatjuk-e hamarosan a kérdést egyszer és mindenkorra. (Ahogy az iparágaink és termékcsaládjaink legveszélyesebb pusztítói azok az innovációk, amelyek majd csak holnap bukkannak fel és veszik át a prímet, tudományos elméleteink és téziseink legveszélyesebb gyilkosai azok a tények lehetnek, amelyeket majd csak ezután fedezünk fel – Osman P.)

Hogy mit jelent mindez a számunkra, emberek számára, akik mit sem sejtve tengetjük aprócska életünket ebben az elképzelhetetlenül óriási rengetegben, az teljesen más kérdés. Ezzel kapcsolatban is felvillantunk néhány lehetséges megközelítést az epilógusban, és szólnunk arról is, hogy vajon az értelem vagy az érzelem hátrahagyhat-e bármilyen örökséget, amely túléli ezt a pusztítást. Egyelőre nem tudjuk, az univerzum vége tűz, jég vagy valami el sem képzelhető dolog lesz-e.”

A kezdetektől máig szóló fejezet kicsit talán még csalós is: Mack azt írja, „Talán magát az ősröbbanást is megpillanthatjuk? Igen.” Az ember persze izgatottan keresni kezdi, hol láthat róla képeket, de megtudja, hogy csak annak „visszfényét” találták meg a kozmikus háttér-sugárzásban.

„Az ősröbbanás logikája pofonegyszerű (írja Mack, és szolgál is a leírásával, amelytől megszédülhetünk, mint egy jó pofontól – Osman P.). A világegyetem tágul – ezt megfigyelhetjük azon, hogy a galaxisok közötti távolság egyre nagyobb és nagyobb lesz idővel –, amiből következik, hogy ez a távolság korábban kisebb volt. Egy gondolat-kísérlet keretében visz-

szapörgethetjük azt, amit ma látunk, milliárd évekkel korábbra, egészen addig a pillanattig, amíg a távolságnak nullának kellett lennie. A megfigyelhető univerzum, mindaz, amit ma látunk, egy sokkal kisebb, sűrűbb és forróbb helyen összpontosult. *De a megfigyelhető univerzum csak egy része a kozmosznak. Pontosan tudjuk, hogy az űr túlnyúlik ezen. Sőt, a jelenlegi tudásunk alapján tökéletesen elképzelhető, talán még valószínűsíthető is, hogy az univerzum mérete végtelen.* Amiből az következik, hogy a kezdet kezdetén is végtelen volt. Csak épp sokkal sűrűbb. Ezt nem könnyű elképzelni. A végtelen mindig bonyolult. Mit jelent az, hogy 'végtelen tér'? Mit jelent az, hogy a végtelen tovább tágul? Hogyan lesz a végtelen még végtelenebb? Sajnos ebben nem tudok segíteni." – A továbbiakban ad némi magyarázatot, de az nyilvánvalóan még csak próbálkozás. Ugyanakkor fontos ténnyel folytatja, de ez már a továbbiakra vonatkozik:

„A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás elegendő támpontot ad ahhoz, hogy mindkét irányba extrapolálhassunk, és felállíthassunk egy meggyőző történetet az univerzum fejlődéséről, kezdve az első másodperc milliárdod részének milliárdod részének milliárdod részétől egészen napjainkig. Kezdetben vala a szingularitás. Talán. A szingularitás az, ami a legtöbb embernek eszébe jut az ősrobbanásról: egy végtelenül sűrű pont, amelyből az egész univerzum kirobbant. A szingularitás azonban nem feltétlenül egy pont: lehet egy végtelenül nagy univerzum végtelenül sűrű állapota. A szingularitás ötlete az univerzum jelenlegi tágulásának megfigyeléséből, illetve Einstein gravitációs egyenleteinek alkalmazásából következik, időben visszafelé extrapolálva. De az is lehet, hogy sohasem volt szingularitás.” – Érdekes fogalmazás: feltételez egy kezdetet, szingularitással vagy talán anélkül. Most hagyjuk figyelmen kívül, mi lehetett a „kezdet” létrehozója, mozgatóereje. Elég az a kérdés is, hogy MIBŐL? Ha valódi kezdet, úgy a „semmitől nem születhet valami” elv alapján honnan, miből az anyag, amely univerzummá tágult? Viszont a fizikusok okoskák, ahogy a következő idézet mutatja. „A legtöbb fizikus úgy véli, hogy a valódi 'kezdet' utáni első másodperc törtrészében egy olyan drámai szupertágulás történt, amely lényegében minden nyomát kitörölte annak, ami előtte volt. (Igazán remek háritás a 'mi volt korábban?' kérdésre! – Osman P.) A szingularitás tehát csak egyetlen hipotézis arról, hogyan kezdődött minden, de egyáltalán nem lehetünk biztosak benne, hogy valóban így történt.” – Az alapkérdés maga a kezdet léte. Roppant kényelmes erre, és persze egy gondolkodó elmének nehezen emészthető a materializmus egyik legfőbb alaptétele: „az anyag öröktől való”. Ez ügyesen megkerüli a kezdet kérdését, viszont mivel bizonyíthatatlan – a materializmus ebben ugyanúgy csak egy vallás, mint a teremtést hirdető hitrendszerek, amelyek a maguk módján adnak kényelmes magyarázatot a „kezdet”-re. Az már csak egy idekívánczó megjegyzés, hogy egyelőre hasonlóképp bajlódik a tudomány az élet genezisének kérdéskörével is. Mack pedig a következő ügyes fejtegetéssel folytatja. „Aztán ott van még a másik kérdés, hogy mi volt a szingularitás 'előtt'. Megoszlanak a vélemények arról, hogy ez a kérdés a lehető legorbitálisabb baromság-e (mivel a szingularitás volt az idő kezdete, tehát nincs olyan, hogy 'előtte'), vagy a kozmológia egyik legalapvetőbb dilemmája (mivel a szingularitás

lehetett a ciklikus világegyetem egyik előző fázisának végpontja is: ahol az ősrobbanástól a nagy recssig tart egy ciklus, majd újratekercslik). Ez utóbbi lehetőségről a hetedik fejezetben lesz majd szó. Még ha hiszünk is benne, és visszatekerünk egészen a robbanás pillanatáig, a szingularitással egy olyan anyag- és energiaállapottal szembesülünk, amelynek szélsőségeit a ma ismert fizika képtelen leírni. ... Öszintén szólva *majdnem minden, amit az univerzum kezdeteiről tudunk, csupán extrapoláció, és így, minek tagadni, nem bízhatunk meg benne tökéletesen.*”

A „kezdet” utáni fejlődés leírása szédítően egzotikus, amihez képest a legmerészebb sci-fi is csak gyenge próbálkozás. A valóság csakugyan messze túltesz minden képzeleten, és káprázatos élmény olvasnunk a munkálkodásáról. Más dolog, hogy állandóan kísért a kérdés: hogyan jöhetett létre ez a felfoghatatlanul bonyolult, sokrétű mechanizmus, beleértve az egészet lehetővé tevő és vezérlő természeti törvényeket is? Az pedig már a Homo sapiens sapiens dicséretére szól, hogy megvan benne az igény és a képtelen bátorság, hogy meg akarja ismerni, sőt érteni is mindezt!

Innen már csak egy *kis betekintés a továbbiakba*, csupán néhány jellemző részlettel a továbbiakból:

Vég #1: A NAGY RECCS: a szcenárió: táguló világegyetem, ütköző galaxisok. „Kozmológiai értelemben a galaxisok összeolvadása eléggé mindennapos dolog. A nagyobb galaxisok felfalják és széttépik a kisebbeket, a szomszédos csillagrendszerek összeállnak egymással. Tejútrendszerünkben is számos bizonyíték található arra, hogy ő maga is már több tucat kisebb szomszédját bekebelezte. Az egész világegyetemet nézve mégis megfigyelhető, hogy egyre kevesebb és kevesebb ilyen ütközés történik. Az univerzum tágul: maga a tér – azaz a dolgok között lévő űr, nem pedig maguk a dolgok – egyre nagyobb lesz. Ez azt jelenti, hogy a különálló galaxisok és galaxisrendszerek, átlagosan, egyre távolabb és távolabb kerülnek egymástól. *Hosszú távon a nagy kérdés: vajon ez a tágulás folytatódni fog-e a végtelenségig, vagy egyszer csak megáll, és visszájára fordul, majd végül összeroppant mindent?*” – Itt alapos és tökéletesen érthető magyarázat következik a tágulás felfedezéséről és megfigyeléséről.

„Amióta csak tudjuk, hogy az univerzum az ősrobbanással kezdődött, és folyamatosan tágul, a logikus következő kérdés mindig az volt, vajon vissza fog-e fordulni valaha ez a tágulás, hogy végül az univerzum egy katasztrofikus nagy recssben összeroppantsa magát? *Néhány egészen alapvető és logikusnak tűnő fizikai feltételezésből kiindulva három lehetséges jövőkép rajzolódik ki a táguló világegyetem előtt*, és ez nagyjából megfelel annak, mint ami egy feldobott labdával történhet. (Rövidítve 1. visszaesik, 2. stabil pályára áll, 3. távolodva elrepül – Osman P.) A táguló univerzum fizikája ehhez nagyon hasonló elveket követ. A kiinduló lökést az ősrobbanás adta, amely elindította az egész tágulást, és attól kezdve az univerzumban található összes cucc gravitációja (galaxisok, csillagok, fekete lyukak stb.) ez ellen a tágulás ellen dolgozik, és megpróbálja lelassítani, hogy mindent újra összehúzzon. Ha megmérjük a tágulás mai sebességét, és az anyag teljes mennyiségét az univerzumban,

akkor megállapíthatjuk, hogy vajon a gravitáció képes lesz-e egyszer megállítani ezt a tágulást. Illetve, ha valamilyen módon ki tudjuk következtetni a tágulás sebességét a régmúltban, akkor a mai tágulási sebességgel összevetve eldönthetjük, hogyan változott idővel a folyamat. Ha a világegyetem sorsa egy napon valóban a nagy reccs lenne, akkor ennek első jeleit egy ilyesfajta számításból kapnánk meg.” – Magyarázat következik a dolgok ilyen alakulásának folyamatáról, s hogy miként jelennek meg majd azok a megfigyelésekben.

Mindent ölü sugárzás: „Ahogy az univerzum fejlődött, fogta azt a kezdetben tulajdonképpen homogén gáz-plazma keveréket, és a gravitáció segítségével fekete lyukakat és csillagokat alakított ki belőle. A *csillagok* és a fekete lyukak által létrehozott sugárzás (igen, ahogyan azt Stephen Hawking kimutatta, a közhittel ellentétben a fekete lyukak is sugároznak – Osman P.) még az *ősrobbanás végső stádiumánál is forróbb*, tehát amikor az univerzum összeroppan, mindez az energia összesűrűsödik majd. Vagyis ahelyett, hogy a tágulás és hűlés folyamatát szép szimmetrikusan lemásolva zsugorodna és forrósnodna a világegyetem, az *összeroppanás folyamata sokkal-sokkal durvább*. A csillagokból és a nagy energiájú anyagsugarakból összegyűjtött sugárzás (amelyet az összezuhanás csak még jobban összesűrit és kékeltol (a rövidebb hullámhosszak felé tol – Osman P.) olyan intenzív lesz, hogy elkezd felgyújtani a csillagok felszínét, még azelőtt, hogy maguktól összeomlanának. Nukleáris robbanások tépik majd szét a csillagok atmoszféráját, és töltik fel az űrt forró plazmával. Ekkorra a dolgok már kezdenek nagyon elfajulni. Az univerzum sugárzásának intenzitása hasonlóan erős lesz ahhoz, mint ami egy aktív galaxismag közepén található, ahol a szupernagy tömegű fekete lyukakból érkező nagy energiájú részecskék és gamma-sugarak olyan erővel lövellnek ki, hogy akár ezer fényév hosszúságú anyagsugarakat is létrehozhatnak. *Hogy mi történik az anyaggal egy ilyen környezetben, miután lebomlik az öt alkotó részecskékre, nem tudjuk.* Az összeomló világegyetem a végső fázisában túllép minden olyan sűrűséget és hőmérsékletet, amit mi a laboratóriumainkban elő tudunk állítani, vagy bármilyen ismert részecskeelmélettel le tudunk írni. Az érdekes kérdés már nem az lesz, hogy ’túlél-e bármi is?’ (hiszen ekkorra már egyértelművé válik, hogy a válasz: nem), hanem hogy ’vajon az összeroppanó univerzum képes-e újrakezdeni önmagát?’

A ciklikus univerzum – amely a nagy bummtól a nagy reccsig tart, majd újrakezdődik – vonzó eshetőségnek tűnhet szépsége miatt. (Ezt a lehetőséget bővebben a hetedik fejezetben térképezzük majd fel.) Hiszen ha a világegyetem nem a semmiből kezdődik, és nem egy katasztrofális, végső pusztulásba zuhan, akkor a ciklikus univerzum elméletben a végtelenségig újrakezdődhet a tér bármely szegletében, felesleg nélkül újrahasznosítva önmagát.

De ahogy minden más az univerzumban, ez is sokkal bonyolultabb ennél. Pusztán Einstein tömegvonzási elméletéből kiindulva, bármely olyan világegyetem, amelyben megfelelő mennyiségű anyag van, egy adott életútra van kárhozthatva. Szingularitással kezdődik, és szingularitással végződik. Az általános relativitáselméletben azonban nincs olyan mechanizmus, amely lehetővé tenné, hogy az egyik végszingularitás valahogy kiinduló szingularitássá változzon. Hogy milyen erővel kell szembesülnünk, amikor az egész megfigyelhető

univerzum egyetlen szubatomi részecskévé zsugorodik össze, az minden szempontból kiszámíthatatlan. Abban helyel-közzel bizonyosak lehetünk, hogy ha eljutunk ide, a kvantummechanika hirtelen elképesztően fontos lesz majd, és csinál majd valamit, amivel teljesen összezavar mindent, de hogy mit, azt nem tudhatjuk.” – Ahogy idéztük, Rovelli szerint kizárja a végtelenül sűrű szingularitás lehetőségét.

Nekünk itt jött el a vég: ismertetésünk nem tágulhat tovább. Ha mindezekből *kulcstételt* keresünk a világhoz, amelyet az elméleti fizika kutat és megmutat, az észbontóan rejtelmes kvantummechanikától a kozmológia örületes léptékű és összetettséggű világáig, és mindezek szélsőségesen különleges működési törvényeiig, Mack magyarázatai nyomán két szó elegendő erre: *minden megtörténhet!* Pl. „Fizikusok egyszer kiszámolták, hogy ha hajlandóak lennénk, mondjuk, billiószor billiószor annyi időt várni, mint amennyi az univerzum életkora, akkor végignézhethetnénk, hogy egy látszólag üres dobozban spontán módon összeszereli magát egy koncertzongora.”

Jó olvasást – nagyon megéri!

Dr. Osman Péter